

Georg Schwach

Oberleitungen für hochgespannten Einphasenwechselstrom in Deutschland Österreich und der Schweiz



Textband

Georg Schwach

**Oberleitungen
für hochgespannten
Einphasenwechselstrom
in Deutschland
Österreich
und der Schweiz**

Textband

Georg Schwach, Oberleitungen für hochgespannten Einphasenwechselstrom in Deutschland, Österreich und der Schweiz, 2 Bde., Bern 1989.

hier: Berichtigungen und Nachträge (Stand vom 31.12.1992)

Mit der Wiederherstellung der staatlichen Einheit Deutschlands am 3. Oktober 1990 eröffnete sich unter anderem die Möglichkeit zu einer umfassenden Information über den elektrischen Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn. Während H.-J. Krauß in EB, 89 (1991), S. 22 ff. dessen Entwicklung von 1945 bis zum Jahre 1989 würdigt, stellt M. Semrau in EB, 89 (1991), S. 235 ff. die Regeloberleitungen der DR dar. Auf einen an die Zentrale der DR - Hauptverwaltung gerichteten Brief des Verfassers hat freundlicherweise Herr Peter Glanert, Dessau, am 10.12.1991 sehr ausführlich geantwortet. Um dessen wertvolle Auslassungen möglichst ungekürzt wiedergeben zu können, seien nachstehend nur den Inhalt verändernde Berichtigungen notiert.

1. Textband

- S. 30, Z. 3 ff.: Nach H. Iffländer u. a., Die elektrischen Einheitstriebwagen der Deutschen Reichsbahn, Bd. 2.: Die Baureihen ET 25, 45, 55, 255, München 1988, S. 73 wurden ab Sommerfahrplan 1939 die Züge P1612/P1689 Rosenheim - Innsbruck und zurück mit Triebzug ET 25 gefahren.

- S. 45, Z. 1 ff.: P. Glanert teilt hierzu mit: »Der Abschnitt Großkorbetha - Halle war fertiggestellt und auch eingeschaltet worden. Zur Aufnahme des regulären elektrischen Betriebes kam es nie, da infolge der Bombardements auf die Leuna-Werke auch die Oberleitungsanlagen wiederholt beschädigt wurden.« Der P. Glanert vorliegende »Jahresbericht der elektrischen Zugförderung 1945-1946« der Rbd Halle notiert zur Strecke Halle - Großkorbetha ausdrücklich: "außer Betrieb" mit der Anmerkung: "Neubau-strecke, noch keine Inbetriebnahme erfolgt."

- S. 88, Z. 18 ff.: P. Glanert ergänzt: »Zum 3. Absatz auf Seite 88 kann ich Ihnen mitteilen, daß das Tanzen der Oberleitung nicht von der Bauart abhängig ist und durch "Verstimmen" der Längsspannweite unterbunden werden kann. Das Tanzen tritt auf den gleichen Streckenabschnitten wie früher heutzutage immer noch auf, und das bei völlig anderen Bauarten und Mastabständen. Die Ursachen dafür sind völlig anders gelagert und sind mit der Topographie sowie dem Winkel zwischen Windrichtung und Längskettenwerk in Zusammenhang zu bringen.«

- zu S. 113, Z. 32 ff.: ... dies sowohl auf freier Strecke mit Ausleger-Stützpunkten als auch im Bahnhof mit Querseilaufhängung. Nach Fotos geschah dies nur auf der freien Strecke; im Bahnhof baute man halbwindisches Kettenwerk entsprechend den Regelzeichnungen der Einheitsfahrleitung 1931 (Z 6.2./7 f.) ein.

- zu 8.1.1., S. 117 ff.: Die Hoffnung, daß bei der DR hierüber weitere Unterlagen vorhanden sind, erfüllte sich nicht, da P. Glanert schreibt: »Es sind Informationen aus

der Zeit bis 1945 kaum mehr auffindbar bzw. wurden auf Grund der politischen Entwicklung in der DDR vernichtet.«

- S. 172, Z. 15 ff.: Nach einem von H. Iffländer u. a., (s. o.), S. 146 veröffentlichten Foto entsprach die umgebaute Fahrleitung München-Pasing - Maisach zunächst der Bauart entsprechend Z 11.1./1. Erst später erprobte man hier die genannten Komponenten der Regelfahrleitung 1950.

- S. 207, Z. 8: ein- und zweigleisiger Strecken und ist zu streichen.

- zu 12.1.5., S. 234: P. Glanert notiert hierzu: »Das DR-M-Zeichnungswerk löste ab 1970 das Ezs-Zeichnungswerk ab. Es ist gekennzeichnet durch die ersten Sparmaßnahmen, z. B. Ersatz der Re 75, Re 120 und Re 160 durch die neuen Bauarten Re 1 und Re 2. Die aus heutiger Sicht und damaliger Notwendigkeit tiefgreifendste Veränderung war die Verringerung der Regel-Systemhöhe von 1,8 m auf 1,4 m, da das Geschwindigkeitskonzept der DR maximal 120 km/h vorsah.«

- S. 239, Z. 10: Statt 211 001 ist E 211 001 zu setzen.

- zu 12.4.1., S. 239 ff.: Der »Jahresbericht der elektrischen Zugförderung 1945-1946« der Rbd Halle vermerkt hierzu: "Befehl zum Abbau der Fahrleitung am 29.03.1946; Beginn vorgesehen am 01.04.1946. Ab 25.03.1946, 0.00 Uhr Einstellung des elektrischen Betriebes in der Rbd Erfurt und Beginn des Abbaus der stationären Anlagen. Abbau war am 10.07.1946 beendet (Termin lt. Befehl war 20.04.1946) Abtransport am 14.09.1946 beendet.« P. Glanert ergänzt: »Ursprünglich sollte nur das Längskettenwerk demontiert werden, am 04.04.1946 wurde der Befehl erteilt, auch die Maste der Fahr- und Fernleitungen abzubauen.« Bemerkenswert ist, »daß ein Großteil der Maste im Bereich von Görnitz bis Schlauroth nicht demontiert wurde.«

- zu 12.6., S. 260: P. Glanert hält fest: »Teils sind die ab 1955 bei der DR wieder errichteten Oberleitungen nach Ezs-Zeichnungen der DR, teils nach alten Firmenzeichnungen (BBC war in der Nachkriegszeit in der DDR noch präsent und bei der Elektrifizierung beteiligt) errichtet worden, so daß eine eindeutige Zuordnung zu Bauarten heute nicht mehr unbedingt nachvollziehbar ist. Zum heutigen Zeitpunkt sind diese Oberleitungen mit neueren Bauweisen vermischt worden; damit ist das "Durcheinander" vollkommen perfekt. Die ersten Mischbauweisen der Übergangszeit vom Ezs- auf das DR-M-Zeichnungswerk entstanden auf der Strecke Leipzig - Dresden.«

- S. 261, Z. 34 ff.: P. Glanert ergänzt: »Bei der Wiederelektrifizierung der Strecke Halle - Weißenfels (Inbetriebnahme am 21.12.1959) wurden nachweislich die alten Mastfundamente größtenteils wieder verwendet. Bei Winkelmasten wurden die Fundamentkappen abgeschlagen und die Ankerbolzen freigelegt, an die Stümpfe der abgebrannten Flach-Einsetzmaste schweißte man neue Flachmaste an.«

- S. 261, Z. 42 ff.: P. Glanert notiert: »Der gesamte Bereich Leipzig-Wahren wurde 1939/40 im Zuge der Elektrif-

fizierung Saalfeld - Leipzig umgebaut. Dies könnte einerseits mit dem Alter der Anlage, andererseits mit dem "bayrischen" Zick-Zack von ± 400 mm und dem "preußischen" von ± 500 mm im Zusammenhang stehen, der dabei auf ± 400 mm umgebaut wurde, damit Güterzüge mit bayrischen Elloks direkt nach Leipzig-Wahren durchfahren konnten.« Siehe hierzu die Ausführungen des Verfassers in Kapitel 8.3.

- zu 12.6.2., S. 262 ff.: P. Glanert führt hierzu aus: »Hierbei handelt es sich um die Bauart Re 160 der DR. Der Verweis auf die Bauart Re 2 ist nicht richtig. Die Re 2 wurde von der VES-M Halle erst um 1970 aus der Re 160 abgeleitet mit einer Systemhöhe von nur 1,4 m (Re 160 = 1,8 m) für $v > 100$ km/h.«

Zu den Versuchsbauarten der Teilstrecke Dessau - Bitterfeld schreibt derselbe Verfasser: »Auf der gesamten Strecke Dessau - Bitterfeld kamen, ebenso wie auf der Strecke Halle - Magdeburg, keine Auslegerbefestigungsteile ähnlich Bauart AEG, sondern Böcke aus Temperguß (gerade für Ankerrohr bzw. -seil, schräg für Auslegerrohr) zum Einsatz; ähnlich Z 11.1/1. Diese sind heute zum größten Teil noch vorhanden.

- Dessau - Heideburg: Im Prinzip wie Bauart 1942 der DRB, jedoch an Auslegerspitze eine Tragseil-Drehklemme; Auslegerrohrdurchmesser bei DR grundsätzlich 60 mm. Seitenhalter in Abhängigkeit von der Kurvenzugkraft aus Stahlrohr $\phi 26$ mm oder Alulegierung. Maximale zulässige Belastung auf Leichtbau-Seitenhalter = 160 kN. Für diese Re 160 wurden Seitenhalter am Stützrohr angewandt ("Kurz": angeleckt, "Lang": umgelenkt).

- Heideburg - Wolfen: Ausführung der Seitenhalter am Ausleger ist mir nicht bekannt. Heute durchgehend Leichtbau-Seitenhalter am Stützrohr. Die von Ihnen dargestellte Fahrdrabtstützpunkt-Ausführung am Ausleger entspräche einer Re 120 nach EzsN 196 [Z 12.6.1./1]. Über die Ausführung des Längskettenwerkes (Re 120 mit 6 m Y-Seil oder Re 160 mit 12 m Y-Seil) kann ich Ihnen keine Angaben machen.

- Wolfen - Bitterfeld: Diese Ausführung entspricht exakt der Ezs 476 [Z 12.6.2./1]. In Quertragwerken Leichtbau-Seitenhalter an RS-Abstandösenklemmen für Re 160, Rohr-Seitenhalter an RS-Abstandösenklemme für Re 120 und Rohr-Seitenhalter an RS-Ösenklemme für Re 75 [Z 12.6./2 ff.; RS = Richtseil]. Nach Ezs 766, Teil 2, Ausgabe 1960 der Einbauzeichnungen zur Regelfahrleitung der DR wird der Stützrohrhänger am Auslegerrohr und nicht am Y-Beiseil aufgehängt. Dafür wurde die Tragseil-Drehklemme später mit einem angegossenen Kauschenhaken komplettiert. Diese Ausführung ist bis heute Regelbauweise bei der DR.«

- zu 12.7., S. 265 ff.: P. Glanert hält hierzu fest: »Erste Inbetriebnahme einer Einfachfahrleitung [EFL] bei der DR war am 01.06.1984 zur Elektrifizierung einer Strecke zu Versuchszwecken zwischen Gößnitz und Glauchau-Schönbörnchen. Zuvor gab es bei der DR - von kurzzeitigen Versuchen zwischen Meißen und Neusörnewitz abgesehen - keine EFL. Die von Ihnen zitierten Quellen Nr. 215 und 216

sind nur theoretische Betrachtungen. Die EFL auf o.g. Strecke hat sich bis heute bewährt, es gibt keine Beanstandungen (eingleisige Verbindungsbahn mit Schnellzugverkehr, $v_{\max} = 80 \text{ km/h}$). Trotzdem sah die DR von der weiteren Einführung der EFL zur Streckenelektrifizierung aus Kostenerwägungen ab, da die Gründungskosten für Masten gegenüber der Cu-Einsparung zu hoch sind (verkürzte Längsspannweiten gegenüber Kettenfahrlleitung). EFL wurden seitdem nur noch bis etwa 1990 für Überholungsgleise in Bahnhöfen sowie Anschlußbahnen (z. B. Bentwisch - Poppendorf und Eilenburg Ost - Kieswerk Sprotta) projektiert und errichtet.«

- zu 12.8., S. 267 ff.: P. Glanert ergänzt: »Ein Versuch zur Erprobung einer Fahrlleitung Re 200 (nicht vergleichbar mit DB-Re 200) fand zwischen Gräfenhainichen und Pratau im Zusammenhang mit der Elektrifizierung der Strecke Halle - Berlin im Jahre 1978 statt. Die konstruktiven Unterlagen und Rechenprogramme wurden in der damaligen VES-M Halle erarbeitet. Eine Befahrung dieser Versuchsoberleitung mit 200 km/h fand jedoch auf Grund des nicht für diese Geschwindigkeit ertüchtigten Oberbaus niemals statt. Bedingt durch Oberleitungsarbeiten entspricht dieser Abschnitt heute auch nicht mehr dem Originalzustand.« - Weiter: »Eine grundlegende Neuerung bei der DR stellt der ab 1988 bei der DR angewandte Rechteck-Betonmast dar. Dieser sollte künftig als Ersatz für Stahlwinkelmaсте in Querfeldern bis zu 4 Gleisen dienen. Verbaut wurde dieser Masttyp auf Abschnitten der Strecke Leipzig - Eilenburg - Cottbus. Inzwischen wird dieser Mast nicht mehr eingesetzt.«

- S. 277, Z. 5: Statt 1180.100 ist 1080.100 zu setzen.

- S. 345, Z. 7: Statt Ge 4/4 391 ist Ge 4/6 391 zu setzen.

- S. 386, Z. 38 ff.: Zu ... zwischen Arth-Goldau und Immensee schwebende Bogenabzüge mit Zwischenmasten ist zu ergänzen, daß es sich hier um einen nachträglichen Umbau zur Verkürzung der Spannweite im Gleisbogen gehandelt hat. In gleicher Weise baute man auf der Strecke Zug - Arth-Goldau die Fahrlleitung im Gleisbogen um.

- S. 390, Tabelle ergänzen:

1934	SBB	Biel - Sonceboz-Sombeval - La Chaux-de-Fonds (Stationen)
1937	SBB	Sonceboz-Sombeval - Moutier (Stationen, Teilstrecken mit längeren Geraden)
1942	SBB	Auvernier - Les Verrières (Stationen)

- S. 482: Statt 01.06.1959 muß es durchweg 31.05.1959 heißen; entsprechend sind die Fußnoten zu korrigieren.

2. Bildband

- Bild F 14.5.2.4./2: Statt Elektrifizierung der Bernischen Dekretsbahnen 1920: Streckentrennung Oey-Diemtigen Seite Erlenbach muß es heißen: Elektrifizierung Spiez - Bönigen 1920: Streckentrennung Leissigen Seite Faulensee.

Das vorliegende Werk ist in einer Auflage von 600 Exemplaren gedruckt worden.

Vorwort

Es war ein langer Weg zum Werden der vorliegenden Arbeit. Dabei ist der Verfasser im Lauf der Jahre zahlreichen Persönlichkeiten begegnet, die sich in ihrem Beruf engagiert diesem von Außenstehenden manchmal als "Drahtverhau" bezeichneten Bereich widmen: Diplomingenieuren, Ingenieuren und Fahrleitungsmeistern. All diesen Menschen sei hier ausdrücklich gedankt, auch wenn es nicht möglich ist, hier alle namentlich zu nennen. Zudem sei zur Vereinfachung auf die Angabe von Titeln verzichtet.

Während des Studiums an der Technischen Hochschule Karlsruhe begegnete der Verfasser 1962 in der dortigen Bundesbahndirektion Wolfgang Schmidt, der ihm die Augen für die Welt der damals bei der DB noch als Fahrleitungen bezeichneten Anlagen öffnete. Als die Schwarzwaldbahn Offenburg - Konstanz von 1972 bis 1977 elektrifiziert wurde, war der Schreiber dieser Zeilen bei dem nunmehr zum Amtsvorstand des Neubauamtes Villingen (Schwarzw) ernannten erfahrenen Diplomingenieur häufiger Gast. In langen Gesprächen reifte dort der Gedanke, einmal eine umfassende Darstellung dieses Bereichs anzupacken.

Als der Verfasser später die Verantwortlichen für Presse und Öffentlichkeitsarbeit der beteiligten Staatsbahnverwaltungen hierzu um Unterstützung bat, begegnete ihm überall spontane Hilfsbereitschaft: Gerhard Scheuber und Fridolin Schell von der Zentrale Hauptverwaltung der Deutschen Bundesbahn, Werner Rudolf Böhm vom Bundesbahn-Zentralamt München, Dr. Gerd Kern von der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen, Hans G. Wägli von der Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen und Francis Boulanger von der Direction de la Communication der SNCF. Diese vermittelten dem Verfasser einerseits Kontakte zu den für die Entwicklung von Oberleitungen bzw. Fahrleitungen Verantwortlichen: Karl-Hans Bauer (DB), Herbert Gsothhammer (ÖBB) und Urs Beat Wili (SBB), andererseits zu Archiven und Bibliotheken: Herrn Illenseer im Verkehrsmuseum Nürnberg, den Herren Dr. Schettek und Dr. Schuh von der Bibliothek und Dokumentation der Generaldirektion ÖBB, Herrn Holzer vom Dokumentationsdienst SBB, schließlich entsprechenden Dienststellen der SNCF: Études Générales et Recherche - Documentation - und Direction des Études de la Planification - Documentation, Bibliothèque -, jeweils in Paris.

Weiter war es dem Verfasser möglich, andere Dienststellen der genannten Eisenbahnverwaltungen wegen Zeichnungen, Fotos oder Detailauskünften direkt anzusprechen. Bei der DB unterstützten sämtliche Bundesbahndirektionen den Verfasser bei dessen Nachforschungen, besonders seien hier genannt die Herren Rieger und Müllich von der BD Stuttgart, Herr Vitzthum von der BD München und Herr Figel von der BD Nürnberg. In der Bücherei der BD Karlsruhe suchte Herr Maier geduldig nach Literatur, in jener der BD München Frau Stöhr. Weiter klärten die Herren Johner (Flm Ulm),

Klibenstein (Flm Saarbrücken), Lange (Flm Freiburg) und Muffler (Flm Haltingen) zahlreiche Detailfragen ab. Die Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH stellte wertvolle Dokumente zur Verfügung.

Bei den ÖBB verdankt der Verfasser Dr. Helmut Petrovitsch in der KWZ Innsbruck entscheidende Hinweise, weiter den Herren Krug (ELS Villach), Pramstaller (ELS Innsbruck) und Slamnig (ELS Linz). Zahlreiche Fahrleitungsmeister gaben bereitwillig Auskunft: Fellner und Heissl (FLM Ebensee), Laubichler (FLM Wald a. A.), Rakuscha (FLM Landeck), Schindl (FLM St. Anton a. A.) und Schnalzger (FLM Wörgl).

Neben den Mitarbeitern von Herrn Wili in der Generaldirektion SBB ist Kurt Aebi von der Abteilung ZfW in der Generaldirektion SBB für detaillierte Auskünfte über Stromabnehmer zu danken, weiter den Dienstchefs der einzelnen Bezirke in den Kreisdirektionen. Wertvolle Hinweise gaben die Elektromeister Arn (Biel) und Oeschger (Gossau).

Während die größeren schweizerischen Privatbahnen den Autor sofort bereitwillig unterstützten, genannt seien hier nur die Herren Müri und Kocher (BLS) sowie Balzer und Furgler (RhB), vermittelte Armin Jucker im Bundesamt für Verkehr den Kontakt zu kleineren Eisenbahnverwaltungen, wodurch eine umfangreiche Fragebogenaktion zum Ziel gebracht werden konnte.

Herr van den Berg von den Nederlandse Spoorwegen stellte eine umfangreiche Dokumentation zusammen.

Darüber hinaus dankt der Verfasser folgenden Archiven und Institutionen, in Deutschland:

- Bundesarchiv Koblenz
- Bundesministerium für Verkehr, Bonn
- Freie Universität Berlin, Universitätsbibliothek
- Generallandesarchiv Karlsruhe
- Gesamtdeutsches Institut, Bundesanstalt für gesamtdeutsche Aufgaben, Bonn
- Hauptstaatsarchiv Stuttgart

in Österreich:

- Österreichisches Staatsarchiv, Archiv für Verkehrswesen, Wien

in der Schweiz:

- Schweizerisches Bundesarchiv, Bern

Zahlreiche Firmen stellten dem Verfasser aus ihren Archiven Zeichnungen oder Fotos zur Verfügung, wobei jeweils die Ende 1987 gebräuchliche Firmenbezeichnung notiert sei.

in Deutschland:

- AEG-Telefunken Anlagentechnik, Geschäftsbereich Bahntechnik, Berlin
- Brown, Boveri & Cie, Aktiengesellschaft, München

- Dornier-System GmbH, Friedrichshafen
- Siemens Aktiengesellschaft, Erlangen,
hier: Siemens-Museum München

in Österreich:

- ELIN-Union AG für elektrische Industrie, Abteilung Bau und Leitungsbau, Wien
- Österreichische Brown Boveri-Werke Aktiengesellschaft, Wien
- Schunk Bahntechnik Ges. mbH, Salzburg
- Siemens Aktiengesellschaft Österreich, Vertrieb Energie und Automatisierungstechnik, Verkehr, Wien

in der Schweiz:

- BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie, Geschäftsbereich Verkehr, Baden
- Furrer+Frey, Bern
- Kummler+Matter AG, Zürich

Den Herren Lengler, Rutke und Volpert sei für wertvolle Hinweise über die Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig im Zweiten Weltkrieg gedankt, den Herren Husch und Janusz für Detailinformationen über den elektrischen Zugbetrieb in Tirol zur Reichsbahnzeit.

Während Herr Kraus-Hofer die im Besitz von Hermann Braun befindlichen Fotos der ehemaligen BLEAG vermittelte, stellte Gerhard Jilek aus seinem Archiv die Werkfotos von Siemens zur Verfügung.

Nach Fertigstellung des Manuskripts fanden sich in jedem Land jeweils drei kompetente Fachleute bereit, dieses kritisch durchzulesen, in Deutschland: Karl-Hans Bauer, Werner Radloff und Reinhard Seifert, in Österreich: Manfred Irsigler, Ernst Kapfer und Karl Steinmüller, in der Schweiz: Armin Jucker, Ulrich König und Urs Beat Wili.

Schließlich ist es der Initiative und dem Einsatz von Urs Beat Wili zu verdanken, daß diese Arbeit in vorliegender Form erscheinen kann; Hans G. Wägli brachte hierzu das publizistische Können ein, Beat Furrer als Donator die finanziellen Mittel.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
Verzeichnis der Abkürzungen	XII
1. Einleitung	1
1.1. Vorgaben und Grundbegriffe	1
1.2. Anforderungen an Oberleitungsanlagen	3
1.3. Stand der Forschung	5
1.4. Quellenkritik	6
1.5. Bezeichnung von Oberleitungsbauarten und deren Bauteilen	7
1.6. Pläne und Zeichnungen im elektrischen Zugbetrieb	9
1.7. Meßwesen und Versuchsdienst	9
2. Oberleitungsbauarten in Deutschland, Voraussetzungen und Grundlagen	14
2.1. Rechtliche und organisatorische Grundlagen	14
2.1.1. Eisenbahnverwaltungen	14
2.1.2. Organisationsstruktur	15
2.1.3. Internationale Vereinbarungen, Verträge und Gesetze	16
2.1.4. Vorschriften und Richtlinien	20
2.1.5. Klassifizierung von Zeichnungen	21
2.2. Entwicklung der Höchstgeschwindigkeit	22
2.3. Stromabnehmer-Bauarten	23
2.4. Entwicklungsgeschichte des elektrifizierten Netzes	39
3. Firmenbauarten der 1. Generation	49
3.1. Firma AEG	49
3.1.1. AEG-Fahrleitung mit festem Kettenwerk	49
3.1.2. AEG-Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk	52
3.2. Firma SSW	56
3.2.1. SSW-Fahrleitung mit festem Kettenwerk bzw. Einfachfahrleitung	56
3.2.2. SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht	57
3.2.3. SSW-Fahrleitung mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdrabt	62
3.2.4. SSW-Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk	62
3.3. Fahrleitung System Huber-Stockar	63
3.4. BEW-Fahrleitung	64
3.5. Fahrleitung System Fischer-Jellinek	66
3.6. Systemunterschiede und Anwendungsgebiete	67
4. Regionale Fahrleitungsbauarten der 1. Generation ..	68
4.1. RBD München und RBD Regensburg	68
4.2. RBD Breslau	71
4.3. RBD Hamburg	73
5. Einheitsfahrleitung 1926	74
5.1. Fahrleitungsvorschriften	74
5.1.1. Vorläufige Fahrleitungsvorschriften 1924	74
5.1.2. Fahrleitungsvorschriften 1926	76

VIII

5.2. Firmenbauarten der 2. Generation	77
5.2.1. AEG-Fahrleitung	78
5.2.2. BEW-Fahrleitung	79
5.2.3. SSW-Fahrleitung	79
5.2.4. BBC-Fahrleitung	80
5.2.4.1. Fahrleitung mit lotrechtem Kettenwerk	80
5.2.4.2. Windschiefe Fahrleitung	81
5.3. Regionale Fahrleitungsbauarten der 2. Generation	83
5.3.1. RBD Augsburg, RBD München und RBD Regensburg ..	83
5.3.2. RBD Breslau und RBD Halle	85
5.3.2.1. Fahrleitung mit vergrößertem Stützpunkt- stand	85
5.3.2.2. Fahrleitung mit drehbaren Auslegern	89
6. Einheitsfahrleitung 1931	93
6.1. Fahrleitungsvorschrift 1931	93
6.2. Konstruktive Merkmale der Einheitsfahrleitung 1931	94
6.3. Sonderbauart Höllentalbahn	102
7. Fahrleitungsbauarten aufbauend auf der Einheits- fahrleitung 1931, Firmenbauarten der 3. Generation	105
7.1. Richtlinien für Fahrleitungen für hohe Geschwin- digkeiten	105
7.2. Fahrleitung mit Tragseil aus "Invarstahl"	107
7.3. Fahrleitung mit einem federnden Hänger am Stütz- punkt	108
7.4. Fahrleitung mit Y-Beiseil	108
7.5. Fahrleitungsbauarten mit nachgespanntem Tragseil ..	110
7.5.1. Bauart AEG	110
7.5.2. Bauart SSW	112
7.6. Windschiefe Fahrleitung	113
7.7. Sonderbauart Albtalbahn	115
8. Vollelastische Fahrleitungsbauarten	117
8.1. Firmenbauarten der 4. Generation	117
8.1.1. Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig	117
8.1.2. SSW-Fahrleitung mit Y-Beiseil und angelenktem Seitenhalter	119
8.1.3. Vollelastische Fahrleitung, Bauart BBC	121
8.1.4. AEG-Fahrleitung mit Windseil	125
8.1.5. Windfeste RZA-Fahrleitung	129
8.2. Änderung der Einheitsfahrleitung 1931	131
8.2.1. Bauart SSW mit angelenktem Seitenhalter	132
8.2.2. Bauart BBC mit Y-Beiseil	132
8.3. Umbau vorhandener Fahrleitungen für den Reichs- stromabnehmer	134
8.3.1. Windschiefe Fahrleitung in Gleiskrümmungen	135
8.3.2. Dreipunkt- oder V-Aufhängung der BD Nürnberg ..	136
9. Fahrleitung Bauart 1942	138
9.1. Aufgabenstellung zur Entwicklung	138
9.2. Leitlinien bei der Konstruktion	140
9.3. Versuche und Schritte zur Serienreife	141
9.4. Weitere Maßnahmen	145
9.5. Regel-Fahrleitung bis 120 km/h	148
9.6. Umbaufahrleitung 1942	150

10. Einfach-Fahrleitungen	152
10.1. Tragseillose Fahrleitung	152
10.2. Tragseilarme Fahrleitung	156
10.2.1. Kriegszerstörungen und behelfsmäßiger Wieder- aufbau	156
10.2.2. Fahrleitung System Boehm	158
11. Regelfahrleitung 1950 der DB	167
11.1. Entwicklungsarbeiten an der neuen Einheitsfahr- leitung nach Kriegsende	167
11.1.1. Fahrleitungsrichtlinien 1950, Entwurf	168
11.1.2. Eisenbahndirektionen Nürnberg und Regensburg .	170
11.1.3. BD München	171
11.1.4. BD Karlsruhe	172
11.2. Fahrleitungsrichtlinien 1953	175
11.3. Bauarten der Regelfahrleitung 1950	179
11.3.1. Regeloberleitung für 160 km/h (Re 160)	179
11.3.2. Regeloberleitung für 120 km/h (Re 120)	182
11.3.3. Regeloberleitung für 100 km/h (Re 100)	184
11.3.4. Vereinfachte Regeloberleitung für 100 km/h (Rev 100)	185
11.3.5. Regeloberleitung für 75 km/h (Re 75)	186
11.4. Umbaufahrleitung 1950	188
11.5. Regionale Sonderbauarten der Regelfahrleitung 1950	193
11.5.1. BD Stuttgart	193
11.5.2. BD Nürnberg	194
11.5.3. BD München	195
11.5.4. BD Saarbrücken	197
11.6. Sonstige Sonderbauarten der Regelfahrleitung 1950	198
11.6.1. Fahrleitung mit Doppelfahrdraht	198
11.6.2. S-Bahn-Fahrleitung	201
11.7. Konstruktive Weiterentwicklung der Regelfahrlei- tung 1950	203
11.8. Regeloberleitung für 200 km/h (Re 200)	212
11.8.1. Untersuchungen in der Versuchsanstalt München	214
11.8.2. Versuche Kenzingen - Lahr	215
11.8.3. Versuche Forchheim - Bamberg	216
11.8.4. Merkmale der Regeloberleitung für 200 km/h ...	217
11.9. Regeloberleitung für 250 km/h (Re 250)	219
11.9.1. Theoretische Überlegungen und Untersuchungen der Versuchsanstalt	219
11.9.2. Versuche Gütersloh - Neubeckum	221
11.9.3. Merkmale der Regeloberleitung für 250 km/h ...	223
11.9.4. Entwicklungsarbeiten zu einer Hochgeschwindig- keitsoberleitung	226
12. Fahrleitungsbauarten der Deutschen Reichsbahn nach 1945	229
12.1. Rechtliche und organisatorische Grundlagen	229
12.1.1. Eisenbahnverwaltungen	229
12.1.2. Organisationsstruktur	230
12.1.3. Internationale Vereinbarungen, Verträge und Gesetze	231
12.1.4. Vorschriften und Richtlinien	232
12.1.5. Klassifizierung von Zeichnungen	234

12.2.	Entwicklung der Höchstgeschwindigkeit	235
12.3.	Stromabnehmer-Bauarten	237
12.4.	Entwicklungsgeschichte des elektrifizierten Netzes	239
12.4.1.	Demontage der Fahrleitungsanlagen im Jahre 1946	239
12.4.2.	Wiederaufbau und Neuelektrifizierung	250
12.5.	Einheitsfahrleitung 1931	258
12.6.	Regelfahrleitung 1950 der DR	260
12.6.1.	Regelfahrleitung für 120 km/h	260
12.6.2.	Regelfahrleitung für 160 km/h (Re 2)	262
12.6.3.	Regelfahrleitung für 75 km/h	264
12.6.4.	Regelfahrleitung für 100 km/h (Re 1)	264
12.7.	Einfach-Fahrleitungen	265
12.8.	Entwicklungsperspektiven	267
13.	Fahrleitungsbauarten in Österreich	270
13.1.	Rechtliche und organisatorische Grundlagen	270
13.1.1.	Eisenbahnverwaltungen	270
13.1.2.	Organisationsstruktur	270
13.1.3.	Internationale Vereinbarungen, Verträge und Gesetze	272
13.1.4.	Vorschriften und Richtlinien	272
13.1.5.	Klassifizierung von Zeichnungen	273
13.2.	Entwicklung der Höchstgeschwindigkeit	274
13.3.	Stromabnehmer-Bauarten	275
13.4.	Entwicklungsgeschichte des elektrifizierten Netzes	281
13.5.	Österreichische Firmenbauarten	287
13.5.1.	Firmenbauarten der 1. Generation	287
13.5.1.1.	AEGU-Fahrleitung	288
13.5.1.2.	ÖSSW-Fahrleitung	290
13.5.1.3.	ÖBBW-Fahrleitung	292
13.5.2.	Firmenbauarten der 2. Generation, Vorarlberger Bauart	293
13.5.2.1.	ÖBEG-Fahrleitung	295
13.5.2.2.	ÖSSW-Fahrleitung	295
13.6.	Einheitsbauarten der BBÖ	296
13.6.1.	Vorschriften der Elektrisierungsdirektion	296
13.6.2.	Einheitsfahrleitung 1926	297
13.6.2.1.	Strecken Salzburg - Wörgl und Kufstein - Brenner	298
13.6.2.2.	Tauernbahn	300
13.6.3.	Einheitsfahrleitung der BBÖ östlich Salzburg (1938)	302
13.7.	Die Reichsbahnzeit 1938-1945	305
13.7.1.	Änderungen	305
13.7.2.	Um- und Neubauten	308
13.8.	Einheitsbauarten der ÖBB	310
13.8.1.	Allgemeine technische Bestimmungen	310
13.8.2.	Einheitsfahrleitung 1949	311
13.8.3.	Einheitsfahrleitung 1977	319
13.8.3.1.	Weiterentwicklung für höhere Geschwindigkeiten	319
13.8.3.2.	Weiterentwicklung für höhere Stromstärken ..	322
13.8.3.3.	Einführung von Aluminiumrohren	324

13.8.3.4. Konstruktive Merkmale der Einheitsfahrlei- 1977	325
13.8.4. Einheitsfahrleitung für Hochleistungsstrecken	328
13.9. Sonstige Fahrleitungsbauarten	329
13.9.1. Umbau älterer Fahrleitungsanlagen	329
13.9.2. Vollelastische Fahrleitungen	332
13.9.3. Einfach-Fahrleitungen	333
14. Fahrleitungsbauarten in der Schweiz	336
14.1. Rechtliche und organisatorische Grundlagen	336
14.1.1. Eisenbahnverwaltungen	336
14.1.2. Organisationsstruktur	336
14.1.3. Internationale Vereinbarungen, Verträge und Gesetze	338
14.1.4. Vorschriften und Richtlinien	340
14.1.5. Klassifizierung von Zeichnungen	340
14.2. Entwicklung der Höchstgeschwindigkeit	342
14.3. Stromabnehmer-Bauarten	344
14.4. Entwicklungsgeschichte des elektrifizierten Net- zes	371
14.5. Bauarten schweizerischer Privatbahnen	377
14.5.1. Privatbahnbauarten der 1. Generation	377
14.5.1.1. Seetalbahn	377
14.5.1.2. Martigny - Orsières	378
14.5.2. Privatbahnbauarten der 2. Generation	379
14.5.2.1. Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn	379
14.5.2.2. Rhätische Bahn	380
14.5.2.3. Kriegselektrifizierung Bern - Thun	382
14.5.2.4. Bernische Dekretsbahnen und Sihltalbahn	383
14.5.2.5. Rorschach-Heiden-Bergbahn	384
14.6. Regionale SBB-Bauarten	384
14.6.1. Elektrifizierung der Gotthardbahn	385
14.6.1.1. Gotthardfahrleitung mit Zwischenseil	385
14.6.1.2. Vereinfachte Bauart für Zulaufstrecken	387
14.6.2. Fahrleitungsbauarten des Kreises I	388
14.6.2.1. Fahrleitung mit 100 m Spannweite	390
14.6.2.2. Tragseilarme Fahrleitung	395
14.6.3. Fahrleitungsbauart der Kreise II und III mit 60 m Spannweite	395
14.7. Windschiefe Fahrleitung	399
14.7.1. Privatbahnbauarten der 3. Generation	399
14.7.2. Windschiefe Fahrleitung bei den SBB	402
14.7.3. Elektrifizierungen im Zweiten Weltkrieg	404
14.7.3.1. Privatbahnbauarten der 4. Generation	404
14.7.3.2. Kriegselektrifizierungen der SBB	409
14.7.4. Entwicklung nach 1950	412
14.7.4.1. Privatbahnbauarten der 5. Generation	412
14.7.4.2. Abschluß der Elektrifizierung der SBB	415
14.8. Einheitsbauarten der SBB	416
14.8.1. Konstruktive Weiterentwicklung der Fahrlei- tungsbauart der Kreise II und III	417
14.8.1.1. Weiterentwicklung für höhere Geschwindig- keiten im Kreis I	417
14.8.1.2. Weiterentwicklung für höhere Stromstärken in den Kreisen II und III	420
14.8.2. Normale Fahrleitung (Typ N)	424

14.8.3. Fahrleitung mit nachgespanntem Tragseil (Typ R)	425
14.8.3.1. Versuche Flums - Mels	426
14.8.3.2. Weitere Entwicklung zur Serienreife	428
14.8.3.3. Konstruktive Merkmale der R-Fahrleitung	430
14.8.3.4. Fahrleitung R 200 für Neubau- und Ausbaustrecken	434
14.8.4. Anpassung einer N-Fahrleitung an die R-Fahrleitung	435
14.8.5. Vereinfachte Fahrleitungsbauarten	436
14.8.5.1. Vereinfachte Fahrleitung (Typ S)	437
14.8.5.2. Extrem vereinfachte Fahrleitung (Typ SS) ...	438
14.8.6. Stromschienenfahrleitung	439
14.9. Weiterentwicklung der Fahrleitung bei der BLS ..	440
14.9.1. Doppelspur Hondrich - Frutigen und Ausbau der Bergstrecke	440
14.9.2. Doppelspurausbau der Bergstrecke	441
15. Fahrleitungen für 15 kV 16 2/3 Hz in angrenzenden Ländern	443
15.1. Verwendung von Fahrleitungsbauarten für die gleiche Nennspannung	445
15.2. Verwendung von Fahrleitungsbauarten für höhere Nennspannungen	448
15.3. Verwendung von Fahrleitungsbauarten für niedrigere Nennspannungen	450
16. Ergebnisse - Querverbindungen - Schlußfolgerungen	458
16.1. Deutschland	458
16.2. Österreich	461
16.3. Schweiz	462
16.4. Generelle Entwicklungstendenzen	464
17. Anhang	469
17.1. Anhang A: Elektrifizierungsdaten	469
17.1.1. Deutschland	469
17.1.1.1. Deutsche Reichsbahn (DRB) und Deutsche Bundesbahn (DB)	469
17.1.1.1.1. Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes ..	469
17.1.1.1.2. Einstellung des elektrischen Zugbetriebes	494
17.1.1.2. Deutsche Reichsbahn (DR) nach 1946	495
17.1.1.2.1. Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes ..	495
17.1.1.2.2. Einstellung des elektrischen Zugbetriebes	501
17.1.2. Österreich	502
17.1.2.1. Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes	502
17.1.2.2. Einstellung des elektrischen Zugbetriebes ..	508
17.1.3. Schweiz	509
17.1.3.1. Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes	509
17.1.3.2. Einstellung des elektrischen Zugbetriebes ..	518
17.1.4. Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes auf mit 15 kV 16 2/3 Hz betriebenen grenzüberschreitenden Strecken im Besitz ausländischer Eisenbahnverwaltungen	519
17.2. Anhang B: Berechnung der Lage des Fahrdrahtes in der Mitte zwischen den Brechpunkten c in Abhängigkeit von Bogenhalbmesser R, Spannweite a und Fahrdraht-Seitenverschiebung b bei Windstille ..	520

- Ausgewählte Literatur	524
- Ortsverzeichnis	532
- Namenverzeichnis	554

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1/1:

Übersicht über Kennmaße von Stromabnehmerwippen von DRB, DB und DR sowie BBÖ und ÖBB	26
--	----

Tabelle 1/2:

Spezifische Jahres-Laufleistungen der elektrischen Triebfahrzeuge der DRB in den einzelnen Direktionsbezirken in km	43
---	----

Abkürzungen

1. Konstruktionsfirmen

AEG	Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin
AEGU	AEG-Union, Wien
BBC	AG. Brown, Boveri & Cie, Baden (Schweiz) Brown, Boveri & Cie, Mannheim
BEW	Bergmann-Elektrizitäts-Werke AG, ehem. Berlin
ELIN	AG für elektrische Industrie, Weiz
MFO	Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich Oerlikon
ÖBBW	Österreichische Brown Boveri-Werke, Wien
ÖBEG	Österreichische Bergmann-Elektrizitäts-Gesellschaft mbH, ehem. Wien
ÖSSW	Österreichische Siemens-Schuckertwerke AG, Wien
SAAS	S. A. des Ateliers de Sécheron, Genève
SSW	Siemens-Schuckertwerke AG, Berlin und Erlangen

2. Bahnverwaltungen

BAM	Bière-Apples-Morges
BBÖ	Österreichische Bundesbahnen (bis 1938)
BLS	Bern-Lötschberg-Simplon
BN	Bern-Neuchâtel
BT	Bodensee-Toggenburg
BVZ	Brig-Visp-Zermatt
CJ	Chemins de fer du Jura
DB	Deutsche Bundesbahn
DR	Deutsche Reichsbahn (nach 1945)
DRB	Deutsche Reichsbahn (bis 1945)
EBT	Emmental-Burgdorf-Thun
FART	Ferrovie Autolinee Regionali Ticinesi
FO	Furka-Oberalp
FS	Ferrovie dello Stato Italiane
GBS	Gürbetal-Bern-Schwarzenburg
GFM	Gruyère-Fribourg-Morat, Chemins de fer Fribourgeois
JZ	Jugoslavenske Železnice
LSE	Luzern-Stans-Engelberg
MAV	Magyar Allamvasutak
MBS	Montafonerbahn AG, Schruns
MO	Martigny-Orsières
MThB	Mittel-Thurgau-Bahn
NS	Niederländische Spoorwegen
OeBB	Oensingen-Balsthal-Bahn
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen (nach 1946)
PBr	Pont-Brassus
PKB	Polskie koleje Państwowe
RhB	Rhätische Bahn
RHB	Rorschach-Heiden-Bergbahn
RVT	Chemin de fer Régional du Val-de-Travers
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SEZ	Spiez-Erlenbach-Zweisimmen
SMB	Solothurn-Münster-Bahn
SNCF	Société Nationale des Chemins de fer Français
SOB	Schweizerische Südostbahn
STB	Seethalbahn (bis 1922)

STB	Sensetalbahn
StmLB	Steiermärkische Landesbahnen
SZU	Sihltal-Zürich-Uetliberg
VCh	Vevey-Chexbres
VHB	Vereinigte Huttwil-Bahnen
WM	Wohlen-Meisterschwanden
YSteC	Yverdon-Ste-Croix

3. Abkürzungen bei Bahnhöfen, Stationen und sonstigen Betriebsstellen

a. A.	am Arlberg
Abzw.	Abzweig
AG	Aargau
b	bei
Bad Bf	Badischer Bahnhof
Bay	Bayern
Bez	Bezirk
Bf	Bahnhof
Bk	Blockstelle
BrsG	Breisgau
Bw	Bahnbetriebswerk
Fbf	Frachtenbahnhof
Freib Bf	Freiburger Bahnhof
Gbf	Güterbahnhof
Han	Hannover
Hbf = HB	Hauptbahnhof
Hohentw	Hohentwiel
Hst	Haltestelle
i. T.	in Tirol
Kr	Kreis
M	Main
MThBf	Magdeburg-Thüringer Bahnhof
Ndb	Niederbayern
N.Ö.	Niederösterreich
Obb	Oberbayern
ob Bf	oberer Bahnhof
Pbf = PB	Personenbahnhof
R	Ruhr
Rbf = RB = Tr.	Rangierbahnhof
Riesengeb	Riesengebirge
Sachs	Sachsen
Schwarzw	Schwarzwald
SG	St. Gallen
Sm	Smistamento (= Rbf)
Thür	Thüringen
Ts	Taunus
unt Bf	unterer Bahnhof
Vbf	Verschiebebahn
VD	Vaud
VL	Verbindungsline
Vogtl	Vogtland
Westf	Westfalen
ZH	Zürich

4. Anmerkungen

AEG	AEG-Mitteilungen
AET	Archiv für Eisenbahntechnik
AEW	Archiv für Eisenbahnwesen
BBC	Brown Boveri Mitteilungen
DB	Die Bundesbahn
DET	Deutsche Eisenbahntechnik
DR	Die Reichsbahn
EB	Elektrische Bahnen
ebt	eisenbahntechnik
Eh.	Ergänzungsheft
EI	Der Eisenbahningenieur
EJ	Eisenbahn-Jahrbuch
EKB	Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen
ELIN	ELIN-Zeitschrift
EP	Eisenbahnpraxis
ETP	Eisenbahntechnische Praxis
ETR	Eisenbahntechnische Rundschau
ETZ	Elektrotechnische Zeitschrift
EuM	Elektrotechnik und Maschinenbau
GA	Glasers Annalen
JdE	Jahrbuch des Eisenbahnwesens
LVDR	La Vie du Rail
ÖBB	ÖBB Journal
Organ	Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens in technischer Beziehung
RGCF	Revue générale des chemins de fer
SBB	SBB Nachrichtenblatt
SBZ	Schweizerische Bauzeitung
SER	Schweizer Eisenbahn-Revue
SEV	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Sh.	Sonderheft
SSW	Siemens-Zeitschrift
VW	Verkehrstechnische Woche
ZfV	Zeitschrift für Verkehrswissenschaft
ZÖIAV	Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines
ZVDEV	Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen
ZVDI	Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure

1. Einleitung

1.1. Vorgaben und Grundbegriffe

Unter den ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen bildet die Oberleitung in mehrfacher Hinsicht einen eigentümlichen Bestandteil:

- Außerhalb der Oberleitungsanlage gibt es keinen Bereich des Eisenbahnwesens, der in allen Bauteilen und Konstruktionsmerkmalen derart für jedermann einsehbar ist; dennoch kennen sich hier nur wenige aus.

- Einerseits ähneln die neueren Einphasenwechselstrom-Oberleitungen rund um den Erdball einander auffallend, andererseits findet man bislang über die Ursprünge und zugehörigen Entwicklungslinien dieser Anlagen nur wenig in der Literatur.

- Obwohl der konstruktive Aufbau von Oberleitungsanlagen in den vergangenen Jahrzehnten sehr einfach und damit überschaubar geworden ist, führt hier schon die Berechnung geometrischer Probleme auf komplexe Lösungsansätze; häufig benutzt man Näherungsverfahren.

- Keine Komponente der Infrastruktur von Eisenbahnen kann in derart kurzen Zeiten errichtet, umgebaut oder demontriert werden wie die Oberleitung. Im Regelfall wird in der Literatur aber nur über Elektrifizierungsvorhaben berichtet, nicht aber über Umbauten oder Stilllegungen.

- Während das Rollmaterial zufolge der Anschriften rasch zu klassifizieren ist, ist es bei den Oberleitungen oft schwierig, die Varianten bestimmter Bauarten festzustellen und korrekte Bezeichnungen zuzuordnen; entsprechend sind letztere in der Literatur sehr uneinheitlich ausgeprägt.

Zu allen diesen Vorgaben kommt neuerdings ein Wandel im Verständnis von Grundbegriffen:

In Deutschland gebraucht man amtlich zunächst nur den Begriff Fahrleitung: Sowohl die vorläufigen Fahrleitungsvorschriften 1924 als auch die Fahrleitungsvorschriften 1926 (s. 5.1.) sprechen ausschließlich von Fahrleitung, ebenfalls die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) vom 17. Juli 1928 (s. 2.1.3.) und die Fahrleitungsvorschrift 1931 (s. 6.1.), schließlich sowohl die Entwürfe als auch die Fahrleitungsrichtlinien 1953 (s. 11.1.1. bzw. 11.2.). Die EBO der Ausgabe 1943 verwendet die Begriffe Fahrleitung und Oberleitung gleichwertig, ebenfalls die Ausgabe 1957. Entsprechend definiert die DB 1953 bis 1975 in einer

Dienstvorschrift¹: "Fahrleitungsanlage ist die Gesamtheit der Kettenwerke, Quertragwerke, Maste, Verstärkungs-, Umgehungs- und Speiseleitungen einschließlich Schalter und allem Zubehör."

1961 formuliert W. Fiebig²: "Mit Fahrleitung bezeichnet man die Gesamtheit der zur Stromabgabe an Fahrzeuge dienenden Kettenwerke und aller Einrichtungen, die zu ihrer Aufhängung dienen, wie Quertragwerke, Maste, ..." Hier sind die Begriffe Fahrleitung und Fahrleitungsanlage synonym; dies hat sich seither geändert.

1975 schreibt S. Altmann³: "Unter einer Fahrleitungsanlage versteht man die Gesamtheit aller zur Stromabgabe an elektrische Fahrzeuge dienenden Leitungen und Stromschienen sowie am Fahrleitungsgestänge geführte Speise-, Verstärkungs und Umgehungsleitungen ... Die Fahrleitung einer Fahrleitungsanlage ist der Fahrdraht mit oder ohne Längstragwerk einschließlich der Verankerungen."

1981 weist H. H. Schaefer⁴ bereits auf eine damals im Entwurf vorliegende Neufassung der VDE-Bestimmung "Bahnen" hin: "Fahrleitungsanlage ist der Oberbegriff für die Gesamtheit der zur Übertragung elektrischer Energie an die Fahrzeuge über deren Stromabnehmer erforderlichen elektrischen und mechanischen Betriebsmittel (allerdings ohne die Fahrschienen) und umfaßt die beiden Hauptbauarten "Stromschienenanlage" (neben oder unter dem Fahrzeugprofil angebracht) und "Oberleitungsanlage" (über dem Fahrzeugprofil angebracht)." Diese Bestimmung DIN 57 115 Teil 1 / VDE 0115 Teil 1 trat mit dem Erscheinungsmonat Juni 1982 in Kraft⁵ und ist damit für den Bereich der DB verbindlich.

Seither ist diese Bezeichnung auch auf UIC-Ebene eingeführt, auch DR und ÖBB sprechen zunehmend von Oberleitung. In der Schweiz ist dies dagegen nicht beabsichtigt, man verwendet dort weiterhin den Begriff Fahrleitung. Hier sei jeweils diejenige Bezeichnung gewählt, die für eine bestimmte Bauart in sehr zuverlässigen Quellen (s. 1.4.) notiert ist.

¹ DV 997, Richtlinien für die Errichtung von Fahrleitungen für 15 kV Nennspannung und Regelstromabnehmer (Fahrleitungsrichtlinien) gültig vom 1. Juli 1953 an, Ausgabe 1975, S. 5.

² Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 12.

³ VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin 1975, S. 367; s. auch die entsprechenden Stichwörter in A. Meinel, Elektrifizierung A-Z, Berlin 1981.

⁴ Elektrotechnische Anlagen für Bahnstrom, Heidelberg und Mainz 1981, S. 150.

⁵ EB, 81 (1983), S. 28.

1.2. Anforderungen an Oberleitungsanlagen

Auf den ersten Blick mag dieser Bereich als zweitrangig erscheinen. Tatsächlich hat sich eine hinreichende Abklärung der mit dem Zusammenwirken von Oberleitung und Stromabnehmer zusammenhängenden Fragen mehrfach als entscheidend für die Gestaltung des Eisenbahnbetriebs auf elektrifizierten Strecken erwiesen; hier sei nur ein Beispiel herausgegriffen.

Zu Recht konnte die Deutsche Reichsbahn beim hundertjährigen Bestehen der deutschen Eisenbahnen im Jahre 1935 auf das erreichte Geschwindigkeitsniveau stolz sein. Eine Zusammenstellung der schnellsten Züge der DRB im Fahrplanjahr 1937/38⁶ listet unter anderem jene Züge auf, die zwischen zwei Halten eine Durchschnittsgeschwindigkeit von mehr als 100 km/h erreichen und notiert 10 aus Diesel-Schnelltriebwagen bestehende FDt-Züge, 9 mit Dampflok geführte Züge und 1 mit elektrischer Lokomotive bespannten Zug: D 192 zwischen Breslau und Königszelt.

Im Frühjahr 1939 nahm die DRB auf der Strecke Nürnberg - Saalfeld den elektrischen Zugbetrieb auf. Nach dem erhalten gebliebenen und als Nachdruck erhältlichen Buchfahrplan Heft 1a der RBD Nürnberg gültig vom 15. Mai 1939 an erreichte nur das mit Diesel-Schnelltriebwagen geführte Zugpaar FDt 552/551 zwischen Nürnberg und Lichtenfels eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h, die übrigen schnellfahrenden Reisezüge bis zu 120 km/h, obwohl diese - von einem Zugpaar abgesehen - mit der Baureihe E 18 bespannt wurden. Zudem fordert der erhalten gebliebene Zugbildungsplan Heft A für die D- und Eilzüge der RBD Berlin gültig vom 2. Oktober 1938 ab für die meisten D-Züge der Relation Berlin - Saalfeld - Nürnberg die Kks-Bremse.

Zwar sieht die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung von 1928 nur Geschwindigkeiten von bis zu 120 km/h vor (s. 2.1.3.), doch weist Th. Düring⁷ mehrfach darauf hin, daß mit Dampflok geführte schnellfahrende Reisezüge der DRB bei 1000 m Vorsignalabstand bis 130 km/h fuhren, zwischen Berlin und Hamburg mit 1200 m Vorsignalabstand bis 140 km/h. Entsprechend berichtet F. Flemming⁸ 1936 ausführlich über einen Schnellverkehr mit Dampfzügen. Die umfangreiche Literatur über elektrische Lokomotiven und Triebwagen der DRB weist immer wieder auf deren zulässige Höchstgeschwindigkeit und Versuchsfahrten mit hohen Geschwindigkeiten hin, nennt jedoch nicht die Höchstgeschwindigkeit elektrisch geführter Regelzüge. Alle vorliegenden Unterlagen weisen darauf hin,

⁶ ZVDEV, 77 (1937), S. 875 f.

⁷ Die deutschen Schnellzug-Dampflokomotiven der Einheitsbauart, Stuttgart 1979, S. 168 ff., 289.

⁸ ZVDEV, 76 (1936), S. 871 ff.; s. auch GA, 117 (1935), S. 172 ff.; GA, 121 (1937), S. 105 ff.; GA, 63 (1939), S. 132 ff.

daß die DRB in ihrem Streckennetz bis 1939 bei elektrischem Betrieb mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 120 km/h fuhr.

Unterlagen der DRB lassen erkennen, daß zwischen Leipzig-Mockau und Bitterfeld bis 1939 Diesel-Schnelltriebwagen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h fuhren, mit Dampflok bespannte D- und FD-Züge der Relation Leipzig - Berlin bis 130 km/h und elektrisch geführte schnellfahrende Reisezüge der Relation Leipzig - Magdeburg bis 120 km/h. So gab es bei der DRB bis 1939 D- und FD-Züge, die mit Dampflok bespannt mit einer Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h fuhren, elektrisch dagegen höchstens mit 120 km/h; es wird zu zeigen sein, daß dies ein Problem der Stromabnahme war.

In jenen Jahren befaßten sich die Sachdezernenten der Reichsbahn bei Treffen im RZA München intensiv mit den Anforderungen, die an Oberleitungsanlagen gestellt werden müssen. So weist 1942 G. Wilke⁹ darauf hin, daß sich diese aus den Besonderheiten des Bahnbetriebes ergeben: große Raumbelastung unter Überbauten, stark schwankende Belastung, große Kurzschlußhäufigkeit, ungewöhnliche Formen von Überspannungen, starke Verschmutzung durch hochleitfähigen Lokomotivruß und Bremsstaub; darüber hinaus der eigenartige elektrische Aufbau der Fahrleitung mit Schienen und Erde als Rückleitung.

1974 stellen die ÖBB in einem Dienstbehelf¹⁰ fest: "Die zur Erzielung eines einwandfreien Betriebes an Fahrleitungen zu stellenden Anforderungen gehen, wegen ihres engen Zusammenhanges mit den Gleisanlagen, der ständigen Beeinflussung durch die Stromabnehmer, störenden Witterungsverhältnissen und nachteiligen Wirkungen des Fahrtwindes bei höheren Geschwindigkeiten, weit über den Rahmen der an andere Hochspannungsleitungen zu stellenden Betriebsbedingungen hinaus."

J. P. Blank und Th. Rahn¹¹ sehen die wesentlich höheren Anforderungen an eine Oberleitung im Vergleich zu einer Mittelspannungsfreileitung darin, daß zwar diese wie jene Energie über mittlere Entfernungen zu übertragen hat, "zusätzlich jedoch muß sie die Energie unmittelbar auf das elektrische Triebfahrzeug übertragen können, insbesondere auch bei maximal zulässiger Streckengeschwindigkeit. Dabei sollen bei der Kontaktgabe möglichst keine Lichtbögen ent-

⁹ Vorträge bei den Unterrichtskursen mit Erfahrungsaustausch über Konstruktion, Bau und Betrieb von Fahrleitungsanlagen, Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 7.

¹⁰ DB 925, Die Fahrleitungen der Österreichischen Bundesbahnen. Entwicklung und Grundlagen, Ausgabe 1974, S. 11.

¹¹ EB, 80 (1982), S. 106.

stehen." K.-H. Bauer und H. Borgwardt¹² begründen dies von der Instandhaltung her: "Der Kontakt wiederum muß so beschaffen sein, daß der Fahrdraht möglichst wenig abgenutzt und die Schleifleiste nicht beschädigt wird."

Damit kommt man zu einem ökonomisch orientierten Gütekriterium für das System Oberleitung/Stromabnehmer, indem ein wirtschaftlicher Kompromiß zwischen dem Aufwand für die Erstinstallation eines Systems und für den Ersatz von Verschleißteilen bei hohen Geschwindigkeiten zu finden ist; F. Schneider und F. Lerner¹³ haben ein Gütekriterium für diese Optimierung erarbeitet.

1.3. Stand der Forschung

Unter den Stichwörtern "Elektrische Bahnen" oder "Elektrische Fahrleitung" findet sich eine ganze Anzahl Bücher, die sich ausschließlich oder teilweise mit Oberleitungsanlagen befassen. Unter den im Literaturverzeichnis aufgeführten Fachbüchern seien hier nur jene von E. E. Seefehlner¹⁴, F. W. Jacobs¹⁵, K. Sachs¹⁶ und M. Süberkrüb¹⁷ genannt, denen man wenigstens einzelne Angaben für eine Technikgeschichte der Oberleitungen entnehmen kann. Im übrigen enthalten all diese Bücher überwiegend Grundlagen für die mechanische und elektrische Berechnung von Oberleitungsanlagen.

Als einziger befaßt sich U. Kroll¹⁸ relativ ausführlich mit der Entwicklungsgeschichte der Oberleitungen für Einphasenwechselstrom in Europa; H. Merz¹⁹ greift nur einige neuere Ansätze heraus. Die Entwicklung in Deutschland stellen R. Wagner²⁰ und D. Schmitt-Manderbach²¹ dar, während M. Süberkrüb²² nur die allgemeinen Entwicklungsrichtungen für Oberleitungen unter besonderer Berücksichtigung der AEG verfolgt. Während es für Österreich, abgesehen von

¹² EB, 81 (1983), S. 329.

¹³ GA, 105 (1981), S. 265 ff.

¹⁴ Elektrische Zugförderung, Berlin 1922.

¹⁵ Fahrleitungsanlagen für elektrische Bahnen, München und Berlin 1925.

¹⁶ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938.

¹⁷ Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und Düsseldorf 1971.

¹⁸ EB, 31 (1960), S. 121 ff.; dieser Aufsatz stellt die Kurzform einer unter dem Titel "Bericht über Bau und Betrieb von Fahrleitungen" 1957 abgefaßten Häuslichen Arbeit zur Großen Staatsprüfung dieses Verfassers dar.

¹⁹ SEV, 56 (1965), S. 379 ff.

²⁰ DB, 28 (1954), S. 503 ff.

²¹ M. Benzenberger u. a., 1879-1979 100 Jahre elektrische Eisenbahn, Starnberg 1979, S. 145 ff.

²² AEG, 45 (1955), S. 386 ff.

einer Broschüre von A. Koci²³, keine Entwicklungsgeschichte der Oberleitungen gibt, kann dies die Schweiz mit Beiträgen von M. Schorer²⁴, M. R. Emminger²⁵ und H. Merz²⁶ bis zum Jahre 1960 vorweisen. Schließlich geben S. Altmann²⁷ und S. Müller²⁸ jeweils eine Systematik der Oberleitungssysteme.

Abgesehen von den genannten Veröffentlichungen über die Oberleitungen der Schweiz, sind die Aussagen der übrigen Autoren meist zu summarisch und damit ungenau. Dies liegt einerseits an der außerordentlich komplexen Entwicklungsgeschichte der Oberleitungsbauarten in Deutschland, andererseits daran, daß bei den Eisenbahnverwaltungen in Deutschland und in Österreich keine technikgeschichtliche Dokumentation des Eisenbahnwesens stattfindet; es ist ein Zufall, wenn bei einer Bundesbahndirektion bzw. einer Elektrostreckenleitung noch ältere Zeichnungen vorhanden sind. Damit ist ein quellenkritischer Neuansatz erforderlich.

1.4. Quellenkritik

Da bei Abhandlungen aus dem Bereich der Technikgeschichte eine Aufteilung der Schriften in Primär- und Sekundärliteratur unzweckmäßig ist, sei hier die Klassifizierung nach W. Hendlmeier²⁹ benutzt:

1. Sehr zuverlässige Quellen:

- Staatsverträge und Gesetze mit deren Anlagen
- Dienstvorschriften der Eisenbahnverwaltungen, Reglemente, Bedingnishefte, Dienstbehelfe oder Richtlinien mit Vorschriftencharakter
- Technische Zeichnungen der Firmen oder Eisenbahnverwaltungen
- Technische Zeichnungen in der Fachliteratur
- Zeichnungs-Verzeichnisse der Eisenbahnverwaltungen
- Merkblätter der UIC und Berichte des ORE
- Interne Berichte und Untersuchungen der Eisenbahnverwaltungen, hier besonders der Versuchsanstalten

²³ 75 Jahre elektrische Eisenbahnen in Österreich, Wien 1955.

²⁴ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 2, Frauenfeld 1949, S. 264 ff.

²⁵ Ebenda, S. 268 ff.

²⁶ Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J., S. 41 ff.

²⁷ VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin 1975, S. 368.

²⁸ Elektrische und dieselelektrische Triebfahrzeuge, Basel 1979, S. 142 ff.

²⁹ Handbuch der deutschen Straßenbahngeschichte, Bd. 1, München 1981, S. 19 f.

- Exakt datierte und lokalisierte Fotografien
- Berichte von Augenzeugen über Geschehnisse der jüngeren Vergangenheit

2. Ausreichend zuverlässige Unterlagen

- Fachbücher und Fachzeitschriften
- Festschriften zu aktuellen Ereignissen
- Berichte von Augenzeugen über weiter zurückliegende Ereignisse

3. Nicht ausreichend zuverlässige Literatur

- Festschriften zu Jubiläen
- Populärwissenschaftliche Bücher über das Eisenbahnwesen
- Bücher oder Aufsätze in Zeitschriften für Eisenbahnfreunde, sofern deren Autoren nicht von anderen Publikationen für eine zuverlässige Berichterstattung bekannt sind.

1.5. Bezeichnung von Oberleitungsbauarten und deren Bauteilen

Analysiert man die Struktur der Bezeichnung von Oberleitungsbauarten, so ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- Firma (z. B. BEW-Fahrleitung)
- Konstruktion (z. B. Fahrleitung mit Y-Beiseil)
- Dienststelle (z. B. Fahrleitung Kreis I der SBB)
- Material (z. B. Fahrleitung mit "Invarstahl")
- Strecke (z. B. Fahrleitung Gotthardbahn)
- Betrieb (z. B. S-Bahn-Fahrleitung)
- Erfinder (z. B. Fahrleitung System Fischer-Jellinek)
- Firma und Konstruktion (z. B. SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht)
- Firma und geographische Lage (z. B. ÖBEG-Fahrleitung, Vorarlberger Bauart)
- Firma und Eigenschaft (z. B. Vollelastische Fahrleitung, Bauart BBC)
- Konstruktion und Erfinder (z. B. Tragseilarme Fahrleitung, System Boehm)
- Dienststelle und Konstruktion (z. B. Dreipunkt- oder V-Aufhängung der BD Nürnberg)
- Dienststelle und Eigenschaft (z. B. Windfeste RZA-Fahrleitung)
- Zeitumstände und Strecke (z. B. Kriegselektrifizierung Bern - Thun)
- Normung und Betrieb (z. B. Einheitsfahrleitung für Hochleistungsstrecken)
- Normung und Geschwindigkeit (z. B. Regeloberleitung für 160 km/h)
- Normung und geographische Lage (z. B. Einheitsfahrleitung der BBÖ östlich Salzburg)
- Normung und Jahreszahl (z. B. Umbaufahrleitung 1950)

Die Bezeichnung einer bestimmten Oberleitungsbauart wird jeweils quellenkritisch zu diskutieren sein.

Z 1.5./1

Z 1.5./2

Z 1.5./3

Wie in jedem Fachbereich des Eisenbahnwesens hat sich auch hier eine spezielle Terminologie entwickelt. Die Eisenbahnverwaltungen in Deutschland und Österreich stimmen in der Bezeichnung der Einzelbauteile der Oberleitung weitgehend überein, während sich in der Schweiz lokale Traditionen stärker entwickelt haben. Die bei der DB üblichen Bezeichnungen finden sich in Band 183 der Eisenbahn-Lehrbücherei³⁰. Darüber hinaus sind folgende Begriffe wichtig:

- Festpunkt (SBB Fixpunkt): Verankerung von Fahrdrabt und Trageil zwischen zwei beweglichen Abspannungen zur Verhinderung einseitiger Längsverschiebung der Fahrleitung.
- Kettenwerk (SBB Drahtwerk) umfaßt Längstrageil, Hänger und Fahrdrabt.
- Längsspannweite (SBB Spannweite) ist der Abstand zwischen zwei benachbarten Oberleitungsstützpunkten in Gleisrichtung.
- Nachspannlänge (ÖBB Sektionslänge): Länge eines beiderseitig beweglich nachgespannten Oberleitungsabschnitts bzw. einer sonstigen Freileitung zwischen zwei Endabspannungen.
- Nachspannung (ÖBB Sektionstrennung): Anordnung der Oberleitung zur lückenlosen und möglichst elastischen Überleitung von einer Nachspannlänge zur nächsten zur Temperaturkompensation.
- Querspannweite (SBB Stützweite) ist der Abstand zwischen zwei benachbarten Querseilmasten quer zur Gleisrichtung.
- Querfeld (ÖBB Querseilfeld, SBB Seiljoch): Quertrageile und Richtseile mit Trageilstützpunkten und Seitenhaltern quer zur Gleisanlage über mehrere Gleise.
- Quertragwerke (SBB Querträger) sind alle Teile der Oberleitung, die Kettenwerke tragen und in der Regel quer zu ihnen und zur Gleisrichtung liegen außer den Masten: Ausleger, Querfelder, Joche.
- Schutzstrecke ist ein Oberleitungsstück, das verhindert, daß die angrenzenden Oberleitungsabschnitte durch die oder über die Stromabnehmer der Triebfahrzeuge elektrisch verbunden werden können.
- Streckentrennung (ÖBB früher Bahnhoflufttrennung): Anordnung von Oberleitungen ähnlich einer Nachspannung, in der beide Kettenwerke durch die Luftstrecke dazwischen bzw. Isolatoren gegeneinander isoliert sind.
- Systemhöhe ist der senkrechte Abstand der Mitte des Fahrdrabts von der Mitte des Trageils am Oberleitungsstützpunkt.
- Zickzack: Seitenverschiebung des Fahrdrabtes an den Stützpunkten gegenüber der Gleisachse.

Da A. Meinel³¹ für die DR dieselbe Terminologie verwendet, wie sie bei der DB üblich ist, und die Vielfalt der in Deutschland entwickelten Oberleitungsbauarten jene in Österreich und der Schweiz übertrifft, seien hier soweit

³⁰ Einrichtungen für elektrische Zugförderung, Starnberg
¹1956, S. 203 f.

³¹ Elektrifizierung A-Z, Berlin 1981.

möglich und sinnvoll einheitlich die Bezeichnungen der DB bzw. DR verwendet.

1.6. Pläne und Zeichnungen im elektrischen Zugbetrieb

Die Eisenbahnverwaltungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz stimmen im grundsätzlichen Aufbau der Pläne elektrifizierter Strecken und der Zeichnungen der Oberleitungsanlagen überein. Jeder Plan und jede Zeichnung ist durch Ersteller, Nummer und Datum der Ausgabe eindeutig bestimmt. Man unterscheidet folgende Arten von Plänen:

- Schaltpläne, die die Speisung und Schaltung der Oberleitungsanlage mit den erforderlichen Speiseleitungen, Verstärkungsleitungen, Kabeln, Schaltposten, Schutzstrecken, Kuppelstellen, sowie Unterteilungen in Abschnitte und Gruppen durch Streckentrennungen oder Streckentrenner und Schalter festlegen.

- Lagepläne (ÖBB: Verspannungspläne, SBB Situationspläne), die unter Benutzung von Regelzeichen die Oberleitungsausrüstung einer Strecke mit allen Masten, Oberleitungsstützpunkten, Kettenwerken, Speiseleitungen, Schaltern mit Angabe der Mastnummern und der jeweiligen Längsspannweite darstellen.

- Querprofile, die für jedes Quertragwerk die Masten mit Angabe der Mastnummern, Bahnsteige, Lage der Seitenhalter, Ausleger, Speiseleitungen und Schalterquerleitungen mit Angabe aller Abstände, Fahrdrahthöhen und Kräfte schematisch wiedergeben.

In der Schweiz gibt es weiter Längenprofile und Drahtwerkpläne.

Bei den Zeichnungen unterscheidet man:

- Stammzeichnungen in Originalgröße von Originalen oder Transparentpausen, die für die Bestellung, Fertigung und Abnahme zu verwenden sind. Der Änderungsdienst hält die Zeichnungssammlung auf dem aktuellen Stand.

- Handausgaben mit verkleinerten Stammzeichnungen, die nach bestimmten Oberbegriffen in Buchform zusammengestellt sind: Maste und Fundamente, Bauteile, Einbauzeichnungen. Handausgaben sind durch den jeweiligen Ausgabetermin bestimmt und werden bei der DB vom Änderungsdienst nicht erfaßt.

1.7. Meßwesen und Versuchsdienst

Die Entwicklung der heutigen Oberleitungen für hochbelastete Schnellfahrstrecken ist ohne zentrale Entwicklung und ausgedehnte Versuche nicht denkbar. Diese Zentralstellen für Eisenbahntechnik sind bei den einzelnen Eisenbahnverwaltungen je nach Netzgröße unterschiedlich ausgeprägt. Deshalb sei hier die Entwicklung bei der DB mit einem elektrifizierten Netz von über 11 000 Streckenkilometern exemplarisch dargestellt.

Nach Th. Rahn³² richteten die Staatsbahnen Preußens und Bayerns bereits 1907 in Berlin bzw. München Eisenbahntechnische Zentralämter (EZÄ) ein, "um die Einheitlichkeit von Konstruktion und Einkauf zu gewährleisten, die Direktionen nicht mit Aufgaben zu belasten, die nicht zur regionalen Verwaltung gehören, andererseits das Ministerium von technischen und anderen Einzelaufgaben zu entlasten." H. Gärtner³³ notiert für das Jahr 1913 die Einrichtung eines Dezernats für Versuche mit Dampflokomotiven im EZA Berlin. Nach H. Schulz³⁴ hatte die DRB ihre elektrotechnischen Versuchsarbeiten am 1. Januar 1933 in einer "Zentralstelle für elektrotechnische Versuche auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens" zusammengefaßt. Diese Zentralstelle war zunächst eine Abteilung des Reichsbahn-Ausbesserungswerks Dessau, wurde aber schon im April 1934 aus dem Werkstattendienst gelöst und als "Elektrotechnische Versuchsanstalt" in München-Freimann eingerichtet. W. Wechmann³⁵ berichtet, daß diese am 1. Januar 1938 in ein dem RZA München unterstelltes Amt umgewandelt wurde und die Bezeichnung "Elektrotechnisches Versuchsamt der Reichsbahn" (ElVersA) erhielt. In jenem Jahr entfielen 22 % der Versuche auf ortsfeste elektrische Anlagen, 40 % auf Messungen an Fahrzeugen, 15 % auf Prüfungen von Stoffen für elektrische Anlagen und 23 % auf lichttechnische Untersuchungen, womit auch Aufgabenbereich und Gliederung des ElVersA umrissen sind.

Entsprechend der Zusammenstellung von O. Kasperowski³⁶ kamen nach 1945 noch die Abteilungen für Chemie, Mechanik und Brennkrafttechnik hinzu; physikalische Aufgaben ordnete man einer neu gegründeten Abteilung für Elektrophysik zu. Mit dem Zusammenwirken von Oberleitung und Stromabnehmer befaßt sich von Anfang an die Abteilung für Elektrotechnik. So findet man heute auf dem Gelände der Versuchsanstalt (VersA) in München-Freimann neben Büros, Versuchswerkstätten, Prüfständen und Schaltanlagen auch ein 1940 erstelltes und seither auf 700 m Länge erweitertes Oberleitungs-Versuchsfeld für statische Versuche in Augenhöhe. Draußen auf dem Schienennetz ist die Versuchsanstalt durch Meßwagen als fahrbare Laboratorien präsent.

Nach den Ausführungen von W. Kleinow³⁷ richtete die Reichsbahn bereits 1923 einen elektrotechnischen Meßwagen mit zwei Stromabnehmern her, allerdings nur zur Untersuchung elektrischer Lokomotiven. W. Steinbauer³⁸ beschreibt

³² DB, 58 (1982), S. 347.

³³ J. P. Blank und Th. Rahn (Hg.), Die Eisenbahntechnik. Entwicklung und Ausblick, Darmstadt 1982, S. 16.

³⁴ EB, 79 (1981), S. 236.

³⁵ EB, 15 (1939), S. 7.

³⁶ JdE, 17 (1966), S. 132 ff.

³⁷ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 252 ff.

³⁸ EB, 10 (1934), S. 30.

das damalige Verfahren zur Beurteilung der Stromabnahme bei hohen Geschwindigkeiten: "Bei den Versuchsfahrten wurde der Lauf der Stromabnehmer sowie die Güte der Stromabnahme eingehend beobachtet. Zu diesem Zweck lief hinter dem Meßwagen ein Packwagen, von dessen Aufbau aus man bequem die Stromabnahme des Meßwagens, wie die der Lokomotive übersehen konnte. ... Die Funkenbildung war groß, es trat jedoch weder eine Auslösung des Lokomotivhaupt Schalters noch eine Unterbrechung des Steuerstromes ein. Hinter dem Zug wurde eine erhebliche Schwankung der Fahrleitung beobachtet."

Schreibende Fahrleitungsmeßgeräte sollten den Lauf der Stromabnehmer durch die Aufzeichnung der Fahrdrathöhe registrieren. H. Nibler³⁹ montierte das von ihm entwickelte Meßgerät auf einen Rollwagen, wie er auch für fahrbare Montageleitern verwendet wird und ließ diesen "Meßwagen" entweder von einem Mann im Gleis schieben oder von einem Gleiskraftwagen ziehen. L. Hausmann⁴⁰ dagegen baute sein Z 1.7./1 Gerät direkt in den Führerstand einer elektrischen Lokomotive ein, um bei langsamer Fahrt das statische und bei schneller Fahrt das dynamische Verhalten von Stromabnehmer und Fahrleitung zu erkennen.

Mit dem von E. W. Curtius⁴¹ beschriebenen Umbau eines Packwagens zu einem Leistungsmeßwagen für die elektrischen Versuchslokomotiven der Höllentalbahn begann 1937 auch für die Fahrleitungsmessung ein neuer Abschnitt. Baute man zunächst nur neue Fahrleitungsmeßgeräte zusätzlich in diesen Meßwagen mit zwei Stromabnehmern ein, so wurde dieser nach Abschluß der Leistungsmeßfahrten im Höllental völlig für die Bedürfnisse der Fahrleitungsmessung hergerichtet. Dadurch konnte nach L. Hausmann⁴² ein Schleifenzillograph folgende Größen aufzeichnen:

- Kompression der Wippenfedern
- Zickzack
- Spannungsunterbrechungen in Halbwellen 16 2/3 Hz
- Stromabnehmerlauf
- Geschwindigkeit
- Schwankungen des Wagenkastens

Masten, Kilometersteine, Nachspannungen, Streckentrennungen und Betriebsgebäude markierte man durch Kontaktgabe von Hand. Bis 1973 fuhr man alle Meßfahrten bis 200 km/h mit diesem umgebauten Packwagen.

Für die Versuchsreihe mit 200 bis 250 km/h ab 1973 erhielt F 1.7./1 die VersA aus der von K. Hoffmeister, U. Knau und K. Hugo⁴³ beschriebenen Serie von Einheitsmeßwagen der DB für Versuche mit hohen Geschwindigkeiten einen Fahrleitungs-

³⁹ EB, 12 (1936), S. 126 ff.

⁴⁰ EB, 12 (1936), S. 124 ff.

⁴¹ EB, 13 (1937), S. 94 ff.

⁴² EI, 11 (1960), S. 300 ff.

⁴³ EB, 46 (1975), S. 219 ff., 244 ff.

meßwagen mit einer mittig aufgesetzten Kanzel zur Beobachtung von Fahrleitung und Stromabnehmer und einer Hochspannungszelle als Sondereinrichtungen. 1981 folgte ein weiterer Fahrleitungsmeßwagen, der nach einer Beschreibung von R. Seifert⁴⁴ mit einer speziellen Meßtechnik zur Erfassung der dynamischen Kräfte zwischen Fahrleitung und Stromabnehmer ausgerüstet ist. Die von B. Kluzowski⁴⁵ vorgestellte Einrichtung zur Messung der Kontaktkraft zwischen Fahrdrabt und Stromabnehmer über Kraftaufnehmer zwischen Kohleschleifstück und Wippe ermöglicht genauere Resultate als die von L. Hausmann⁴⁶ beschriebene kapazitive Bügeldruckmessung. Weiter kann das von M. Ostermeyer⁴⁷ dargestellte Verfahren zum berührungslosen Messen der Fahrdrablage die Fahrdrabhöhenlage und -seitenlage mit einer Unsicherheit von maximal 1 cm bei hoher Geschwindigkeit des Meßwagens registrieren. Mit dem turnusmäßigen Einsatz dieses Meßwagens soll durch eine gezielte Instandhaltung nach dynamischen Gesichtspunkten eine Verlängerung der Nutzungsdauer der bestehenden Oberleitungsanlagen der DB erzielt werden.

Auch die übrigen größeren Eisenbahnverwaltungen verfügen über Meßwagen zur Beobachtung des Verhaltens von Oberleitung und Stromabnehmer. Fotografien⁴⁸ zeigen, daß die DR bereits zum Zeitpunkt der Wiederaufnahme des elektrischen Zugbetriebes mit Einphasenwechselstrom im Sommer 1955 bei der "Versuchs- und Entwicklungsstelle für die Maschinenwirtschaft" (VES/M) in Halle (Saale) einen Leistungsmeßwagen für elektrische Triebfahrzeuge mit zwei Stromabnehmern einsetzte. Da J. Traxdorf⁴⁹ 1968 notiert: "Probefahrer der VES M mit dem Meßwagen zeigten ein normales Verhalten des Bügellaufs bei zweifelhaften Nachspannungen", ist zu vermuten, daß bei dem damals vergleichsweise kleinen elektrifizierten Netz der DR der genannte Meßwagen für elektrische Triebfahrzeuge für Fahrleitungsmeßfahrten apparatmäßig ergänzt wurde. Tatsächlich stellt W. Tell⁵⁰ 1971 ausführlich die im Meßwagen der VES/M angewendeten Meßverfahren zur Ermittlung von aerodynamischer Anpreßkraft, Dauer von Kontaktunterbrechungen, Kontaktkraft und sonstiger mechanischer Größen dar.

Im Meßwagen Nr. 96.301 stand den BBÖ für die Messung an elektrischen Triebfahrzeugen ein geeignetes Fahrzeug zur

⁴⁴ EB, 81 (1983), S. 341 ff., 370 ff.

⁴⁵ EB, 47 (1976), S. 112 ff.

⁴⁶ EI, 11 (1960), S. 302.

⁴⁷ EB, 81 (1983), S. 343 ff.

⁴⁸ K. Bochmann, Lokomotiv-Portrait III. E 44 und E 45, Heidelberg 1978, S. 129, 131; s. auch K. Bochmann, Lokomotiv-Portrait I. Lokomotiv-Raritäten der VES M Halle (S), Heidelberg 1977, S. 15 f.

⁴⁹ DET, 16 (1968), S. 510.

⁵⁰ Mitt. Versuchs- u. Entwicklungsstelle Masch.-Wirtschaft, (1971), Nr. 3, S. 18 ff.

Verfügung. Nach einem Hinweis von H. Petrovitsch finden sich in dessen Beschreibung und Bedienungsvorschrift aus dem Jahre 1937 jedoch keine Hinweise auf eine Fahrleitungsmessung im eigentlichen Sinn. Dafür hatten nach S. Karbus⁵¹ die Turmtriebwagen der BBÖ einfache Fahrleitungsmeßeinrichtungen eingebaut. Als Kompensation für den von der DRB übernommenen Meßwagen Nr. 96.301 teilten nach Mitteilung von H. Petrovitsch die Alliierten 1945 den in Zirl verbliebenen Meßwagen Nr. 2 der Versuchsabteilung für Wagen des RAW Grunewald dem provisorischen Fahrzeugpark der Österreichischen Staatseisenbahnen zu. 1947 bis 1955 richtete man dieses Fahrzeug als Meßwagen für elektrische Triebfahrzeuge und Fahrleitungen her. Der elektrotechnische Meßwagen Nr. 950.100 der ÖBB führte im April 1955^{F 1.7./2} die erste Lokmeßfahrt durch, im März 1960 die erste Fahrleitungsmeßfahrt. O. Janusz⁵² stellt mehrfach Aufbau und Einsatz dieses Fahrzeugs dar.

U. Wili⁵³ beschreibt die Entwicklung der Fahrleitungsmeßwagen bei den SBB. Diente zunächst ein ehemaliger Salonwagen der Gotthardbahn als Beobachtungsfahrzeug, nahmen die SBB 1942 einen Fahrleitungsbeobachtungswagen mit Stromabnehmer in Betrieb, der zunächst nur Registriereinrichtungen für die Fahrdrathöhe und die Bewegungen des Wagenkastens hatte. Dieser Wagen leistete bei der Entwicklung und Erprobung der R-Fahrleitung bei Geschwindigkeiten bis 160 km/h gute Dienste. Aus dem überzähligen Mittelwagen eines RABDe 12/12-Triebzugs baute die Hauptwerkstätte Zürich der SBB 1981 einen für 200 km/h konstruierten Fahrleitungsmeß-^{F 1.7./3}wagen. Die Meßeinrichtungen des ausgemusterten Fahrleitungsbeobachtungswagens von 1942 bauten die SBB in einen Dienstwagen der meterspurigen Brüniglinie ein, der auch der Fahrleitungskontrolle der LSE dient.⁵⁴

Abgesehen von der DR, überqueren die normalspurigen Fahrleitungsmeßwagen auch Landesgrenzen; dies einerseits infolge der guten Zusammenarbeit der für den Einsatz der Meßwagen Verantwortlichen, andererseits im Rahmen der von F. Baeyens⁵⁵ skizzierten Aufgaben des ORE. W. Breyer⁵⁶ beschreibt Vergleichsversuche an Stromabnehmern elektrischer Triebfahrzeuge näher.

⁵¹ EB, 13 (1937), S. 107 f.

⁵² EuM, 72 (1955), S. 514 ff.; ÖBB, (1971), Heft 12, S. 11 ff.; ÖBB, (1977), Heft 2, S. 6 ff.

⁵³ SBB, 59 (1982), S. 20 ff.

⁵⁴ SER, 7 (1984), S. 154.

⁵⁵ JdE, 11 (1960), S. 200 ff.

⁵⁶ ZÖIAV, 103 (1958), Heft 11, Sonderdruck.

2. Oberleitungsbauarten in Deutschland, Voraussetzungen und Grundlagen

2.1. Rechtliche und organisatorische Fragen

2.1.1. Eisenbahnverwaltungen

Die Vereinheitlichung der Deutschen Eisenbahnen stellt sich nach A. Sarter und Th. Kittel¹ wie folgt dar: Durch Vereinigung der acht deutschen Ländereisenbahnen in der Hand des Reiches entstanden am 1.04.1920 auf der Grundlage eines Staatsvertrages vom Vortag die "Reichseisenbahnen". Auch das durch Notverordnung vom 12.02.1924 gegründete "Unternehmen Deutsche Reichsbahn" unterstand der unmittelbaren Verwaltung durch den Reichsverkehrsminister. Dagegen war die mit Verabschiedung des Reichsbahngesetzes vom 30.08.1924 gegründete "Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft" ein mittelbares Reichsunternehmen.

Die Schaffung einer starken Zentralgewalt des Reiches stellt nach A. F. Napp-Zinn² auch in der Verkehrspolitik des nationalsozialistischen Deutschland einen wesentlichen Programmpunkt dar. So übernahm der Staat mit Gesetz vom 10.02.1937 die "Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft" als "Deutsche Reichsbahn" wieder in seine unmittelbare Verwaltung, was am 4.07.1939 ein neues Reichsbahngesetz bestätigte.

Kontrovers verläuft die Diskussion über die Abkürzung dieses Unternehmens. Eine amtliche Darstellung³ über das Hoheitszeichen des Dritten Reiches bei der Deutschen Reichsbahn stellt fest: "Da `DR` Deutsches Reich bedeutet - die Abkürzung der Deutschen Reichsbahn lautet amtlich `DRB` - weist das mit `DR` versehene Hoheitszeichen auf das öffentlich-rechtlich gebundene Eigentum des Reiches an den von der Reichsbahn verwalteten Betriebsmitteln hin." Hier wird für die bis 1945 in Deutschland auf Reichsebene bestehenden Eisenbahn-Unternehmen einheitlich die Abkürzung `DRB` verwendet, dies im Unterschied zu `DR` für die seit 1945 in der ehemaligen sowjetischen Besatzungszone bestehende "Deutsche Reichsbahn" (s. 12.1.1.).

Nach B. Stumpf⁴ führt die Deutsche Reichsbahn in der amerikanischen und britischen Besatzungszone seit 7.09.1949 die Bezeichnung "Deutsche Bundesbahn" (DB), der Bundesminister für Verkehr verfügt am 11.10.1949 diese Bezeichnung für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland; die Dienststellen tragen Bezeichnungen wie "Eisenbahndirektion"

¹ Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, Berlin ³1931, S. 211 ff.; s. auch DR, 11 (1935), Sh. S. 122 ff.

² ZfV, 11 (1933), S. 77 ff.; s. auch VW, 28 (1934), S. 493 ff.

³ DR, 14 (1938), S. 523.

⁴ JdE, 1 (1950), S. 8.

oder "Eisenbahn-Zentralamt". Zwar beschloß der Bundestag am 13.12.1951 das Bundesbahngesetz, jedoch brachte erst die "Verwaltungsordnung der Deutschen Bundesbahn" vom 9./19.03.1953 die Bezeichnungen "Bundesbahndirektion" oder "Bundesbahn-Zentralamt".

2.1.2. Organisationsstruktur

Die DB übernahm zunächst die Organisationsstruktur der DRB, die in Grundzügen bis zur Konstituierung der Zentralen Verkaufsleitung im Jahre 1970 und der Zentralen Transportleitung im folgenden Jahr in Kraft blieb. Die Neuordnung aller Ebenen der DB von 1985 an führte zu einem völlig anderen Aufbau. Da sich verschiedene Besonderheiten der ortsfesten Anlagen des elektrischen Zugbetriebes von DRB bzw. DB nur von der früher gültigen Organisation her verstehen lassen, sei diese zunächst in Grundzügen dargestellt. Die in der Hauszeitschrift der DB alljährlich veröffentlichten Organigramme⁵ lassen die Zuständigkeiten innerhalb der einzelnen Ebenen erkennen.

In der Hauptverwaltung (HVB) in Frankfurt (Main) als oberster fachlicher Verwaltungsbehörde besteht innerhalb des Ressorts "Technik", Fachbereich "Maschinentechnik", das Referat 25 "Elektrotechnik, elektrische Triebfahrzeuge, ortsfeste elektrische Anlagen, elektrische Energieversorgung".

Beim Bundesbahn-Zentralamt (BZA) München, dem auch die Versuchsanstalt am gleichen Ort unterstellt ist, ist innerhalb der Abteilung II "Elektrotechnik" das Dezernat 25 "Fahr- und Bahnstromleitungen" für die Entwicklung aller Komponenten dieses Bereichs verantwortlich.

In der Zentralen Transportleitung (ZTL) in Mainz, Abteilung II E "Bahnstromversorgung" besorgt das Dezernat 255 "Zentrale Planung von Oberleitungsangelegenheiten, Lenkung der Instandhaltung" die Übertragung von Entwicklungen des BZA München in den Betrieb.

Bei der Bundesbahndirektion (BD) als mittlerer Ebene für die Leitung und Durchführung aller in ihrem Bezirk anfallenden Geschäfte gibt es bei größeren Direktionen innerhalb der Abteilung II "Maschinentechnik" das Dezernat 25 "Bahnstromtechnik" für alle mit 16 2/3 Hz betriebenen ortsfesten Anlagen und das Dezernat 25A "Starkstromtechnik" für die mit 50 Hz gespeisten Installationen und Apparate. Bei kleineren Direktionen vereinigt das Dezernat 25 beide Bereiche. Im Rahmen der von den übergeordneten Stellen gesetzten Richtlinien haben die Dezernenten 25 auf BD-Ebene die eigentliche Entscheidungskompetenz für die Festlegung bestimmter Fahrleitungsbauarten bei Elektrifi-

⁵ z. B. DB, 56 (1980), S. 357 ff.

zierungsvorhaben. Ansich ist dies nur innerhalb der vom BZA München festgeschriebenen Regelbauarten möglich, jedoch nahmen sich in den fünfziger und sechziger Jahren verschiedene Dezernenten 25 südlich der Mainlinie hier größere Freiheiten heraus (s. 11.5.).

Das Bundesbahn-Maschinenamt (MA) ist eine auf Bezirksebene der BD nachgeordnete Aufsichtsinstanz für die Dienststellen des Betriebsmaschinendienstes, hier die Fahrleitungsmeisterei (Flm). Zur Durchführung umfangreicher Bauvorhaben ist das Bundesbahn-Neubauamt (NA) eine nach Bedarf und nur auf Zeit eingerichtete DB-Stelle der Bezirksebene oder Ämterinstanz.

Entsprechend dem Rahmenkonzept für die Neuordnung des Zentralbereichs der DB ist neben anderen Instanzen auch die Zentrale Transportleitung aufgelöst worden. An ihre Stelle sind neue, eindeutig auf die Ressorts und die Fachbereiche der Hauptverwaltung der DB ausgerichtete Zentralstellen getreten. In diesem Zusammenhang ist der Fachbereich (Fb) "Maschinenteknik" in der Hauptverwaltung und bei der Zentralstelle "Technik" neu strukturiert worden. Seit 1.01.1985 umfaßt innerhalb der Zentrale der DB (ZHVB) der Geschäftskreis des Fb "Maschinenteknik" (M) die Fahrzeuge und die elektrotechnischen Anlagen; letzteres besorgt die Hauptabteilung "Elektrotechnische Anlagen, elektrische Energie" (M 4). Der Hauptabteilung M 4 der ZHVB sind bei der "Zentrale der DB, Ressort Technik" (ZZT) unter anderem die Abteilungen "Bahnstromanlagen" (M 44) und "Oberleitungsanlagen" (M 45) zugeordnet.

Auf Direktionsebene betreut innerhalb der Hauptabteilung "Maschinenteknik und Werke" (MW) die Abteilung "Elektrotechnik" oder "Elektrische Anlagen, elektrische Energie" (Mw 4) die Oberleitungsanlagen. Dem Präsidenten einer BD sind unmittelbar Regionalabteilungen (Ra) unterstellt, die vor Ort für Betriebs-, Bau- und Betriebsmaschinendienst gleichermaßen zuständig sind; damit ist bei der DB die Ämterebene entfallen.

Das BZA München als solches bleibt bestehen, dies auch in der Organisationsstruktur, versteht sich jedoch künftig nach einer Funktions-Kosten-Optimierung als "modifiziertes Profitcenter". Schließlich ist auch die Versuchsanstalt München in Resultatsverantwortungsbereiche übergeleitet.

2.1.3. Internationale Vereinbarungen, Verträge und Gesetze

Das Reichsbahngesetz vom 13.03.1930 stellt in § 31 (3) b fest: "Der Reichsregierung bleibt gegenüber der Gesellschaft vorbehalten: ... die Genehmigung ... zu allgemeinen grundlegenden Neuerungen oder Änderungen technischer Anlagen, insbesondere die Genehmigung zur Ausdehnung oder Einschränkung der elektrischen Zugförderung ... Die konstruktive Durchbildung ist ausschließlich Sache der

Gesellschaft."⁶ Hierfür sind sowohl Bestimmungen und Vorschriften notwendig, die für eine gewisse Klasse von Bahnen in ganz Deutschland gelten, als auch zwischenstaatliche Vereinbarungen, die in der Festlegung von Normen den Übergang des Rollmaterials zwischen den Eisenbahnverwaltungen der Vertragspartener erleichtern.

Der Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen unternahm 1865 einen ersten Versuch, "Technische Vereinbarungen des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Eisenbahnen"⁷ festzulegen. Auf Einladung des Schweizerischen Bundesrates trafen sich 1882 die Regierungen von Deutschland, Österreich-Ungarn, Frankreich und Italien in Bern, um sich dort auf Vereinbarungen über die "Technische Einheit im Eisenbahnwesen"⁸ zu verständigen; bei nachfolgenden internationalen Konferenzen waren weitere Staaten vertreten.

Nach A. Lampl⁹ trafen sich 1910 zwei der bedeutendsten englischen und amerikanischen Ingenieur-Vereinigungen zu einer gemeinsamen Tagung in London, um über die Einheitlichkeit in der Wahl des elektrischen Bahnsystems zu sprechen.

Der Technische Ausschuß des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen beschäftigte sich in seiner Sitzung vom 5. bis 7. April 1911 in Frankfurt (Main) mit einem Antrag des österreichischen Eisenbahnministeriums, einheitliche Bestimmungen über die Stromart, Fahrdrahtspannung und Periodenzahl bei elektrisch zu betreibenden Vollbahnen aufzustellen.¹⁰ Im selben Jahr beabsichtigte das Ministerium der öffentlichen Arbeiten in Preußen eine Erhöhung der Fahrdrahtspannung von bislang 10 kV auf 15 kV, wobei B. Wachsmuth¹¹ die Hoffnung ausdrückt, daß sich die anderen in Betracht kommenden Bahnverwaltungen dem Vorgehen der Preußischen Staatsbahnverwaltung im Interesse der Technischen Bahn-Einheit anschließen werden. W. Heyden¹² begründet die Entscheidung der Preußischen Staatsbahnverwaltung, die Frequenz für die zu elektrifizierenden Strecken auf 16 2/3 Hz festzusetzen.

⁶ A. Sarter und Th. Kittel, Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft, Berlin ³1931, S. 89 f.

⁷ Röhl (Hg.), Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, Bd. 9, Berlin und Wien ²1921, S. 283 ff.

⁸ Ebenda, S. 279 ff.

⁹ EKB, 8 (1910), S. 683 ff., 703 ff.

¹⁰ ZVDEV, 51 (1911), S. 652.

¹¹ VW, 5 (1910/11), S. 673 f.

¹² EKB, 9 (1911), S. 569 f.

Z 2.1.3./1

1912/13 unterzeichneten Minister der Länder Baden, Bayern und Preußen das "Übereinkommen betreffend die Ausführung elektrischer Zugförderung". B. Gleichmann¹³, A. Ganzenmüller¹⁴, Th. Vogel¹⁵ und andere haben diese Urkunde reproduziert oder deren Text abgedruckt und gewürdigt. Hier sind folgende Punkte des Übereinkommens von Bedeutung:

I 1) Die elektrische Energie wird den Triebfahrzeugen von einem im allgemeinen 6 m über Schienenoberkante liegenden Fahrdraht als Einphasenwechselstrom zugeführt, zur Rückleitung dienen die Fahrschienen.

I 2) Der quadratische Mittelwert, damit der Effektivwert der Wechselspannung zwischen Sammelschiene und Erde auf Unterspannungsseite, beträgt bei mittlerer Belastung 15 kV.

I 3) Die Frequenz ist 16 2/3 Hz.

II c) "Die Streckenausrüstung wird nach einheitlichen, im einzelnen noch festzulegenden Grundsätzen ausgeführt."

III "Abweichungen von den Vereinbarungen bei den im Bau stehenden Anlagen sollen soweit nötig beseitigt werden, sobald die Entwicklung es fordert."

Als man nach Beendigung des Ersten Weltkriegs in den meisten Ländern Europas den elektrischen Zugbetrieb auch auf Eisenbahnstrecken mit internationalem Verkehr einführte, ergab sich nach G. Naderer¹⁶ bald die Notwendigkeit, internationale Vereinbarungen für den elektrischen Zugbetrieb zu treffen, die 1927 dem geschäftsführenden Komitee der UIC zur Genehmigung vorgelegt wurden. Als bindende Vorschrift legte man die Höhe und die zulässigen Schwankungen der Spannung und der Frequenz bei Einphasenwechselstrombahnen, die Hoch- und Querlage der Fahrleitung bei Gemeinschaftsbahnhöfen und die Anordnung von Schutzstrecken beim Zusammentreffen von Fahrleitungen fest.

Nach dem eingangs zitierten Reichsbahngesetz von 1930 ist die konstruktive Durchbildung der technischen Anlagen zur elektrischen Zugförderung ausschließlich Sache der Gesellschaft. Dies gilt jedoch nur im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen, die in Deutschland seit 4.11.1904 in der "Eisenbahnbau- und Betriebsordnung" (EBO)¹⁷ zusammengefaßt sind. Obwohl in dieser ersten Ausgabe der EBO von der elektrischen Zugförderung nicht ausdrücklich gesprochen wird, untersuchte man bereits damals die Bedeutung dieser Verordnung für den elektrischen Betrieb der Eisenbahnen.¹⁸ Auf Anordnung des Reichsverkehrsministeriums mußte die DRB im Hinblick auf die damals geplante Ausdehnung der elek-

¹³ EB, 5 (1929), S. 369 ff.

¹⁴ Ga, 121 (1937), S. 145 f.

¹⁵ JdE, 7 (1956), S. 23 f.

¹⁶ EB, 4 (1928), S. 195 ff.

¹⁷ Röll (Hg.), Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, Bd. 4, Berlin und Wien ²1913, S. 40 ff.

¹⁸ EKB, 3 (1905), S. 81 ff.

trischen Zugförderung bei der Bemessung des freizuhaltenden Lichtraums für neue oder im größeren Umfang umzubauende Bauwerke auf die Möglichkeit der späteren Unterbringung der Fahrleitung in ausreichender Höhenlage Rücksicht nehmen.¹⁹ Die Lichtraumumgrenzung nimmt einen Fahrdrahtraum von 1200 mm und eine Bügelbreite von 2100 mm an.

1928 erschien die EBO in überarbeiteter Form²⁰, wobei man auch Fragen des elektrischen Zugbetriebes einbezog. H. Tetzlaff²¹ kommentiert die wenigen Bestimmungen über die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen.

Nach dem Übergang der Österreichischen Bundesbahnen auf das Reich im Jahre 1938²² drängte sich 1941 der von L. Héchler²³ dargestellte Entwurf neuer Bestimmungen für die obere Umgrenzung des lichten Raumes auf Strecken mit Oberleitung für 15 kV Fahrdrahtnennspannung auf, der vom Reichsverkehrsministerium grundsätzlich genehmigt wurde; eine diesbezügliche Änderung der EBO trat jedoch nicht in Kraft. Dieser Entwurf sah die freizuhaltenden Räume sowohl in Abhängigkeit des 1950 mm breiten "Reichsstromabnehmers" als auch des 2100 mm breiten "alten Stromabnehmers" vor.

Noch der Kommentar zur EBO von F. Besser²⁴ aus dem Jahre 1951 nennt bei der "Begrenzung für Stromabnehmer" eine Breite von 2100 mm. Erst die Neuauflage der EBO von 1967²⁵ notiert als Begrenzungsmaß für Stromabnehmer bei Oberleitung 1950 mm. U. Behmann²⁶ registriert die wichtigsten und interessantesten Veränderungen dieser Ausgabe. Eine vom selben Verfasser kommentierte erste Änderung zur EBO von 1969²⁷ betrifft den Regellichtraum für den Durchgang des Stromabnehmers von 1950 mm Breite. Wie es möglich ist, daß bereits 1954 A. Mosler²⁸ die Begrenzung für Stromabnehmer und die Umgrenzung des lichten Raumes auf Strecken mit Oberleitung für 15 kV auf den Stromabnehmer von 1950 mm Breite bezieht, wird später zu erörtern sein.

¹⁹ Organ, 78 (1923), S. 95; s. auch ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 126 f.

²⁰ F. Besser, Kommentar zur Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 17. Juli 1928, Berlin 1928.

²¹ EB, 8 (1932), S. 197 ff.

²² ZVDEV, 78 (1938), S. 245; Organ, 93 (1938), S. 144.

²³ Die Umgrenzung des lichten Raumes bei Regel- und Schmalspurbahnen, Berlin, Wien und Leipzig 1941, S. 100 ff.

²⁴ Kommentar zu den Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnungen für die Eisenbahnen des allgemeinen Verkehrs, Frankfurt ⁵1951, S. 213.

²⁵ DS 300, Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (EBO) vom 8. Mai 1967, Anlage 10.

²⁶ EB, 39 (1968), S. 43 ff.

²⁷ EB, 41 (1970), S. 69.

²⁸ DB, 28 (1954), S. 445 ff.

2.1.4. Vorschriften und Richtlinien

Nach der Zusammenstellung von H. H. Schaefer²⁹ müssen beim Bau und Unterhalt elektrotechnischer Anlagen für Bahnstrom 7 Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker - auf VDE 0115 wurde bereits in 1.1. hingewiesen - und 11 Vorschriften und Richtlinien der DB beachtet werden. Da diese Zusammenstellung jeweils aktualisiert auch in den früheren Auflagen des entsprechenden Bandes der Eisenbahn-Lehrbücherei der DB³⁰ zu finden ist, sei hier auf deren Wiedergabe verzichtet. Für die Konstruktion und den Bau von Oberleitungsanlagen ist die Druckschrift (früher Dienstvorschrift) 997 "Richtlinien für die Errichtung von Oberleitungen für 15 kV Nennspannung und Regelstromabnehmer (Oberleitungsrichtlinien)" der DB am wichtigsten. Nachfolgend sei deren Entstehungsgeschichte skizziert, nähere Einzelheiten sind den entsprechenden Abschnitten zu entnehmen.

Zunächst sei an das "Übereinkommen betreffend die Ausführung elektrischer Zugförderung" von 1912/13 (s. 2.1.3.) erinnert, das in II c) die Vereinheitlichung der Streckenausrüstung vorsieht. Wie G. Naderer³¹ darstellt, nahm man sich dieser Aufgabe erst nach dem Ersten Weltkrieg an. 1921 berief der Reichsverkehrsminister eine Kommission von Fachleuten, um die bei den verschiedenen elektrisch betriebenen Strecken gewonnenen Erfahrungen zu sammeln und im Sinne einer Vereinheitlichung zu verwerten (Fahrleitungsausschuß). Im Benehmen mit den elektrotechnischen Bauanstalten hat ein aus wenigen Fachleuten gebildeter Unterausschuß die Grundlagen einer Einheitsfahrleitung aufgestellt und diese in den "Vorschriften für die Ausführung und Festigkeitsberechnung der Wechselstrom-Fahrleitungen der Fernbahnen" zusammengefaßt, die 1924 als vorläufige Vorschriften von der Hauptverwaltung der DRB in Kraft gesetzt wurden (s. 5.1.1.). Nach neuerlicher Überarbeitung genehmigte die Hauptverwaltung der DRB diese Vorschriften endgültig³² unter dem Titel "Vorschriften über die Ausführung und die Festigkeitsberechnung der Fahrleitungen für Wechselstrom-Fernbahnen" gültig vom 1.03.1926 ab³³ (s. 5.1.2.), A. Schieb³⁴ erläutert diese ausführlich. Neben allgemeinen Vorschriften über die Ausführung legen diese die Baustoffe des Kettenwerks fest.

²⁹ Elektrotechnische Anlagen für Bahnstrom, Heidelberg und Mainz 1981, S. 351 f.

³⁰ Bd. 183, Einrichtungen für elektrische Zugförderung, Starnberg ¹1956, S. 260 f.; Bd. 125, Ortsfeste Anlagen der elektrischen Zugförderung, Starnberg ²1967, S. 289; Bd. 125, Ortsfeste Anlagen der elektrischen Zugförderung, Starnberg ³1975, S. 329 f.

³¹ Organ, 79 (1924), S. 197 ff.

³² Organ, 81 (1926), S. 293.

³³ EB, 2 (1926), S. 50 ff.

³⁴ EB, 2 (1926), S. 57 ff.

Die beträchtliche Ausdehnung des elektrischen Zugbetriebes in den Folgejahren mit den sich daraus ergebenden Betriebserfahrungen auf breiter Grundlage erforderten eine völlige Überarbeitung, dies auch im Hinblick auf die Normung aller Teile der Oberleitung. Die systematisch aufgebaute "Dienstvorschrift für die Ausführung und die Festigkeitsberechnung der Fahrleitungen für Wechselstrombahnen für 15 kV Nennspannung (Fahrleivo)" gültig vom 15.05.1931 ab (s. 6.1.) stellt W. Usbeck³⁵ vor und kommentiert sie.

Nach dem Zweiten Weltkrieg erarbeitete das RZA München 1950 auf völlig neuer Grundlage einen Entwurf³⁶ (s. 11.1.1.), der mit jeweils unterschiedlichen Titeln³⁷ mehrfach überarbeitet wurde und von 1953 an als DV 997 unter der Abkürzung "Fahrleitungsrichtlinien" (s. 11.2.) verbindlich wird. Diese Richtlinien haben auf der Grundlage der Zeichnungen der Regelfahrleitung 1950 der DB mehrfach berichtet über 30 Jahre lang die Elektrifizierung bzw. den Umbau von über 10 000 km Streckenlänge bestimmt.

2.1.5. Klassifizierung von Zeichnungen

Da aus der Zeit vor 1931 nur sehr wenige Zeichnungen erhalten sind, die sowohl die ursprüngliche Nummer als auch das Zeichnungsdatum aufweisen, sind über die Klassifizierung dieser Zeichnungen kaum Aussagen möglich. Es steht lediglich fest, daß die DRB für die im Zusammenhang mit der Fahrleitungsvorschrift 1926 ab diesem Jahr erstellten Zeichnungen vier- oder fünfstelligen Nummern ohne Buchstaben verwendete.

Nach W. Usbeck³⁸ begann das RZA München im Jahre 1931, für eine große Anzahl von Bauteilen der Fahrleitung Werknormen festzusetzen, die für die Ausführung der Fahrleitung maßgebend sind. Bei der Neuordnung der Zeichnungsklassifizierung setzte man vor die laufende ein- bis fünfstelligen Nummer eine kennzeichnende Buchstabengruppe:

³⁵ EB, 9 (1933), S. 49 ff.

³⁶ Richtlinien für Berechnung, Konstruktion, Planung und Bau von Fahrleitungen mit 15 kV-Einphasenwechselstrom 16 2/3 Hz (Fahrleiri) gültig ab April 1950, München 1950.

³⁷ 897b, Richtlinien für die Errichtung von Fahrleitungen für 15 kV und 25 kV Nennspannung und Regelstromabnehmer (Fahrleitungs-Richtlinien) gültig vom 1. Februar 1953 an, München 1953. 897a, Richtlinien für die Errichtung von Fahrleitungen für 15 kV Nennspannung (Fahrleitungs-Richtlinien) gültig vom 1. Mai 1953 an, München 1953. DV 997, Richtlinien für die Errichtung von Fahrleitungen für 15 kV Nennspannung und Regelstromabnehmer (Fahrleitungsrichtlinien) gültig vom 1. Juli 1953 an, München 1953.

³⁸ EB, 9 (1933), S. 49.

- Ezs: Elektrische Zugförderung Streckenausrüstung
- EzsN: Elektrische Zugförderung Streckenausrüstung Norm
- Ezsv: Elektrische Zugförderung Streckenausrüstung
Versuch

Versuch umfaßt hier den weiten Bereich von Lichtraumprofil über systematische Untersuchungen, Prüfvorrichtungen und Prototypen zu Meßfahrten. Beispielsweise notiert ein 1947 erschienenes Zeichnungs-Verzeichnis³⁹ 1762 Ezs-, 472 EzsN- und 388 Ezsv-Zeichnungen; eine im selben Jahr herausgegebene Handausgabe⁴⁰ enthält 140 Ezs-, 194 EzsN- und 2 Ezsv-Zeichnungen.

Im Jahre 1970 stellte das BZA München das Zeichnungswesen der Fahr- und Bahnstromleitungen auf die Dezimalklassifikation um. Beispielsweise wurde aus der bisherigen Zeichnung Ezs 3059 "Verankerung an Brücken" neu die Zeichnung 3 Ebs 12.01.06. Ebs steht für "Elektrische Bahnen Streckenausrüstung".

2.2. Entwicklung der Höchstgeschwindigkeit

Die EBO vom 1.05.1905 erhöht auf Hauptbahnen für Personenzüge mit durchgehender Bremse die größte zulässige Fahrgeschwindigkeit von bislang 80 auf 100 km/h, wobei jedoch die Landesaufsichtsbehörde unter besonders günstigen Bedingungen höhere Geschwindigkeiten zulassen kann. Nach der ab 1.01.1913 gültigen Änderung der EBO legt der Gesetzgeber diese in der Waagerechten auf 115 km/h fest.⁴¹

Die Neuausgabe der EBO vom 17.07.1928 schreibt für Personenzüge mit durchgehender Bremse weiterhin eine größte zulässige Geschwindigkeit von 100 km/h vor. Unter besonders günstigen Verhältnissen kann die Aufsichtsbehörde Geschwindigkeiten bis zu 120 km/h zulassen.⁴² Mit Genehmigung des Reichsverkehrsministers durften Schnelltriebwagen ab 1933 160 km/h erreichen,⁴³ später auch mit Dampflok bespannte Züge rascher als 120 km/h verkehren, wie Th. Düring⁴⁴ belegt.

1940 setzt eine Änderung der EBO die zulässige Geschwindigkeit der Reisezüge bei Hauptbahnen auf 135 km/h herauf.

³⁹ Zeichnungs-Verzeichnis der 15 kV-Wechselstrom-Fahrleitung Ausgabe Juni 1947, München 1947.

⁴⁰ 15 kV-Wechselstrom-Fahrleitung. Zusammenstellung der Zeichnungen, München o. J. (Die zuletzt aufgenommene Zeichnung Ezs 965 nennt als Ausgabedatum März 1947.)

⁴¹ ZVDEV, 53 (1913), S. 1446.

⁴² F. Besser, Kommentar zur Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 17. Juli 1928, Berlin 1928, S. 158.

⁴³ ZVDEV, 73 (1933), S. 33 ff., 421 ff.

⁴⁴ Die deutschen Schnellzug-Dampflokomotiven der Einheitsbauart, Stuttgart 1979, S. 170, 289 f.

Bei größeren Geschwindigkeiten als 120 km/h müssen aber selbsttätige Vorrichtungen zum Anhalten der Züge beim Überfahren eines Haltesignals vorhanden sein.⁴⁵ Tatsächlich vermindert man beim ersten Fahrplanwechsel im Zweiten Weltkrieg die Höchstgeschwindigkeit der Reisezüge auf 90 km/h, 1943 weiter auf 85 km/h.⁴⁶

Nach dem Zweiten Weltkrieg fuhr man bei unverändert gültiger EBO höchstens mit 120 km/h. Eine ab 1.09.1957 gültige Änderung der EBO gestattet für Reisezüge mit durchgehender Bremse 140 km/h; diese Höchstgeschwindigkeit fuhr man im Folgejahr mit TEE- und F-Zügen, ab 1960 allgemein mit Schnellzügen.

Von 1962 an durfte mit Genehmigung des Bundesverkehrsministers das Zugpaar F 10/9 "Rheingold" mit 160 km/h verkehren,⁴⁷ im folgenden Jahr auch das Zugpaar F 22/21 "Rheinpfeil". 1965 genehmigte der Bundesverkehrsminister für die während der Internationalen Verkehrsausstellung in München verkehrenden Schnellfahrten nach Augsburg eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h.⁴⁸

Die ab 28.05.1967 gültige Neuausgabe der EBO⁴⁹ gestattet für durchgehend gebremste Züge eine zulässige Geschwindigkeit von 160 km/h, "wenn Strecke und führende Fahrzeuge mit Zugbeeinflussung ausgerüstet sind und diese wirksam ist." 1968 führte man diese bei den meisten TEE-, F- und einzelnen D-Zügen ein.⁵⁰ Von 1977 an durfte mit Genehmigung des Bundesverkehrsministers zwischen München und Augsburg wieder mit 200 km/h gefahren werden, sofern bestimmte Schnellfahrtrichtlinien eingehalten werden.⁵¹ Seither baut die DB systematisch geeignete Abschnitte von Hauptabfuhrstrecken des EC/IC-Netzes für diese Geschwindigkeit aus.

2.3. Stromabnehmer-Bauarten

K. Sachs⁵² stellt fest: "Unter Stromabnehmer versteht man jenen Bestandteil der elektrischen Ausrüstung, mit dem das Triebfahrzeug als mobiler Verbraucher in dauernder leitender Verbindung mit der Stromzuführungsanlage steht und da-

⁴⁵ F. Besser, Kommentar zu den Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnungen für die Eisenbahnen des allgemeinen Verkehrs, Frankfurt ⁵1951, S. 179.

⁴⁶ E. Kreidler, Die Eisenbahnen im Machtbereich der Achsenmächte während des Zweiten Weltkrieges, Göttingen 1975, S. 247.

⁴⁷ ETR, 12 (1963), S. 1 ff.

⁴⁸ JdE, 20 (1969), S. 150 f.

⁴⁹ H. J. Finger, Eisenbahngesetze, München ⁶1970, S. 362.

⁵⁰ DB, 42 (1968), S. 890.

⁵¹ ETR, 26 (1977), S. 828.

⁵² Elektrische Triebfahrzeuge, Bd. 2, Wien ²1973, S. 1.

mit aus dieser die elektrische Energie zugeführt bekommt." Wenn das Autorenkollektiv unter A. Meinel⁵³ aussagt: "Der Stromabnehmer ist so gestaltet, daß auch bei hohen Geschwindigkeiten die elektrische Energie dem Triebfahrzeug störungsfrei zugeführt wird", so ist dies ein Idealzustand. Realistischer sieht es E. E. Seefehlner⁵⁴: "Die Zuverlässigkeit des elektrischen Betriebes ist letzten Endes die Frage der klaglosen Arbeitsweise des Stromabnehmers, der solcherart zu einem Behelf besonderer Tragweite wird. Es kann auch füglich behauptet werden, daß die allgemeine Einführung des elektrischen Betriebes einwandfreie Stromabnehmerbauarten zur Voraussetzung hat."

Die früheren Staatsbahnverwaltungen in Deutschland beschafften nicht nur Stromabnehmer verschiedener Bauarten, selbst deren Abmessungen waren sehr unterschiedlich. Deutlich sieht man dies an der Bügelbreite als einem besonders charakteristischen Maß eines jeden Stromabnehmers.

Die AEG-Stromabnehmerbügel für die Triebwagen der Hamburger Vorortbahn waren 1900 mm breit, jene von SSW 1700 mm.⁵⁵ Von den für die Strecke Dessau - Bitterfeld bestimmten Elektrolokomotiven hatte die EG 506 einen 1500 mm breiten Stromabnehmer⁵⁶, die ES 1⁵⁷ und die EG 511⁵⁸ dagegen solche von 2400 mm Breite. Der für das schlesische Netz bestimmte dreiteilige Wechselstrom-Triebwagen hatte eine Bügelbreite von 2000 mm⁵⁹, die für die gleichen Strecken 10 Jahre später gelieferte Lokomotive EP 213 dagegen 2100 mm⁶⁰. Dazu wird ein und dasselbe Triebfahrzeug in der Literatur mit unterschiedlichen Stromabnehmern abgebildet, so die badische Elektrolokomotive A 1 einerseits mit einem etwa 2150 mm breiten Stromabnehmer⁶¹, andererseits mit einem solchen von 1800 mm Breite⁶². W. Usbeck⁶³ stellt fest, daß im schlesischen Netz wegen zahlreicher Bügelentgleisungen bei heftigen Stürmen die Stromabnehmerbreite von ursprünglich 2000 mm auf 2400 mm vergrößert wurde, wobei letzteres Maß jedoch mit der Inbetriebnahme von Tunnelstrecken nicht beibehalten werden konnte. Damit sind Aussagen über Stromabnehmer vor der Bildung der Reichsbahn kaum möglich.

⁵³ Elektrifizierung A-Z, Berlin 1981, S. 121.

⁵⁴ Elektrische Zugförderung, Berlin 1922, S. 329.

⁵⁵ EKB, 5 (1907), S. 242 f.

⁵⁶ EKB, 8 (1910), S. 284, Fig. 266.

⁵⁷ EKB, 8 (1910), S. 507, Fig. 535.

⁵⁸ H. Grünholz, Elektrische Vollbahnlokomotiven, Berlin 1930, Tafel I.

⁵⁹ EKB, 13 (1915), S. 97.

⁶⁰ H. Grünholz, Elektrische Vollbahnlokomotiven, Berlin 1930, Tafel III.

⁶¹ EKB, 10 (1912), S. 493, Fig. 542.

⁶² ETZ, 32 (1911), S. 906, Abb. 34.

⁶³ EB, 1 (1925), S. 38.

Um einen raschen Überblick über die Stromabnehmer-Bauarten der DRB und der DB zu ermöglichen, sei hier entsprechend den Ausgabedaten von Merkbüchern elektrischer Triebfahrzeuge⁶⁴ für die Jahre 1941 und 1977 dargestellt, welche Baureihen in den genannten Jahren mit bestimmten Stromabnehmer-Bauarten ausgerüstet waren; eigene Beobachtungen ergänzen die amtlichen Angaben. Da bestimmte Bauarten austauschbar sind (HISE, SBS 38 und SBS 39; DBS 54 und SBS 65; SBS 9 und SBS 10, sofern die Dachhöhe über S. O. genügt), können Triebfahrzeuge einer bestimmten Baureihe mit unterschiedlichen Stromabnehmer-Bauarten ausgerüstet sein. Da die einzelnen Stromabnehmer-Bauarten nachstehend nur in ihren konstruktiven Merkmalen, nicht dagegen in ihren Abmessungen dargestellt werden können, ist in Tabelle 1/1 eine Übersicht über Kennmaße von Stromabnehmerwippen und charakteristischen Quotientwerten beigelegt.

SBS 9

1941: E 06, E 15, E 16, E 17, E 21, E 32, E 36, E 42.2,
 E 50, E 52, E 62, E 70, E 71, E 73, E 77, E 90,
 E 91, E 92, E 95; ET 25, ET 31, ET 41, ET 55, ET 82,
 ET 88, ET 89.
 1977: 117, 160.

Diesen von SSW entwickelten Einheits-Scherenstromabnehmer der DRB beschreiben H. Arns⁶⁵, H. Grünholz⁶⁶ und W. Kleinow⁶⁷ ausführlich. Das Untergestell der Schere ruht auf querliegenden Doppelglocken-Isolatoren, der 2100 mm breite Bügel trägt ein Aluminium-Schleifstück von 1300 mm Länge. Unter anderem rüstete die DRB auch die 1936/37 in Betrieb genommenen Triebzüge e1T 1301 bis 1313 (später ET 31) mit dieser Stromabnehmer-Bauart aus.⁶⁸ Bereits am 1.04. 1937 erteilte das RZA München dem ElVersA den Auftrag, den Stromabnehmerlauf dieser Triebwagen bei 120 km/h zwischen Donauwörth und Augsburg zu untersuchen. Der Bericht⁶⁹ notiert: "Bei starkem Gegenwind ist ein einwandfreier Betrieb weder mit 1 noch mit 2 Stromabnehmern gewährleistet, da dann die Einheitsstromabnehmer beim Abspringen niedergedrückt werden und erst bei niedrigeren Geschwindigkeiten wieder hochgehen." Messungen von Bügeldrücken am ET 31 002

⁶⁴ DV 939c. Merkbuch für die Fahrzeuge der Reichsbahn. III. Elektrische Lokomotiven, Elektrische Trieb-, Steuer- und Beiwagen. Ausgabe 1941. DV 939 B. Merkbuch für die Schienenfahrzeuge der Deutschen Bundesbahn - Elektrische Triebfahrzeuge einschl. zugehörige Steuer- und Mittelwagen - Gültig vom 1. März 1977 an.

⁶⁵ EB, 3 (1927), S. 105 ff.

⁶⁶ Elektrische Vollbahnlokomotiven, Berlin 1930, S. 117 f.

⁶⁷ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 209 f.

⁶⁸ EB, 14 (1938), S. 64.

⁶⁹ ElVersA-Bericht B 129/1937 aufgestellt am 27.04.1937.

Tabelle 1/1:

Übersicht über Kennmaße von Stromabnehmerwippen von DRB, DB und DR sowie BBÖ und ÖBB

siehe EB, 17 (1941), Eh. S. 71.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	---	>1911	A1	2400	1300	±600	0,54	1,08	2,00
2	DRB	<1926	A1	2100	1300	±600	0,62	1,08	1,75
3a	DRB	<1936	A1	2100	1300	±500	0,62	1,30	2,10
3b	DRB	>1936	C	2100	1400	±500	0,67	1,40	2,10
4a	BBÖ	<1933	A1	1746	1200	±450	0,69	1,33	1,94
4b	BBÖ	>1933	A1	1746	1200	±400	0,69	1,50	2,18
5a	DRB	>1940	C	1950	1300	±500	0,67	1,30	1,95
5b	DRB	>1940	C	1950	1300	±400	0,67	1,63	2,44
6	ÖBB	>1950	C	1950	1000	±400	0,51	1,25	2,44
7a	DB	>1956	C	1950	1030	±500	0,53	1,03	1,95
7b	DB	>1956	C	1950	1030	±400	0,53	1,29	2,44
7c	DB	>1987	C	1950	1030	±300	0,53	1,72	3,25
8	DR	>1961	C	1950	1100	±400	0,56	1,38	2,44

Bezeichnung der Spalten:

- (1) Ordnungsnummer
- (2) Eisenbahnverwaltung
- (3) im Einsatz seit bzw. bis
- (4) Schleifstückmaterial
- (5) Bügelbreite e in mm
- (6) Schleifstücklänge f in mm
- (7) Fahrdratzickzack b in mm
- (8) Verhältnis $f : e$
- (9) Verhältnis $\frac{1}{2}f : |b|$
- (10) Verhältnis $\frac{1}{2}e : |b|$

am 4.12.1941 ergaben in einem weiteren Bericht⁷⁰, daß sich z 13.7.1./2 der Stromabnehmer SBS 9 bei 120 km/h schlecht verhält.

SBS 11

1941: E 06.1, E 75; ET 85.

Bei dem Umbau von vier älteren Dampftriebwagen in elektrische Triebwagen für die Gruppenverwaltung Bayern der DRB im Jahre 1924 mußten wegen der gegebenen Dachhöhe über S. O. Stromabnehmer mit gegenüber dem SBS 9 um 100 mm geringerer Bauhöhe vorgeschrieben werden.⁷¹ Im Unterschied zum SBS 10 sind sowohl die Scherenoberteile als auch die Scherenunterteile H-förmig ausgebildet. Um den Maschinenraum für die Unterbringung vieler Schalteinrichtungen besonders über dem Transformator höher als bisher ausbilden zu können, schrieb man den SBS 11 mit querliegenden Rillenisolatoren auch bei den Baureihen E 06.1⁷² und E 75⁷³ vor.

SBS 10

Z 2.3./3

1941: E 04, E 05, E 44, E 75, E 93; ET 51, ET 65.
1977: 117, 144, 160, 163, 169, 193; 465.

1928 führte man den Stromabnehmer niedriger Bauart mit Rillenisolatoren und den Anschlußmaßen des SBS 9 unter der Bezeichnung SBS 10 allgemein ein. In der Literatur heißt es beispielsweise beim ET 65 hierzu lediglich: "Die Stromabnehmer nach Einheitsbauart der Reichsbahn mit Rillenisolatoren und niedriger Bauart entsprechen der Regelausführung."⁷⁴

HISE

1941: E 04, E 18; ET 11, ET 51, ET 55, ET 65, ET 91.

Nach den Erfahrungen mit dem bisherigen Einheitsstromabnehmer stellte die DRB die Aufgabe, für besonders schnell fahrende elektrische Lokomotiven und Triebwagen einen Stromabnehmer geringer Trägheit und niedrigem Luftwiderstand zu konstruieren, der auch bei hohen Geschwindigkeiten seitlich nicht schwanken sollte. Das Ergebnis war der von E. Sieg⁷⁵ beschriebene Stromabnehmer der AEG mit einer Oberschere aus Leichtmetall und längs liegenden Isolatoren, der vor allem für die ab 1935 gelieferte E 18 bestimmt war.⁷⁶

⁷⁰ ElVersA-Bericht F 24 V/1941 aufgestellt am 12.12.1941.

⁷¹ EB, 3 (1927), S. 166.

⁷² EB, 4 (1928), S. 269 f.

⁷³ EB, 6 (1930), S. 310.

⁷⁴ EB, 9 (1933), S. 169.

⁷⁵ EB, 10 (1934), S. 188 ff.

⁷⁶ EB, 12 (1936), S. 136.

Bei Versuchsfahrten zeigte sich der HISE-Stromabnehmer dem bisherigen Einheitsstromabnehmer deutlich überlegen⁷⁷; L. Hausmann⁷⁸ berichtet, daß am 21.09.1936 eine damit ausgerüstete E 18 auf der Strecke Halle (S) - Magdeburg eine Versuchsfahrleitung mit 186 km/h befahren konnte, dies ohne nennenswerte Flammenbildung. Die Elektrolokomotiven der Höllentalbahn erhielten HISE-Stromabnehmer mit einer Wippenbreite von 1300 mm anstelle von normal 2100 mm.⁷⁹

Die weitere Entwicklung der Stromabnehmer bei der DRB bestimmten zwei zunächst voneinander unabhängige Vorgaben: einerseits die Bekämpfung von Funkempfangsstörungen durch elektrische Bahnen, andererseits der Anschluß Österreichs als Ostmark an das Deutsche Reich.

Nach M. Knörnschild⁸⁰ gründete man zur Bekämpfung der starken Funkempfangsstörungen durch elektrischen Bahnbetrieb im Jahre 1933 eine Arbeitsgemeinschaft zwischen Reichspost und Reichsbahn; vom Jahre 1934 an nahm das RZA München an den Entwicklungsarbeiten zur Funk-Entstörung besonders regen Anteil. Ein eigenes Laboratorium und ein Meßwagen dienten der wissenschaftlichen Untersuchung aller einschlägigen Fragen. B. Wachsmuth⁸¹ berichtet von eingehenden Versuchen auf der Wiesentalbahn, wo festgestellt wurde, daß zur Behebung oder wenigstens sehr weitgehenden Herabminderung der besonders von den Stromabnehmern ausgehenden Störungen am besten Kohleschleifstücke geeignet sind, besonders dann, wenn sie mit einer größeren Breite am Fahrdrabt anliegen als dies bei den Aluminiumschleifstücken der Fall ist.

A. Mosler⁸² wägt die Vorzüge und Nachteile von Kohle gegenüber Aluminiumschleifstücken ab: Sie glätten die Lauffläche des Fahrdrabts spiegelblank und verursachen eine geringe Abnutzung des Fahrdrabtes. Bei den damaligen Streckenbelastungen erreichte man die zugelassene Abnutzung des Fahrdrabtes von 20 % des vollen Querschnitts erst nach 30 bis 40 Jahren, damit nach zwei- bis dreimal so langer Zeit als bei Verwendung von Aluminiumschleifstücken. Als Nachteile des Kohleschleifstücks werden geringe mechanische Festigkeit und geringe Widerstandskraft gegen Bruch, Biegung und Schlag sowie das hohe Gewicht der damaligen Ausführung genannt.

Nachdem zunächst sämtliche Triebwagen der Hamburger Stadt- und Vorortbahn erfolgreich mit Kohleschleifstücken ausgerüstet worden waren, bestückte die DRB nach W. Wech-

⁷⁷ ElVersA-Bericht F 24 V/1941 aufgestellt am 12.12.1941.

⁷⁸ EI, 11 (1960), S. 300.

⁷⁹ EB, 13 (1937), S. 58.

⁸⁰ EB, 23 (1952), S. 50.

⁸¹ EB, 10 (1934), S. 184.

⁸² EI, 5 (1954), S. 36.

mann⁸³ im Jahre 1935 die Stromabnehmer der Stuttgarter Triebwagen und vieler in Süddeutschland laufender Ferntriebwagen mit Kohleschleifstücken, ebenso die elektrischen Triebfahrzeuge der Wiesentalbahn; hierbei zeigte sich deren Eignung bis 90 km/h. Um deren Verhalten bei höheren Geschwindigkeiten erproben zu können, rüstete die DRB im Jahre 1936 sämtliche elektrischen Triebfahrzeuge des schlesischen Netzes mit Kohleschleifstücken aus. W. Kleinow, O. Michel und W. Steinbauer⁸⁴ führen über die Messung der Störspannungen im schlesischen Netz aus, daß sich dort im Jahre 1935 bei Verwendung von Aluminium-Schleifstücken noch ein Mittelwert von 2900 mV ergab, 1936 sank diese auf 300 mV und 1937 auf 44 mV ab. Nach denselben Autoren stellte man im Laufe des Jahres 1940 noch das mitteldeutsche Netz, unmittelbar anschließend das süddeutsche einschließlich dem früheren österreichischen Netz auf Betrieb mit Kohleschleifstücken um. Die von 1936 an mit 20 kV 50 Hz elektrisch betriebene Höllental- und Dreiseenbahn befuhr man von Anfang an mit Kohleschleifstücken⁸⁵.

Im Zusammenhang mit der Ablieferung der hundertsten Lokomotive der Reihe E 44 im Oktober 1939 stellt O. Michel⁸⁶ fest: "Neuere Lokomotiven werden von Anfang an mit Kohleschleifstücken ausgerüstet, deren Wippe zunächst noch eine Gesamtbreite von 2100 mm aufweist, die aber in Kürze, um auch die Ostmarkstrecken befahren zu können, eine Breite von 1950 mm erhalten wird." Damit ist die Einführung des "Reichsstromabnehmers" angesprochen.

Abgesehen von dem vertraglich festgelegten Durchlauf österreichischer Elektrotriebfahrzeuge von Innsbruck über deutsches Staatsgebiet nach Reutte in Tirol, kam es bereits vor dem Anschluß Österreichs an das Reich zum Einsatz deutscher Elektrotriebwagen nach Österreich. E. Trübenbach⁸⁷ legt dar, daß bei den beiden 1935 gelieferten Wechselstrom-Aussichtstriebwagen später der eine der beiden 2100 mm HISE-Stromabnehmer "durch einen Stromabnehmer der alten Einheitsbauart mit nur 1950 mm" ersetzt wurde. Einerseits gab es im Jahre 1937 keine alten Einheitsstromabnehmer dieser Breite, andererseits dokumentieren erhalten gebliebene Fotos der Vorkriegszeit, daß dieser Stromabnehmer das österreichische Breitenmaß von 1746 mm gehabt haben muß.

Bald nach dem Übergang der BBÖ auf das Reich am 18.03.1938⁸⁸ verglich das RZA München systematisch die Abmessun-

⁸³ EB, 12 (1936), S. 33.

⁸⁴ EB, 17 (1941), Eh. S. 107.

⁸⁵ EB, 13 (1937), S. 58.

⁸⁶ EB, 16 (1940), S. 84 f.

⁸⁷ EB, 13 (1937), S. 279.

⁸⁸ ZVDEV, 78 (1938), S. 245.

Z 2.3./1

gen der Stromabnehmer⁸⁹, um einen Triebfahrzeugdurchlauf über die ehemaligen deutsch-österreichischen Grenzen zu ermöglichen. Da dieser zunächst besonders zwischen München und Innsbruck über Kufstein erwünscht war, konnten nach einer Untersuchung des Lichtraumprofils im Rattenberg-Tunnel⁹⁰ unter besonderen Bedingungen DRB-Lokomotiven mit 2100 mm breitem Stromabnehmer nach Innsbruck durchlaufen. Nach nicht veröffentlichten Aufzeichnungen von O. Janusz führte am 3.04.1939 die Lokomotive E 16 20 den ersten Teil des doppelt geführten Zuges D 67 von München nach Innsbruck.

Auf dem Dezernenten-Treffen 1942 beschreibt A. Mosler⁹¹ die Entwicklung des Reichsstromabnehmers: "Der 2100 mm breite Stromabnehmer des Altreichs konnte nicht durch die Tunnels der Ostmark fahren. Eine Erweiterung der Tunnelprofile kam wegen der hohen Kosten nicht infrage; sie hätte auch viel zu viel Zeit in Anspruch genommen. Der schmale Bügel der BBÖ konnte im Altreich nicht im Dauerbetrieb fahren, weil auf vielen Strecken Bügelentgleisungen zu befürchten waren. Das RZA München konstruierte also einen neuen, den sogenannten Reichsstromabnehmer, der nur kleine Änderungen der Tunnels und der Fahrleitung erforderte. Zusammen mit dem Reichsbügel wurde gleichzeitig das Kohleschleifstück eingeführt ..." W. Wechmann⁹² betont, daß sich die Anlaufstücke des 1950 mm breiten Reichsstromabnehmers den Abmessungen der österreichischen Bauart anpassen und dieser nach geringfügigen Ausweitungen einiger Tunnels auf allen Strecken der ehemaligen BBÖ verwendet werden kann. "Umgekehrt wird der Zickzack des Altreich-Fahrdrahtes voraussichtlich auf 400 mm zurückgenommen werden müssen." Hierauf wird in 8.3. näher eingegangen.

Während die Stromabnehmer der DRB in wenigen Jahren von Aluminium- auf Kohleschleifstücke umgestellt worden waren, dauerte der Umbau von 2100 mm auf 1950 mm Bügelbreite erheblich länger; dies vor allem deshalb, weil im vorhandenen elektrifizierten Streckennetz Süddeutschlands nach der Abtrennung des österreichischen Streckennetzes und bei den ersten Neuelektrifizierungen von 1949 an hierzu keine Notwendigkeit bestand. Erst der Entwurf der Fahrleitungsrichtlinien von 1950 mit der "Oberen Umgrenzung des lichten Raumes ... für Stromabnehmer mit einer Breite von

⁸⁹ Zeichnung Ezsv 89 Ausgabe Juni 38, Schleifbügel des ÖBB-Stromabnehmers nach Zeichnung 58 905 und Schleifbügel des DR-Stromabnehmers nach Zeichnung E 45 (E18).

⁹⁰ Zeichnung Ezsv 91 Ausgabe Juni 38, Rattenberg-Tunnel: Lichtraumprofil in der Geraden für DR-Stromabnehmer (2100 mm breit) bei 200 mm Abstand gegen Erde und bes. Unterhaltungsaufsicht.

⁹¹ Vorträge bei den Unterrichtskursen mit Erfahrungsaustausch über Konstruktion, Bau und Betrieb von Fahrleitungsanlagen. Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 52.

⁹² EB, 15 (1939), S. 7.

1950 mm" und die Elektrifizierung von Strecken mit Tunnels z 2.3./2 entsprechend diesen Richtlinien führten um 1950 zum Umbau der restlichen breiteren Stromabnehmer. Zahlreiche Fotos belegen, daß bis zu diesem Zeitpunkt insbesondere elektrische Triebwagen mit 2100 mm breiten Stromabnehmern gefahren sind. Etwa gleichzeitig tauschte die Eisenbahndirektion Karlsruhe die 1300 mm breiten HISE-Stromabnehmer der Höllentalbahn-Versuchslokomotiven gegen SBS 38, später SBS 39, von 1950 mm Breite.

SBS 38

1941: E 94

Theoretische Überlegungen über die Dynamik des Stromabnehmers von J. Beier⁹³ hatten die Überlegenheit des Stromabnehmers mit senkrecht gefedertem Schleifstück gegenüber der Wippe gezeigt. Nach W. Kleinow, O. Michel und W. Steinbauer⁹⁴ verwendete man zudem Doppel-Kohleschleifstücke, um die bei Einfach-Kohleschleifstücken auftretende Gefahr des Herabbrennens des Fahrdrabtes bei Kurzschlüssen zu vermindern; von einem etwa beabsichtigten Einbügelbetrieb ist in diesem Zusammenhang in der Literatur nicht die Rede.

Anscheinend kam es bereits kurz nach der Inbetriebnahme der ersten Lokomotiven der Baureihe E 94 mit dem schweren Doppel-Kohleschleifstück zu Schwierigkeiten, da Mitte November 1940 zwischen Bamberg und Lichtenfels mit der E 94 015 Meßfahrten zur Ermittlung der Bügeldrücke mit Einfach- und Doppel-Kohleschleifstücken stattfanden.⁹⁵ Notiert die DV 939c Ausgabe 1941 der DRB bei der E 94 noch "SBS 38 mit Einfach- oder Doppelkohleschleifstück", so zeigen veröffentlichte Fotos, daß schon früh alle E 94 auf Einfach-Kohleschleifstück umgerüstet wurden. Die im süddeutschen Netz beheimateten Lokomotiven hatten eine Bügelbreite von 1950 mm, jene nördlich Nürnberg stationierten eine solche von 2100 mm; von der RBD Breslau ist nur ein Foto bekannt, das die E 94 073 mit 1950 mm breiten Stromabnehmern unter der im Zickzack von ±500 mm verlegten Fahrleitung zeigt.

Nach H. Schaaff⁹⁶ lieferte die Industrie nach 1945 zunächst nur Stromabnehmer SBS 38. Damit war zwar eine gute Stromabnahme bei einer raschen Anpassung an die wechselnde Fahrdrabthöhe gewährleistet, dagegen wirkte sich die tangentiale Beanspruchung insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten auf die Kohleschleifleisten nachteilig aus. Deshalb rüstete man die 1952/53 abgelieferten Probelokomotiven der Reihe E 10.0 mit dem Stromabnehmer SBS 39 mit

⁹³ EB, 9 (1933), S. 18 ff., 40 ff.

⁹⁴ EB, 17 (1941), Eh. S. 107.

⁹⁵ ElVersA-Bericht B 40/1940 aufgestellt am 30.11.1940.

⁹⁶ EB, 24 (1953), S. 251.

Pendelwippe aus und baute die vorhandenen SBS 38 auf Pendelwippe um.

Z 2.3./3 SBS 39

1941: E 44.

1977: 144, 145, 169, 194.

Dieser etwa gleichzeitig mit dem SBS 38 entstandene Stromabnehmer hat den gleichen Rahmen mit längs liegenden Rillenisolatoren und die gleiche stabile Schere, jedoch anstelle des senkrecht gefederten Schleifstücks eine Pendelwippe mit einem Einfach-Kohleschleifstück von 1950 mm oder 2100 mm Breite, je nachdem, ob die Triebfahrzeuge für Bahnbetriebswerke in Süddeutschland oder in Mitteldeutschland bzw. Schlesien bestimmt waren. Allein K. Sachs⁹⁷ geht auf diesen bei der DB in großer Stückzahl vorhanden gewesenen Stromabnehmer näher ein.

Untersuchungen des ORE⁹⁸ zeigten eindeutig, daß der SBS 39 für hohe Geschwindigkeiten nicht geeignet ist. Beträgt die gemessene Anpreßkraft zwischen Schleifstück und Fahrdrabt bei 100 km/h noch 55 N, so sinkt diese bei 120 km/h auf 40 N und über 150 km/h auf 0 N herab: "Die Wippe berührt den Fahrdrabt praktisch nicht mehr, der Stromabnehmer schwebt." Deshalb drängte sich eine für höhere Geschwindigkeiten geeignete Neukonstruktion auf.

Z 2.3./4 DBS 54

1977: 110, 111, 112, 117, 119, 139, 140, 141, 144, 150, 151; 426, 427, 430, 455, 465, 491.

Der für die elektrischen Einheitslokomotiven der DB entwickelte Doppelschleifstück-Bahn-Stromabnehmer Bauart 1954 sollte auch bei hohen Geschwindigkeiten die Fahrt mit nur einem angehobenen Stromabnehmer ermöglichen. Der Ansatz zu dieser Neuentwicklung ist Anfang der vierziger Jahre zu suchen: Im Sinne der Politik der "Achse" Berlin - Rom vertiefte auch die DRB ihre Beziehungen zu den FS, wie verschiedene Aufsätze⁹⁹ bezeugen. H. Nibler¹⁰⁰ berichtet von Meßfahrten mit 155 km/h, die nach im Zeichnungsverzeichnis 1947 aufgeführten Zeichnungen¹⁰¹ vermutlich zwischen Parma und Piacenza stattgefunden haben. Hierbei war die Anzahl der Kontaktunterbrechungen bei Fahrt mit einem angehobenen Stromabnehmer deutlich geringer als bei Fahrt mit zweien.

⁹⁷ Elektrische Triebfahrzeuge, Bd. 2, Frauenfeld ¹1953, S. 28 f.

⁹⁸ UIC/ORE, Frage A 3, Verhalten der Stromabnehmer und der Fahrleitung bei hohen Geschwindigkeiten, Utrecht 1957, Anlage 34.

⁹⁹ EB, 16 (1940), S. 33 ff.; VW, 36 (1942), S. 322 ff.

¹⁰⁰ GA, 74 (1950), S. 4 f.

¹⁰¹ Zeichnungen Ezsv 300/1...12 Ausgabe Nov. 41.

1941 zeigten Meßfahrten des ElVersA zwischen Niemberg und Stumsdorf mit 150 bis 160 km/h, "daß auch die Fahrt mit nur einem Stromabnehmer am Fahrdraht, guter Anpreßdruck vorausgesetzt, durchaus befriedigend ist."¹⁰² Im Jahre 1954 zeigten verschiedene Meßfahrten¹⁰³ mit Stromabnehmern mit 2 Schleifleisten die Möglichkeit, bei hohen Geschwindigkeiten mit einem Stromabnehmer eine gute Stromabnahme zu erzielen, wobei sich eine ÖBB-Bauart mit Palette (s. 13.3.) und eine solche der Firma Dozler mit Waage gleich gut verhielten. Nachdem die zuerst abgelieferten Lokomotiven der Reihen E 10, E 41 und E 50 nach G. Manz¹⁰⁴ sowohl mit der einen als auch mit der anderen Bauart bestückt worden waren, entschied man sich schließlich für die einfachere Bauart mit Waage.

H. D. Kügler¹⁰⁵ nennt als Neuerungen die leichtere, aber stabilere Schere und die in Wälzlagern verklemmungsfrei bewegliche Pendelwippe mit 2 Schleifleisten. Weiter verbesserte man den bisher üblichen Antrieb (Heben durch Druckluft, Senken durch Eigengewicht) durch Einbau von Senkfedern, um im Bedarfsfall mit Sicherheit auch den vorderen Stromabnehmer trotz des Auftriebes vom Fahrtwind rasch senken zu können. z 2.3./9

H. H. Kiepfner¹⁰⁶ sagt aus, daß der DBS 54 eine einwandfreie Stromabnahme bis 160 km/h gewährleistet; nach dem ORE-Bericht von 1957¹⁰⁷ ist dies jedoch nur der Fall, wenn der Fahrtwind die Diagonalverstreben der Schere von vorn bestreicht. Dies ist bei angehobenem rückwärtigen Stromabnehmer bei den Baureihen 110, 112, 139, 140, 141, 150 und 151 der Fall, nicht jedoch bei den Reihen 103 und 111. z 2.3./10

Etwa 1954 unternahm die DB einen ersten Versuch, ältere Stromabnehmer SBS 9, SBS 10 und SBS 39 für den Einbügelbetrieb umzubauen, indem man unter Beibehaltung der trapezförmigen Führung die Einfachschleifstücke durch Doppelschleifstücke ersetzte. - Nach K. Sachs¹⁰⁸ hat die Energiezuführung durch 1 Stromabnehmer mit 2 Schleifleisten einen geringeren spezifischen Verschleiß von Kohleschleifleisten zur Folge als bei Energiezuführung durch 2 Stromabnehmer mit 1 Schleifleiste. - Diesen heute lediglich in zahlreichen Betriebsaufnahmen dokumentierten Versuch brach

¹⁰² ElVersA-Bericht F 25 V/1941 aufgestellt am 13.12.1941.

¹⁰³ VersA-Berichte E 79 G/1954 aufgestellt am 23.08.1954,
E 88 G/1954 aufgestellt am 3.09.1954,
E 123 G/1954 aufgestellt am 18.01.1955.

¹⁰⁴ DB, 31 (1957), S. 846.

¹⁰⁵ EB, 28 (1957), S. 49.

¹⁰⁶ EB, 36 (1965), S. 160.

¹⁰⁷ UIC/ORE, Frage A 3, Verhalten der Stromabnehmer und der Fahrleitung bei hohen Geschwindigkeiten, Utrecht 1957, Anlage 35.

¹⁰⁸ Elektrische Triebfahrzeuge, Bd. 2, Wien ²1973, S. 36.

die DB Ende der sechziger Jahre ab; es hatte sich als zweckmäßiger erwiesen, von 1961 an die genannten Stromabnehmer-Bauarten mit der Wippe des DBS 54 auszurüsten und die Oberschere entsprechend zu kröpfen, wie W. Klüsche¹⁰⁹ berichtet. Insbesondere erhielten die Schnellzuglokomotiven der Baureihen E 04, E 10.0, E 16 und E 18 diesen Umbaustromabnehmer, andere Lokomotivtypen nur teilweise.

DBS 58

1977: 182.

Für die Mehrsystemlokomotive E 320 der DB entwarf man aufbauend auf den Bauprinzipien des DBS 54 einen von F. Marten¹¹⁰ bzw. E. Reichelt¹¹¹ beschriebenen Stromabnehmer mit geringerer Scherenbreite, Isolatoren für 25 kV und tauschbaren Wippen entsprechend den DB- bzw. SNCF-Normen. Später erhielt die von O. Hartmann und Ch. Tietze¹¹² dargestellte Zweisystemlokomotive E 344 01 den gleichen Stromabnehmer.

DBS 54 mit Wanisch-Wippe B 12

Bei den 1962 bis 1964 durchgeführten Stromabnehmer-Meßfahrten bis 200 km/h zeichnete sich nach H. H. Kiepfer¹¹³ ein Einholmstromabnehmer der Siemens AG Österreich sowie eine Wippenkonstruktion mit Blattfedern und Teleskopstoßdämpfern auf der Schere des DBS 54 der Dipl.-Ing. K. Wanisch GmbH, Salzburg, hinsichtlich der Spannungsunterbrechungen durch sehr gute Werte aus. Letztgenannter Stromabnehmer schien den Empfehlungen für die Stromabnehmerkonstruktion bei hohen Geschwindigkeiten nach H. Ebeling¹¹⁴ zu entsprechen, die DB schrieb ihn für die Serienlokomotiven der Baureihe 103 vor. Diesen Stromabnehmer beschreiben K. Bauermeister¹¹⁵, E. Gierth¹¹⁶, K. Koch¹¹⁷ und K. Sachs¹¹⁸. Nachdem es nach H. Zöllner¹¹⁹ infolge von Brüchen von Wippenbauteilen verschiedentlich zu Störungen gekommen war, tauschte man auf den Schnellfahrlokomotiven der Baureihen 103 und 112 sämtliche Stromabnehmer dieser Type gegen normale DBS 54 und montierte jene mit Wanisch-Wippe, jedoch ohne Teleskopstoßdämpfer, auf Lokomotiven der Baureihen 140 und 141.

¹⁰⁹ EB, 33 (1962), S. 7.

¹¹⁰ EB, 32 (1961), S. 110.

¹¹¹ EB, 32 (1961), S. 271.

¹¹² EB, 35 (1964), S. 40 ff.

¹¹³ EB, 36 (1965), S. 158 ff.

¹¹⁴ EB, 40 (1969), S. 26 ff., 60 ff.

¹¹⁵ DB, 44 (1970), S. 227.

¹¹⁶ EB, 41 (1970), S. 127 f.

¹¹⁷ EB, 42 (1971), S. 84 f.

¹¹⁸ Elektrische Triebfahrzeuge, Bd. 2, Wien ²1973, S. 40.

¹¹⁹ EB, 49 (1978), S. 173.

So verblieb als einzige für hohe Geschwindigkeiten geeignete Konstruktion der Stromabnehmer der Siemens AG Österreich, wobei sich nach Art der Befestigung, der Isolatoren, des Antriebs sowie der Ausbildung der Wippe für die DB folgende Bauarten ergeben:

SBS 65

Z 2.3./4

1977: 103, 111; 491.

SBS 66

1977: 181.0, 181.1, 184.

SBS 67

1977: 181.2; 420.

SBS 70

1977: 403

SBS 81

----: 111, 120.

Erstmalig hatte die französische Firma Faiveley einen von M. Garreau und R. Dupont¹²⁰ beschriebenen Einholm-Stromabnehmer verwirklicht, der seit 1958 auf sämtlichen Elektrotriebfahrzeugen der SNCF in verschiedenen Varianten aufgebaut wird und sich bei den von P. Boissonnade und R. Dupont¹²¹ beschriebenen Versuchsfahrten im Elsaß bis 225 km/h bewährte. Bei den Schnellfahrten der DB zwischen Forchheim und Bamberg erzielte diese Bauart nach H. H. Kiepfer¹²² wohl hinsichtlich der Spannungsunterbrechungen sehr gute Ergebnisse, die Wippe hatte aber zufolge der seitenunabhängigen Vertikalfederung die Möglichkeit, sich schräg zu stellen, was die DB nicht zulassen kann.

Der Einholm-Stromabnehmer der Siemens AG Österreich vermeidet dies. K. Sachs¹²³ und H. Zöller¹²⁴ beschreiben dessen Aufbau. Das Scherengestell besteht aus dem Unterarm, dem Oberarm und der Kuppelstange. Im Scheitelrohr des Oberarms ist die Wippe über 2 Rosta-Lenkerelemente mit progressiver Federung und guter Dämpfung gelagert. Als Vorteile dieser Bauart nennt man neben geringer räumlicher Ausdehnung die aerodynamisch günstige Form und die sehr guten dynamischen Eigenschaften zufolge der geringen Masse z 2.3./11

¹²⁰ RGCF, 76 (1957), S. 665 ff.

¹²¹ RGCF, 81 (1962), S. 369 ff.

¹²² EB, 36 (1965), S. 162.

¹²³ Elektrische Triebfahrzeuge, Bd. 2, Wien ²1973, S. 43 f.

¹²⁴ EB, 49 (1978), S. 173 f.

und der günstigen Wippenanlenkung. Eine weitere Verbesserung brachte die von H. Zöllner¹²⁵ notierte Umstellung von der Klemmschleifleiste auf die Löttschleifleiste.

Der Siemens-Bahn-Stromabnehmer Bauart 1965 als Regelstromabnehmer für schnellfahrende Lokomotiven der Baureihe 103 der DB unterscheidet sich in verschiedenen Punkten von der Bauart VI der ÖBB (s. 13.3.): Der Grundrahmen weist wegen der Tauschbarkeit gegen DBS 54 Vierpunktlagerung auf, aus aerodynamischen Gründen ersetzen beidseits zwei Auflaufhörner mit einem als "Rechen" bezeichneten Verbindungssteg die Ausführung mit einem Auflaufhorn.

Nach demselben Verfasser führte die DB den SBS 65 zunächst auf der 5. Bauserie der Baureihe 103 ein. H. Güthlein¹²⁶ stellt dar, daß die Lokomotiven der Baureihe 111 an sich mit dem SBS 65 ausgerüstet wurden. 1977/78 erhielten die ersten vier Bauserien der Lokomotivbaureihe 103 nach K. Bauermeister¹²⁷ im Durchtausch Stromabnehmer SBS 65, um 200 km/h fahren zu können. Damit finden sich auf der Baureihe 111 sowohl Stromabnehmer SBS 65 als auch DBS 54; Vielfachsteuerung zweier Lokomotiven mit 160 km/h ist jedoch nur mit SBS 65 zugelassen.

H. Güthlein und Ch. Tietze¹²⁸ beschreiben den vor allem für die elektrische Zweifrequenzlokomotive 181.2 bestimmten Stromabnehmer SBS 67 mit Dreipunktbefestigung, der mit unterschiedlichen Wippen entsprechend den DB- bzw. SNCF/CFL-Normen zu bestücken ist.

Als Weiterentwicklung des SBS 65 ist der von R. Gammert¹²⁹ dargestellte Stromabnehmer SBS 80 A1 für die Prototypen der Baureihe 120 zu nennen, der durch den Einsatz von Gießharzstützern und den Aufbau des Stromabnehmers aus einer Aluminiumlegierung eine weitere Reduzierung der Masse ermöglichte. Nachdem bei dieser Konstruktion verschiedene Schwierigkeiten aufgetreten sind, hat man auf die Gießharzstützer einen Stromabnehmer SBS 81 gesetzt. Der Stromabnehmer SBS 81 ist ein weiterentwickelter SBS 65 mit im Grundrahmen integrierten Senkantrieb. Mit dem Stromabnehmer SBS 81 erreichte die Lokomotive 120 001-3 im Herbst 1984 zwischen Augsburg und Donauwörth eine Geschwindigkeit von 265 km/h (s. 11.8.4.), kurz darauf bei Schnellfahrversuchen der ÖBB zwischen Drösing und Angern 234,8 km/h (s. 13.8.3.4.). Nach Mitteilung der Versuchsanstalt München mußten bei diesen Schnellfahrten entsprechende Kunstgriffe mit Windleitblechen vorgenommen werden, um die aerodynamischen Anpreßkräfte in Grenzen zu halten. Auch mußte berücksichtigt werden, daß die aerodynamische Anpreßkraft zu-

¹²⁵ EB, 77 (1979), S. 133 ff.

¹²⁶ EB, 47 (1976), S. 217.

¹²⁷ EB, 49 (1978), S. 9.

¹²⁸ EB, 46 (1975), S. 137 f.

¹²⁹ EB, 77 (1979), S. 276.

nahme mit zunehmendem Verschleiß der Kohleleisten wesentlich größer ist, als bis dahin angenommen worden ist.

DSA 350

Z 2.3./5

Für den Hochgeschwindigkeits-Versuchszug Intercity-Experimental (ICE) für eine Höchstgeschwindigkeit von 350 km/h bei Versuchsfahrten war auch die Entwicklung eines neuen Stromabnehmers erforderlich; H. R. Kurz¹³⁰ stellt Entwicklung und Merkmale des Dornier-System-Abnehmers für 350 km/h dar. Zunächst untersuchte man das Zusammenwirken von Stromabnehmer und Oberleitung mit einem dynamischen Gesamtmodell, woraus sich folgende Vorgaben für die Konstruktion ergaben: Kleine Wippenmasse mit einzeln aufgehängten Schleifleisten, weiche Wippenfeder, Wippendämpfung ohne Einfluß auf die Anpreßkraft, leichte Oberschere, weiter eine möglichst geringe Bauhöhe.

Versuche mit einem ersten Baumuster bei der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt in Braunschweig führten zu vier wesentlichen Konstruktionsentscheidungen: rechteckige Schleifleisten, Kreuzverband in der Oberschere, 400 mm Schleifstückabstand, Einzelschleifstücke ohne verbindenden "Rechen" zur Strömungsberuhigung.

Mitte 1988 weist der Stromabnehmer DSA 350 für den ICE-Versuchszug folgende Konstruktionsmerkmale auf:

- Grundrahmen: Rahmenkonstruktion in rostfreiem Stahl,
- Tragrohr: Rohrkonstruktion in rostfreiem Stahl mit austauschbar angeordnetem Hauptisolator,
- Oberschere: Hochfeste Aluminiumschweißkonstruktion,
- Wippe: Einzeln aufgehängte Schleifleisten mit sehr weicher Federung,
- Schleifleiste: Aluminiumkonstruktion mit Rechteckprofil,
- Auflaufhorn: Klappbare Ausführung zur Erzielung einer niedrigen Bauhöhe,
- Luftfedersystem mit Balgantrieb,
- Möglichkeit, während der Fahrt die mittlere Anpreßkraft des Stromabnehmers über das Luftfedersystem von Hand zu regeln.

Ende April 1988 lieferte Dornier den Serienstromabnehmer für den ICE aus. Diese Stromabnehmer werden wieder auf Isolatoren aufgebaut; der Isolator im Tragrohr der Unterschere und die klappbaren Auflaufhörner entfallen. Z 2.3./6

Im Gegensatz zu anderen Eisenbahnverwaltungen bleibt die DB auch bei sehr hohen Geschwindigkeiten beim einfachen Einholmstromabnehmer, wenn auch in äußerst ausgefeilter Form. Bei der Eröffnungsfahrt des ICE zwischen Bielefeld und Essen am 26.11.1985 anlässlich des Jubiläums "150 Jahre

¹³⁰ ETR, 33 (1984), S. 902 ff.

deutsche Eisenbahnen" fuhr der als Baureihe 410 bezeichnete Triebzug mit einer Geschwindigkeit von 317 km/h, im November 1986 auf der Neubaustrecke Hannover - Würzburg im Mühlberg-Tunnel zwischen Hohe Wart und Burgsinn mit 345 km/h. Schließlich erreichte man am 1.05.1988 ebenfalls im Mühlberg-Tunnel der Neubaustrecke Hannover - Würzburg eine Höchstgeschwindigkeit von 406,9 km/h ohne konstruktive Änderungen des Stromabnehmers DSA 350 (s. 11.9.4.).

Z 2.3./12 Nach Mitteilung der Versuchsanstalt München ist das Kontaktverhalten des Stromabnehmers DSA 350 dank der geringen dynamischen Kräfte sehr günstig. Man erwartet, daß auf Neubaustrecken mit einem angehobenen Stromabnehmer Geschwindigkeiten bis 300 km/h möglich sein werden, wobei Schleifstück- und Fahrdrahtverschleiß nicht höher sein werden als beim derzeitigen Betrieb bis 200 km/h. Unter der Oberleitung Re 200 dürften mit einem angehobenen Stromabnehmer DSA 350 Geschwindigkeiten bis 220 km/h möglich sein.

Z 2.3./7 WBL 79 und WBL 85
Z 2.3./8

Der Stromabnehmer Wanisch-Buchberger-Leichtbau Bauart 1979 bzw. 1985 der Firma Schunk Bahntechnik GmbH in Salzburg (vormals Elektrotechnische Konstruktionen KG bzw. Dipl.-Ing. K. Wanisch GmbH), der anfänglich auf einem Triebkopf des ICE montiert war, wurde richtungsweisend für die Entwicklung der Stromabnehmer in neuerer Zeit.

Nach Mitteilung des BZA München hat hier die Herstellerfirma von Anfang an versucht, die dynamischen Vorgänge beim Bewegungsablauf zwischen Oberleitung und Stromabnehmer sowohl schwingungsmäßig als auch energiebilanzmäßig in die konstruktive Ausführung der einzelnen Elemente mit einzubeziehen. So zeichnete sich bereits der erste Versuchsstromabnehmer durch folgende Merkmale aus:

- Einzelfederung der Schleifstücke durch vier getrennt arbeitende Blattfeder-elemente,
- Feder-elemente mit unterschiedlichen Federkonstanten und damit verschiedenen Frequenz- und Schwingverhalten,
- Kombinationen dieser Feder-elemente auf einer Wippe,
- Dämpfung der Unterschere zur Energievernichtung und Reduzierung der Massenbewegung der Schere,
- Dämpfung der Drehbewegung der Wippe,
- Aluminium-Oberschere zur Verminderung der reduzierten zu beschleunigenden Masse,
- Antrieb über ein Luftfedersystem, das im Laufe der Entwicklung für alle anderen Stromabnehmer richtungsweisend wurde.

Bei der Weiterentwicklung des Prototyps WBL 79 zum Stromabnehmer WBL 85 wurde dieses Grundkonzept beibehalten. Besonders im Geschwindigkeitsbereich oberhalb von 250 km/h liegen die dynamischen Kräfte des WBL 85 in der Größenordnung des DSA 350. Da beim ICE-Serientriebzug auf die durch den ganzen Zug verlaufende Hochspannungsleitung verzichtet werden sollte, wurden Doppeltraktionsmessungen mit 7, 10

oder 14 Zwischenwagen bei Geschwindigkeiten bis 280 km/h gefahren. Am nachlaufenden Stromabnehmer wird der Referenzwert der dynamischen Belastung beim derzeitigen Regelbetrieb mit 200 km/h bereits bei 250 km/h erreicht. Bei 280 km/h wird dieser Wert überschritten. Der vorlaufende Stromabnehmer verhält sich so wie in Einzeltraktion. Für eine Serienreife dieses Versuchsstromabnehmers WBL 85 wurde eine Anpaßentwicklung erforderlich. Gleichzeitig sollten die dynamische Fahreigenschaften nochmals verbessert werden, da inzwischen die Forderung bestand, auf sogenannten "Schnellen Ausbaustrecken" mit zwei anliegenden Stromabnehmern an der Re 200 Geschwindigkeiten von 220 - 230 km/h zu fahren.

SSS 87

Die Anpaßentwicklung wurde von den Firmen Schunk-Bahntechnik und Siemens gemeinsam geführt. Der Stromabnehmer der Bauart 1987 erhielt die Bezeichnung SSS 87. Die bewährten Grundelemente des WBL 85 behielt man bei. Die dynamischen Eigenschaften konnten durch weitere Verminderung der Masse und neue Federelemente mit progressiver Federcharakteristik nochmals verbessert werden, so daß an der Oberleitung Re 250 mit einem anliegenden Stromabnehmer bei 280 km/h ein Kontaktverhalten erreicht wurde, das dem des derzeitigen Regelbetriebs mit 170 km/h entspricht.

Mit zwei gehobenen Stromabnehmern der Bauart SSS 87 hat sich das Kontaktverhalten des nachlaufenden Stromabnehmers ebenfalls verbessert. Für die vorgesehene Betriebsgeschwindigkeit von 250 km/h auf den Neubaustrecken ergeben sich keine Probleme. Auch an der Re 200 wird man mit dem Serien-ICE die geforderte Geschwindigkeit von 220 km/h fahren können.

Zusammengefaßt sind bei den neueren Stromabnehmerbauarten der DB bei Fahrt mit einem bzw. zwei am Fahrdrabt anliegenden Stromabnehmern folgende Höchstgeschwindigkeiten möglich:

Stromabnehmerbauart	1 Stromabnehmer	2 Stromabnehmer
DBS 54	160 km/h	140 km/h
SBS 65	200 km/h	160 km/h
DSA 350 bzw. WBL 85	350 km/h	250 km/h
SSS 87 (Re 250)	350 km/h	250 - 280 km/h
SSS 87 (Re 200)	≈230 km/h	220 km/h

2.4. Entwicklungsgeschichte des elektrifizierten Netzes

Die ersten elektrischen Vollbahnen Deutschlands fuhren mit Gleichstrom. Für die größtenteils von der Localbahn A.-G. München und ab 1938 von der DRB bzw. DB betriebenen Strecken gilt dies für folgende Jahre:

- 1885 - 1962 Meckenbeuren - Tettwang¹³¹
 1896 - 1939 Türkheim - Bad Wörishofen¹³²
 1887 - 1959 Bad Aibling - Feilnbach¹³³
 1900 - 1955 München Isartalbf -
 Höllriegelskreuth-Grünwald¹³⁴
 1909 - 1942 Berchtesgaden - Königssee¹³⁵

Während DRB bzw DB bei den beiden ältesten mit Gleichstrom betriebenen Strecken den elektrischen Zugbetrieb aufgaben, stellte man die übrigen auf 15 kV 16 2/3 Hz um. Die einzige heute noch mit Gleichstrom betriebene Vollbahn mit Personen- und Güterverkehr in der Bundesrepublik Deutschland ist die 1898 eröffnete Strecke Trossingen Bahnhof - Trossingen Stadt.¹³⁶

Die Geschichte der elektrischen Zugförderung mit hochgespanntem Einphasenwechselstrom in Deutschland haben K. Trautvetter¹³⁷ für die ehemaligen preußisch-hessischen Staatsbahnen und W. Wechmann¹³⁸ für die Deutsche Reichsbahn von den ersten Vorversuchen an mit Lage- und Höhenplänen ausführlich dargestellt. Deshalb sei hier in einem anderen Ansatz ein Überblick nach topologischen Gesichtspunkten gegeben. Nach den von der AEG auf der Strecke Niederschöneweide-Johannisthal - Spindlersfeld 1903 bis 1906 auf eigene Rechnung durchgeführten Vorversuchen elektrifizierten die Länderbahnen vor dem Ersten Weltkrieg einzelne Strecken, um dort jeweils einen Versuchsbetrieb einzurichten. Interessanterweise weist jede dieser Strecken eine andere Struktur auf:

- 1905 Murnau - Oberammergau
 Anschlußlinie an Hauptstrecke
 1906 Versuchsbahn bei Oranienburg
 Rundlinie
 1908 Blankenese - Ohlsdorf
 Durchmesserlinie durch Großstadt mit Kopfbahnhof
 1911 Dessau - Bitterfeld
 Teilstück einer Hauptstrecke
 1912 Scharnitz - Griesen
 Verbindungsstrecke mit Wenden in einem Zwischenbahnhof

¹³¹ ZVDI, 41 (1897), S. 1020 ff., 1048 ff.; EB, 33 (1962), S. 202.

¹³² W. Klüsche in EB, 22 (1951), S. 77; derselbe Verfasser nennt in EB, (1954), S. 111 und in DB, 31 (1957), S. 772, Tabelle 1 das Jahr 1949.

¹³³ EB, 31 (1960), S. 1.

¹³⁴ EB, 27 (1956), S. 1.

¹³⁵ H. Harrer und B. Holcomb, Salzburger Lokalbahnen, Wien 1980, S. 40 f., 220 ff.

¹³⁶ ETZ, 19 (1898), S. 56.

¹³⁷ AEW, 44 (1921), S. 582 ff., 793 ff.

¹³⁸ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 4 ff.

- 1913 Basel Bad Bf - Zell (Wiesental)/Säckingen
Stamm- und Anschlußlinie
- 1914 Nieder Salzbrunn - Halbstadt
Anschlußlinie mit Kreuzung einer Hauptstrecke
- 1916 Salzburg - Freilassing - Berchtesgaden
Teilstück einer Hauptstrecke und Anschlußlinie

Die einzige mit Einphasenwechselstrom elektrifizierte Schmalspurbahn Deutschlands weist nochmals eine andere Struktur auf:

- 1911 Karlsruhe/Ettlingen Staatsbf - Herrenalb/Brötzingen
Stammlinie mit zwei Anschlußlinien

Der Erste Weltkrieg beeinträchtigte den elektrischen Zugbetrieb in Schlesien und in Mitteldeutschland sehr. W. Usbeck¹³⁹ berichtet, daß der Ausbruch des Ersten Weltkriegs am 1.08.1914 die in diesem Jahr nahezu fertiggestellten Arbeiten zur Einrichtung der elektrischen Zugförderung auf dem schlesischen Gebirgsbahnnetz jäh unterbrach. Bei dem bald auftretenden Mangel an wichtigen für die Munitionserzeugung notwendigen Metallen mußte der Fahrdrat auf den Strecken Gottesberg - Lauban, Hirschberg - Grünthal und Ruhbank - Liebau mit Ausnahme der Bahnhöfe Hirschberg und Ruhbank wieder abgebaut und der Militärverwaltung abgeliefert werden. Nur die im Gebiet des Waldenburger Berglandes gelegenen Strecken betrieb man weiterhin elektrisch.

W. Wechmann¹⁴⁰ notiert für das mitteldeutsche Netz, daß im Sommer 1914 die Bauarbeiten auf den Strecken Magdeburg - Dessau - Leipzig - Halle (Saale) so weit fortgeschritten waren, daß der elektrische Zugbetrieb im Laufe des Jahres einsetzen sollte. Die Arbeiten mußten bald unterbrochen, das aufgebrachte Fahrdratkupfer teilweise wieder abgenommen werden. H. Tetzlaff¹⁴¹ ergänzt, daß nach der Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes zwischen Bitterfeld und Leipzig im Juni 1914 dieser bei Kriegsausbruch auf der Gesamtstrecke eingestellt wurde; Einzelheiten nennt die Literatur nicht.

Dennoch kam es ausgehend von diesen relativ kurzen Versuchsstrecken während und vor allem nach dem Ersten Weltkrieg zur Elektrifizierungen größerer Netze:

- | | | |
|-------------|---|----------|
| 1915 - 1922 | Schlesien: Die "Schlesische Gebirgsbahn"
Königszelt - Lauban mit Zweiglinien | Z 2.4./2 |
| 1922 - 1925 | Mitteldeutschland: Die Strecke Magdeburg -
Dessau - Leipzig - Halle (Saale) mit Güter-
linien | Z 2.4./1 |

¹³⁹ ETZ, 41 (1920), S. 696.

¹⁴⁰ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 6 f.

¹⁴¹ EB, 11 (1935), S. 4; EB, 12 (1936), S. 50; VW, 30 (1936), S. 39 f.

1925 - 1927 Bayern: die von München sternförmig ausgehenden Strecken nach Garmisch-Partenkirchen, Herrsching, Kufstein, Ismaning, Regensburg und Nannhofen mit Zweig- und Güterlinien

Die betrieblichen Auswirkungen der unterschiedlichen Struktur dieser Netze stellt W. Wechmann¹⁴² dar. Die Flächenelektrifizierung im Großraum München gestattete eine gute Energieversorgung, weil die Fernleitung in Gestalt eines Ringes von Strahl zu Strahl herumgeführt werden konnte. Betrieblich war dieses Netz dagegen ungünstig: Durch die Kürze der im Kopfbahnhof München endenden Teilstrecken wurden die elektrischen Triebfahrzeuge schlecht ausgenutzt. Anbei sind in Tabelle 1/2 die spezifischen Jahres-Laufleistungen der elektrischen Triebfahrzeuge entsprechend den Statistischen Angaben über die Deutsche Reichsbahn für charakteristische Geschäftsjahre zusammengestellt. Ein merklicher Fahrzeitgewinn konnte erst mit der Elektrifizierung der Hügellandstrecke Rosenheim - Freilassing im Jahre 1928 erzielt werden, womit das elektrische Triebfahrzeug von München Hbf bis Salzburg Hbf 153,2 km vor dem Zug bleiben konnte.

In dem elektrifizierten Netz Mitteldeutschlands war die Situation ähnlich: Während die Energieversorgung der Unterwerke günstig durchgeführt werden konnte, waren als Folge der kurzen Teilstrecken die spezifischen Laufleistungen der elektrischen Triebfahrzeuge etwa in der Größenordnung der RBD München.

Mit der "Schlesischen Gebirgsbahn" wurde dagegen eine Durchgangslinie elektrifiziert. Da die Hochspannungsleitung längs der Hauptlinie geführt werden mußte, war keine Ringversorgung möglich; tatsächlich berichtet W. Usbeck¹⁴³ mehrfach über Störungen der Energieversorgung. Obwohl es von Königszelt bis Lauban nur 129,4 km sind, waren bei Einführung des elektrischen Zugbetriebes bei dem Hügellandcharakter der Strecke wesentliche Fahrzeitverkürzungen möglich; die spezifische Laufleistung war die höchste der genannten Netze. Damit zeigte sich schon damals: Sollen die Vorteile des elektrischen Zugbetriebes möglichst voll zur Geltung kommen, so sind lange durchgehende Hauptstrecken vorzuziehen.

Z 2.4./4

In Schlesien verlängerte man den elektrischen Zugbetrieb 1923 bis Görlitz und 1928 bis Breslau, da sich die bisherigen Endpunkte als Lokomotivwechselbahnhöfe wenig geeignet zeigten; damit war ein Triebfahrzeugdurchlauf über 203,3 km möglich.

¹⁴² EB, 12 (1936), Eh. S. 6 f.

¹⁴³ EB, 1 (1925), S. 36 f.; EB, 5 (1929), S. 83 ff.; EB, 12 (1936), S. 110 ff.

Tabelle 1/2:

Spezifische Jahres-Laufleistungen der elektrischen Triebfahrzeuge der DRB in den einzelnen Direktionsbezirken in km

1. Elektrische Lokomotiven

	1926	1928	1930	1935	1938	1940
Breslau	50856	55179	48303	49299	55316	50848
Halle	42110	41177	41185	66846	72188	51716
Karlsruhe	33301	35269	34119	47836	46333	22206
Magdeburg	46436	45695	52583	74104	69480	49081
München	40197	54127	49285	62073	67753	51515

2. Elektrische Triebwagen

	1926	1928	1930	1935	1938	1940
Breslau	36099	51638	55178	62806	71542	56841
Halle	9260	47277	67256	107345	91652	84242
Karlsruhe	0	0	0	33493	108792	73679
Magdeburg	0	39390	52941	49541	56801	43004
München	23341	51042	66783	71513	65982	53826

Hinweis: Die RBD Magdeburg wurde im Jahre 1931 aufgelöst, wobei der Westen des Bezirks Magdeburg mit den elektrifizierten Strecken der RBD Hannover zugeteilt wurde.

Z 2.4./3 In Mitteldeutschland führte im Jahre 1934 die Elektrifizierung von Magdeburg über Köthen nach Halle (Saale) zu einem deutlichen Anstieg der spezifischen Laufleistung der Elektrolokomotiven, da einerseits nunmehr auch die zahlreichen auf dieser Strecke liegenden Schnellzüge von Magdeburg bis Leipzig (123,7 km) elektrisch geführt werden konnten, andererseits ein Rundlauf möglich war.

Z 2.4./5 Schließlich erreichte man in Süddeutschland nach der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes bis Stuttgart (1933) und Nürnberg (1935) die höchsten spezifischen Laufleistungen; das elektrische Triebfahrzeug konnte von München aus 241,5 km bzw. 199,1 km vor dem Zug bleiben. Die Elektrifizierung der Höllental- und Dreiseenbahn im Jahre 1936 steht außerhalb dieser Betrachtungen. Hier sollten im Inselbetrieb auf relativ kurzen Strecken mit starkem Verkehr und außergewöhnlichen Steigungen elektrische Lokomotiven für 20 kV 50 Hz erprobt werden.

Entsprechend dem Ergebnis von Untersuchungen der Arbeitsgemeinschaft zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des elektrischen Zugbetriebes unter dem Vorsitz von W. Bergmann¹⁴⁴ beschloß die DRB nach W. Wechmann¹⁴⁵, vom Herbst 1935 bis Herbst 1939 die Strecke Nürnberg - Saalfeld - Halle (Saale) mit dem Abweig von Großkorbetha nach Leipzig auf elektrischen Betrieb umzustellen. Die Elektrifizierung dieser Durchgangslinie sollte das süddeutsche und das mitteldeutsche elektrisch betriebene Netz zu einem großen Netz verbinden. Im folgenden Jahr spricht G. Naderer¹⁴⁶ davon, daß Anfang September 1935 der "Obersten Bauleitung für Elektrisierungen" in Leipzig der Bauauftrag erteilt wurde; die Frist für die Umstellung der gesamten Strecke setzte man auf Sommerfahrplan 1939 fest.

Bereits vor Kriegsausbruch verlängerte die Knappheit an Baustoffen die Herstellungszeiten. Damit dennoch ein größerer Teil des aufgewandten Kapitals möglichst bald Nutzen abwerfen konnte, entschloß sich nach W. Wechmann¹⁴⁷ die DRB, die im Jahre 1939 ausgelieferten Baustoffe und Bauteile hauptsächlich zur Fertigstellung des südlichen Streckenabschnitts Nürnberg - Saalfeld mit den Steilrampen über den Thüringerwald zu verwenden. Während die Eröffnung des elektrischen Betriebes auf dieser Teilstrecke zum Sommerfahrplan 1939 in der Literatur gewürdigt wurde¹⁴⁸, finden sich über die Elektrifizierungsetappen zwischen Saalfeld und Leipzig in den Jahren 1940 bis 1942 lediglich in bahninternen Unterlagen Hinweise.

¹⁴⁴ Die Wirtschaftlichkeit des elektrischen Zugbetriebes auf der Strecke München - Berlin, Bd. 1 - 2, Essen 1934.

¹⁴⁵ EB, 11 (1935), S. 211.

¹⁴⁶ EB, 12 (1936), S. 101 ff.

¹⁴⁷ EB, 15 (1939), S. 4.

¹⁴⁸ Organ, 94 (1939), S. 224, 263.

Schwierig ist abzuklären, ob vor dem Zusammenbruch zwischen Halle (Saale) und Großkorbetha elektrischer Regelzugbetrieb aufgenommen worden ist. Im Jahresfahrplan 1944/45 "gültig vom 3. Juli 1944 an bis auf weiteres" notiert im Deutschen Reichskursbuch die Übersichtskarte Thüringen für die genannte Teilstrecke elektrischen Zugbetrieb, nicht dagegen das zugehörige Fahrplanfeld. W. Klüsche¹⁴⁹ gibt hierfür im Jahre 1957 in einer Karte "Elektrifizierung in Deutschland, Stand: 1945" elektrischen Zugbetrieb an. Nach freundlicher Mitteilung von W. Harprecht sind über diesen Vorgang bei der ZHVB keinerlei schriftliche Unterlagen vorhanden. Z 2.4./7

Glücklicherweise können noch einige pensionierte Eisenbahner, die mit der Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig an Ort und Stelle befaßt waren, Näheres berichten. E. Rutke teilte dem Verfasser freundlicherweise mit: "Ende Januar / Anfang Februar 1945 sind auf der Strecke Großkorbetha - Halle ein oder zwei Züge elektrisch gefahren. Dann wurde die Strecke bombardiert und bis Kriegsende nicht wieder elektrisch befahren." F. Lengler ergänzt: "Der Teilabschnitt Großkorbetha - Halle war zwar fertiggestellt, wurde aber nie planmäßig mit Ellok befahren, weil die Fahrleitung im Bezirk der Bahnhöfe Leuna Süd und Leuna Nord ständig durch Bomben, die auf das Leunawerk abgeworfen wurden, in Mitleidenschaft gezogen wurde. Ich erinnere mich bei meiner Tätigkeit als Gruppenleiter beim Bw Weissenfels, daß wir doch mehr als ein oder zwei Züge zwischen Halle und Großkorbetha befördert haben. Die Strecke war auch schon früher befahrbar, als dies von Herrn Rutke angenommen wurde. Genaue Daten sind mir jedoch nicht mehr bekannt." Damit ist davon auszugehen, daß die Fahrleitungsanlage der Teilstrecke Halle (Saale) - Großkorbetha fertiggestellt war und vor dem Zusammenbruch einzelne Züge elektrisch geführt wurden, der elektrische Regelzugbetrieb konnte jedoch damals nicht aufgenommen werden.

Im Hinblick auf umfangreiche Neu-Elektrifizierungen zwischen dem stark industrialisierten Mitteleuropa und den Agrarländern Südosteuropas hatte der Ausschuß "Stromsysteme" unter dem Vorsitz von A. Ganzenmüller im Jahre 1941 ein "Gutachten über die Wahl des Stromsystems für die Elektrisierung von Fernbahnen"¹⁵⁰ aufgestellt, das auch eine Karte mit den zur Elektrifizierung vorgesehenen Strecken enthält. Nach E. Kreidler¹⁵¹ hatte die DRB 1941 ein Sofortprogramm von 1538 km und ein Fünfjahresprogramm mit weiteren 1930 km aufgestellt; der Chef des Transportwesens stimmte jedoch diesem Programm nicht zu. Z 2.4./6

¹⁴⁹ DB, 31 (1957), S. 772.

¹⁵⁰ EB. 20 (1944), Eh.

¹⁵¹ Die Eisenbahnen im Machtbereich der Achsenmächte während des Zweiten Weltkrieges, Göttingen 1975, S. 257.

Bei Kriegsende waren nach der Aufteilung Deutschlands im süddeutschen Netz nach W. Klüsche¹⁵² von rund 3900 km Fahrleitungen 1230 km nicht betriebsfähig, zahlreiche Unterwerke und Schaltposten zerstört. Trotz dieser Schäden konnten die behelfsmäßigen Instandsetzungsarbeiten so schnell vorangetrieben werden, daß der elektrische Zugbetrieb am 22.05.1945 auf den Strecken München-Pasing - Augsburg und München-Pasing - Garmisch-Partenkirchen wieder anlaufen konnte. E. Eger¹⁵³ berichtet, daß im August 1945 auf der Strecke München - Augsburg - Bamberg und im November 1945 bis zur bayerischen Nordgrenze südlich Probstzella wieder elektrisch gefahren werden konnte; Weihnachten 1945 folgte der Hauptbahnhof Nürnberg, im Februar 1946 der dortige große Verschiebebahnhof.

Schon bald nach Kriegsende dachte man an Erweiterungen und Neubauten im süddeutschen Zugförderungsnetz, die jedoch nur dank Krediten von Ländern verwirklicht werden konnten: In Württemberg in den Jahren 1949/50 die von B. Boehm¹⁵⁴ beschriebene Umstellung der Strecken nach Waiblingen und Bietigheim zur Verbesserung des Vorortverkehrs Stuttgart, in Bayern 1950 die von E. Eger¹⁵⁵ dargestellte Elektrifizierung der Strecken Nürnberg - Regensburg und Lichtenfels - Coburg und in Baden ein erstes Teilstück der Rheintalstrecke nördlich von Basel Bad Bf bis Efringen-Kirchen. F. Gut¹⁵⁶ stellt heraus, daß die Bedeutung der letztgenannten Elektrifizierung vor allem darin liegt, daß sich damit in der Schweiz die Erkenntnis über die Wichtigkeit der Elektrifizierung ihrer nördlichen Zulaufstrecke verstärkte, was im Rahmen des Schuldenabkommens zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Schweiz 1953 zu einem Elektrifizierungsvertrag der Strecke Basel - Karlsruhe führte.

Nach A. Gerteis¹⁵⁷ stellte man bereits 1950 einen Gesamt-Elektrifizierungsplan über 6000 km auf. 1954 schreibt W. Klüsche¹⁵⁸ von einem 1661-km-Programm, das die Elektrifizierung der Rheintalstrecken, die Moselstrecke, die Ruhr-Sieg-Strecke, die Nord-Süd-Strecke südlich Göttingen mit den Anschlußstrecken nach Bayern und zahlreiche Linien zwischen Osnabrück, Emmerich, Aachen und Hamm mit einer mittleren elektrischen Streckenbelastung von 700 000 bis 800 000 kWh/Jahr vorsieht. Vier Jahre später notiert A. Peters¹⁵⁹ bereits die Umstellung sämtlicher später als Hauptabfuhrstrecken bezeichneten Linien der DB und einen Teil der Nebenfernstrecken. Nur dank der finanziellen Unterstützung verschiedener Bundesländer war es möglich,

¹⁵² EB, 22 (1951), S. 74 f.

¹⁵³ EB, 22 (1951), S. 80.

¹⁵⁴ EB, 21 (1950), S. 27 ff., 101 f.

¹⁵⁵ EB, 22 (1951), S. 80 ff.

¹⁵⁶ DB, 31 (1957), S. 1064 ff.

¹⁵⁷ DB, 24 (1950), S. 546 ff.

¹⁵⁸ DB, 28 (1954), S. 367 f.

¹⁵⁹ JdE, 9 (1958), S. 28 ff.

die planvolle Elektrifizierung der Magistralen der DB zügig voranzutreiben.

Verdienstvollerweise haben Eisenbahningenieure in einem alljährlich in Elektrische Bahnen unter dem Titel "Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Bundesbahn im Jahre ..." erscheinenden Aufsatz diese Entwicklung dargestellt: W. Klüsche (1956 - 1962), A. Kniffler (1963 - 1966), G. Manz (1967), K. Bauermeister (1968 - 1980), W. Harprecht und M. Nießen (1981, 1982), W. Harprecht und W. Klein (1983 - 1985) sowie W. Harprecht und W. Hubrich (1986). Die Auswirkungen dieses Strukturwandels auf den Betriebsmaschinendienst haben J. Klingensteiner (ab 1951) und E. Ebner (ab 1952) bis 1971 jedes Jahr in Die Bundesbahn unter der Überschrift "Der Zugförderungsdienst im Fahrplanjahr ..." minutiös dargestellt; es erübrigt sich daher, dies hier zu wiederholen.

An Hand von Sonderheften der Hauszeitschrift der DB lassen sich die großen Etappen bei der Elektrifizierung der wichtigen Strecken der DB gut verfolgen. Das erste 1954 erschienene Sonderheft "Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Bundesbahn"¹⁶⁰ gibt aus Anlaß des 75jährigen Jubiläums der elektrischen Lokomotive ein geschlossenes Bild vom Stand der Elektrifizierung der DB, während die Bauarbeiten auf verschiedenen Strecken anliefen. Zur Aufnahme des elektrischen Inselbetriebes zwischen Düsseldorf und Hamm notiert drei Jahre später ein weiteres Heft "Die Ausweitung des elektrischen Zugbetriebes bei der Deutschen Bundesbahn"¹⁶¹ weitere Erkenntnisse und Erfahrungen in diesem Bereich. Als 1961 die Elektrifizierung der DB bei Wächtersbach (Hessen) den viertausendsten Streckenkilometer im Zuge der Nord-Süd-Strecke überschritt, konnten die Züge bereits elektrisch vom Ruhrgebiet nach Basel, Salzburg oder Passau verkehren.¹⁶² Dem Abschluß der Elektrifizierung der Nord-Süd-Strecke widmete man 1965 ein Sonderheft "Elektrisch zu den deutschen Seehäfen"¹⁶³; in jenem Jahr stellte man 830 km auf elektrische Traktion um. Im Folgejahr feierte man das Ereignis "Elektrisch nach Belgien und Holland"¹⁶⁴. Das Heft "8000 km elektrifiziert"¹⁶⁵ würdigt den Abschluß der Elektrifizierung der Hauptabfuhrstrecken der DB; mit den 1968 umgestellten 800 km konnte das 1954 gesetzte Ziel weit überschritten werden.

K. Bauermeister¹⁶⁶ beschreibt die Perspektiven der Elektrifizierung am Anfang der siebziger Jahre: Einerseits den Ausbau und die Elektrifizierung von Strecken in Ballungs-

¹⁶⁰ DB, 28 (1954), Heft 9/10, S. 359 ff.

¹⁶¹ DB, 31 (1957), Heft 13/14, S. 769 ff.

¹⁶² DB, 35 (1961), Heft 22, S. 1007 ff.

¹⁶³ DB, 39 (1965), Heft 5/6, S. 163 ff.

¹⁶⁴ DB, 40 (1966), Heft 9, S. 357 ff.

¹⁶⁵ DB, 42 (1968), Heft 17/18, S. 629 ff.

¹⁶⁶ DB, 44 (1970), S. 745 ff.

räumen, wobei man bereits in den sechziger Jahren in Sonderheften¹⁶⁷ umfangreiche Planungen vorlegte und in den siebziger Jahren verwirklichte; genannt seien hier die S-Bahnen München¹⁶⁸, Rhein-Main¹⁶⁹, Stuttgart¹⁷⁰ und Rhein-Ruhr¹⁷¹. Andererseits die Elektrifizierung von Ergänzungs- und Umleitungsstrecken, um dort eine günstige Unterhaltung der Bahnanlagen zu ermöglichen und eine optimale Betriebsführung auf den Rollbahnen zu gewährleisten; ein Großteil der 1971/72 elektrifizierten Strecken gehört dazu.

Daran anschließend überspannte man verschiedene Nebenfernstrecken, so 1973 die Moselstrecke¹⁷². Zwei Jahre später konnte man bei der Elektrifizierung der Schwarzwaldbahn Offenburg - Villingen den zehntausendsten Streckenkilometer als Markstein des Strukturwandels der Zugförderung bei der DB begehen;¹⁷³ diese Strecke war bereits zum Sommerfahrplan 1959 voll verdieselt worden.¹⁷⁴ Als im Herbst 1977 die ersten elektrischen Lokomotiven von Stuttgart bzw. Villingen den Bodensee erreichten, konnte man in Norddeutschland die letzten Dampflokomotiven nach einer Fahrt zwischen Rheine und Emden ausmustern und durch Diesellokomotiven ersetzen.¹⁷⁵ Nach drei Jahren lösten auch dort Elektrolokomotiven Triebfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren ab, wobei in Emden der elftausendste Streckenkilometer erreicht wurde.¹⁷⁶

Z 2.4./8

Eine weitere Ablösung der Diesel- durch die Elektrotraktion ist in den kommenden Jahren nicht in größerem Umfang möglich: Unter den derzeitigen finanziellen Rahmenbedingungen kann die DB größere Elektrifizierungsvorhaben im vorhandenen Streckennetz nicht verwirklichen, auch wenn dies verschiedene Bundesländer wünschen. Erst mit den bis 1991 fertigzustellenden Neubaustrecken Hannover - Würzburg und Mannheim - Stuttgart wird sich das elektrische Streckennetz der DB wieder stärker ausweiten.

-
- ¹⁶⁷ DB, 38 (1964), Heft 19/20, S. 679 ff. und
 DB, 43 (1969), Heft 21/22, S. 983 ff.
¹⁶⁸ DB, 46 (1972), Heft 7, S. 315 ff.
¹⁶⁹ DB, 54 (1978), Heft 5, S. 347 ff.
¹⁷⁰ DB, 54 (1978), Heft 9, S. 665 ff.
¹⁷¹ DB, 60 (1984), Heft 5, S. 317 ff.
¹⁷² DB, 49 (1973), Heft 11, S. 705 ff.
¹⁷³ DB, 51 (1975), Heft 8, S. 493 ff.
¹⁷⁴ DB, 33 (1959), S. 1128.
¹⁷⁵ GA, 101 (1977), S. 439.
¹⁷⁶ DB, 56 (1980), S. 795.

3. Firmenbauarten der 1. Generation

3.1. Firma AEG

3.1.1. AEG-Fahrleitung mit festem Kettenwerk

- 1903 Niederschöneweide-Johannisthal - Spindlersfeld
- 1904 Innsbruck Stubaitalbf - Fulpmes
- 1906 Versuchsbahn bei Oranienburg (Teilstrecke)
- 1911 Karlsruhe Albtalb./Ettlingen Staatsbf
- Herrenalb/Brötzingen
- 1912 Innsbruck Hbf - Staatsgrenze bei Scharnitz
- 1913 Staatsgrenze bei Griesen - Reutte i. T.
- 1914 Groß Schwechat - Berg N. Ö. (Bahnhöfe)

Der Wert des elektrischen Zugbetriebes auf der Strecke Niederschöneweide-Johannisthal - Spindlersfeld mit 6 kV 25 Hz liegt nach K. Trautvetter¹ vor allem darin, daß es sich hier um die erste bewährte mit Einphasenwechselstrom betriebene Strecke der Erde handelt; bei etwas früher in Amerika durchgeführten Versuchen waren die Motoren zusammengebrochen.

Nach H. Glinski² und Ph. Pforr³ verwendete man hier erstmals die Kettenaufhängung des Fahrdrahtes anstelle der bisher üblichen Einfachaufhängung an Querdrähten, um den Knick des Fahrdrahtes am Aufhängepunkt zu vermeiden; dies in zwei Ausführungsformen: Bei einem Teil der Strecke hängte man den Fahrdraht mittels senkrechter Verbindungsdrähte V-förmig an zwei Tragseilen an Querträgern auf Doppelmasten auf, den anderen Teil der Linie rüstete man mit einem Tragseil an waagerechten Auslegern mit einseitiger Mastreihe aus. Der Hängerabstand betrug 3 m, um bei einem Fahrdratriß das Bahnpersonal nicht zu gefährden. E. E. Seefehlner⁴ notiert eine dreifache Isolation, wobei man den Schwerpunkt auf die Hartgummi-Isolation legte; der Porzellan-Isolator kam nur so nebenher zur Anwendung, da man damals dessen mechanischer Festigkeit mißtraute.

Nach E. C. Zehme⁵ griff die Westinghouse-Gesellschaft für die Fahrleitungsanlage der New York-New Haven-Bahn auf die Dreiecksaufhängung der Spindlersfelder Versuchsbahn zurück, um vermeintlichen Querbewegungen des Fahrdrahtes vorzubeugen. G. Dietl⁶ beschreibt die Ausrüstung der London Brighton and South Coast Railway mit dieser Fahrleitungsbauart.

¹ AEW, 44 (1921), S. 587.

² GA, 55 (1904), S. 41 ff.

³ EKB, 1 (1903), S. 113 ff.; EKB, 5 (1907), S. 307 f.

⁴ ETZ, 34 (1913), S. 138.

⁵ GA, 64 (1909), S. 269.

⁶ EKB, 9 (1911), S. 346 f.

Wie E. E. Seefehlner⁷ über das amerikanische Eisenbahnwesen berichtet, fehlt diesem als Doppelkettenwerk bezeichneten System die nötige gleichförmige Geschmeidigkeit; damit hatte dieses starre Fahrleitungssystem einen hohen Fahrdrahtverschleiß zur Folge und war für höhere Geschwindigkeiten nicht geeignet.

In der neueren Literatur, so bei U. Kroll⁸ und anderen Autoren, ist nur von dem Doppelkettenwerk der Spindlersfelder Versuchsstrecke die Rede, nicht dagegen von dem Einfachkettenwerk, das sich besser bewährte. Entsprechend rüstete die AEG die ursprünglich mit 2500 V 42,5 Hz betriebene Stubaitalbahn mit dieser Bauart aus; E. E. Seefehlner⁹ beschreibt diese Anlage. Das feste Einfachkettenwerk aus Stahltragseil und Kupferfahrdraht mit einem Hängerabstand von 4 m ist auf der freien Strecke auf Stützisolatoren an waagerechten Auslegern montiert - im Gleisbogen stehen die Holzmasten immer bogenaußen -, in Bahnhöfen dagegen an Jochkonstruktionen. Nach demselben Verfasser¹⁰ verwendete man hier für die doppelte Isolation erstmals ausschließlich Porzellan-Isolatoren. Mittels Spannschlössern konnte man die Zugkraft im Tragseil bzw. Fahrdraht so einregulieren, daß diese bei -20°C den Wert von jeweils 2 kN nicht überschreitet. Für die Befestigung des Fahrdrahtes nahm man die bei Straßenbahnen üblichen Bauteile. Zufolge der außerordentlich engen Raumverhältnisse führte man in den beiden Tunnels nur den Fahrdraht durch und befestigte diesen dort an Querdrähten. Eine zweifeldrige Streckentrennung diente der elektrischen Trennung der Fahrleitung der Bahnhöfe von der freien Strecke. R. Edler¹¹ vermerkt anlässlich des 50jährigen Jubiläums der Stubaitalbahn, daß sich diese Fahrleitung in dem genannten Zeitraum bei der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h bewährt hat.

Mit Materialien der 1906 abgebrochenen Streckenausrüstung der Spindlersfelder Versuchsbahn rüstete man im gleichen Jahr eine als Rundbahn angelegte Versuchsstrecke bei Oranienburg aus,¹² um verschiedene Varianten des Oberbaus bei schwerer Dauerbelastung untersuchen zu können.¹³ Zwar geht R. Meyer¹⁴ bei seiner Beschreibung der elektrotechnischen Anlagen für 6 kV 25 Hz nicht näher auf die Fahrleitungen ein, doch zeigt eine Abbildung in einem Aufsatz von Ph. Pforr¹⁵ eine der Stubaitalbahn sehr ähnliche Bauart, jedoch mit einfacher Isolation. Die dort durchge-

⁷ EKB, 14 (1916), S. 172.

⁸ EB, 31 (1960), S. 122.

⁹ EKB, 3 (1905), S. 676 ff.

¹⁰ ETZ, 34 (1913), S. 138.

¹¹ EuM, 72 (1955), S. 46.

¹² EKB, 10 (1912), S. 76 f.

¹³ ZVDEV, 47 (1907), S. 185 ff.; GA, 68 (1911), S. 61 ff.

¹⁴ EKB, 4 (1906), S. 669 f.

¹⁵ EKB, 5 (1907), S. 307.

fürten Versuche mit nachgespanntem Kettenwerk sind im folgenden Kapitel gewürdigt.

Über die 1911 mit 8,8 kV bzw. 660 V 25 Hz elektrifizierte Z 3.1.1./1 meterspurige Albtalbahn der Badischen Lokal-Eisenbahn-AG (BLEAG) gibt es in der älteren Literatur lediglich einige wenige Angaben im Rahmen einer Zusammenstellung über AEG-Wechselstrombahnen¹⁶: "Kettenoberleitung auf H.-Sp.-Strecke, Straßenbahnaufhängung auf N.-Sp.-Strecke". Nach H. Iffländer¹⁷ speiste man die Fahrleitung im Stadtbereich der Stadt Karlsruhe zunächst mit 600 V, später 650 V, die Überlandstrecke mit 8000 V. Nach verschiedenen veröffentlichten Fotos verwendete man auf der Hochspannungs-Strecke festes Einfachkettenwerk, die Tragkonstruktionen ähneln F 3.1.1./1 sowohl auf der freien Strecke als auch im Bahnhof jenen F 3.1.1./2 der etwa gleichzeitig elektrifizierten Teilstrecke Spiez - Frutigen der BLS (s. 14.5.2.), damit waagerechte Ausleger auf der freien Strecke mit Bogenabzügen im engen Gleisbogen und Jochkonstruktionen im Bahnhof, jedoch verwendete man nur einfache Isolation.

Mit der Einstellung der Oranienburger Rundbahn im Jahre 1911¹⁸, der Umstellung der Albtalbahn auf Regelspur und Gleichstrombetrieb von 1958 an und der Einführung des Gleichstrombetriebes auf der Stubaitalbahn im Jahre 1983¹⁹ sind diese ältesten Fahrleitungsbauarten verschwunden.

Die 1912/13 mit 15 kV 15 Hz elektrifizierten Streckenabschnitte der Mittenwald- und Außerfernbahn auf österreichischem Staatsgebiet erhielten eine der Stubaitalbahn ähnliche Bauart, jedoch Stahlmasten und eine Isolation für 15 kV Fahrdrahtspannung. R. Baecker²⁰ und E. E. Seefehlner²¹ begründen dies wie folgt: Die ununterbrochene Reihe von scharfen Bögen schließt es aus, daß die üblichen Nachspannvorrichtungen zufolge der hohen Eigenreibung zuverlässig arbeiten; zudem ist eine Nachspannung überflüssig, weil die Masten elastisch sind und die Leitung in den Bögen spannen.

Das Kettenwerk montierte man auf der freien Strecke doppelt isoliert²² an waagerechten Auslegern mit einer Längs- Z 3.1.1./2 spanweite von 80 m in der Geraden, in den Bahnhöfen an Jochkonstruktionen. In den Tunnels sah man entweder einfaches Kettenwerk vor, wobei das Tragseil an einem geraden Querrohr aufliegt, oder zwei parallele Kettenwerke mit

¹⁶ EKB, 10 (1912), S. 77.

¹⁷ Die Albtalbahn, München 1987, S. 64.

¹⁸ AEW, 43 (1920), S. 1147.

¹⁹ Betriebsumstellung der Stubaitalbahn am 2. Juli 1983, Innsbruck 1983.

²⁰ ZÖIAV, 68 (1916), S. 632.

²¹ EKB, 11 (1913), S. 136.

²² ETZ, 34 (1913), S. 140 f.

Querdrahtaufhängung. Nach E. E. Seefehlner²³ erhielten die Bahnhöfe der im Jahre 1914 mit 15 kV 16 2/3 Hz elektrifizierten auf österreichischem Staatsgebiet liegenden Teilstrecke der Preßburgerbahn dieselbe Bauart, jedoch mit V-förmigen Hängern. W. Heyden²⁴ und W. Usbeck²⁵ berichten, daß auch die Nebengleise der von der AEG ausgerüsteten Bahnhöfe der Teilstrecke Raguhn - Bitterfeld keine Nachspannung erhielten.

H. Luithlen²⁶ stellt dar, daß die Nachspannung auf den von der AEG-Union ausgerüsteten Teilstrecken der Arlbergbahn teilweise mit Spannwinden erfolgte, die je nach der Jahreszeit zu betätigen waren (s. 13.5.1.1.).

Anlässlich des 50jährigen Jubiläums der Mittenwaldbahn vermerkt A. Koci²⁷, daß sich die Fahrleitungsbauart der Mittenwaldbahn bei der geringen Fahrgeschwindigkeit der Züge zunächst bewährte. Nach etwa zwanzigjährigem Betrieb sei sie durch die inzwischen ausgebildete Einheitsbauart der BBÖ ersetzt worden. Tatsächlich trägt ein bei der Elektrostreckenleitung Innsbruck vorhandener Lageplan der Mittenwaldbahn den Vermerk, daß diese von 1932 bis 1943 auf die Einheitsfahrleitung 1926 (s. 13.6.2.) umgebaut wurde; die Außerfernbahn folgte nach dem Zweiten Weltkrieg. Weiter setzte man dort in der Geraden Zwischenmasten mit Auslegern entsprechend der Einheitsfahrleitung, da der Windantrieb für eine Längsspannweite von 80 m und die Bügelbreite des BBÖ-Stromabnehmers von 1746 mm zu groß war.

3.1.2. AEG-Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk

- 1906 Versuchsbahn bei Oranienburg (Teilstrecke)
- 1911 Raguhn - Bitterfeld
- 1913 Schopfheim - Zell, Schopfheim - Säckingen
- 1914 Nieder Salzbrunn - Halbstadt
- 1915 Fellhammer Gbf - Gottesberg
- 1916 Freiburg (Schlesien) - Nieder Salzbrunn - Gottesberg
- 1916 Freilassing - Bad Reichenhall-Kirchberg
- 1917 Königszelt - Freiburg (Schlesien)
- 1919 Gottesberg - Ruhbank
- 1922 Dessau - Güterglück
- 1923 Güterglück - Magdeburg Hbf / Rothensee Rbf

Bei der Spindlersfelder Versuchsstrecke bedauert es H. Glinski²⁸, daß es betriebssichere Ausgleichsvorrichtungen für die Wärmedehnungen im Fahrdrabt noch nicht gibt. Auf

²³ EKB, 12 (1914), S. 568; EuM, 32 (1914), S. 819 f.

²⁴ EKB, 9 (1911), S. 470.

²⁵ ETZ, 32 (1911), S. 611.

²⁶ ETZ, 45 (1924), S. 1401; EB, 1 (1925), S. 74.

²⁷ EB, 34 (1963), S. 17.

²⁸ GA, 55 (1904), S. 45.

einer Exkursion des Vereins für Eisenbahnkunde zu Berlin²⁹ zur Versuchsbahn bei Oranienburg stellte man fest, daß es mit ziemlich einfachen Mitteln gelungen ist, die für eine größere Geschwindigkeit unbedingt erforderlich gehaltene zum Gleis annähernd parallele Lage des Fahrdrahtes bei allen Temperaturen zu erreichen. Man spricht davon, daß ein durch Federn oder Gewichte gehaltener Spanndraht das Tragseil und den Fahrdraht hält; nähere Einzelheiten nennt die Literatur erst im Zusammenhang mit der Elektrifizierung der Teilstrecke Raguhn - Bitterfeld.

B. Gleichmann³⁰, W. Heyden³¹ und W. Usbeck³² beschreiben die AEG-Fahrleitungsanlage dieser ersten Fernbahnelektrifizierung in Deutschland, darüber hinaus gibt es einen namenlosen Aufsatz³³, der sich verschiedener Quellen bedient hat.

Das nachgespannte Kettenwerk von 75 m Längsspannweite besteht aus Spannseil, Tragseil und Fahrdraht; das Spannseil sollte bei Temperaturänderungen den Durchhang des Tragseils so regeln, daß die Fahrdrahtlage annähernd waagrecht bleibt. Die Literatur verwendet hier den Begriff "Spanndraht"; tatsächlich handelt es sich jedoch um ein Seil, da z. B. W. Heyden³⁴ notiert: "Der Spanndraht ist ebenfalls als Stahldraht ausgeführt und wird aus sieben verzinkten Stahldrähten gebildet." 2,5 m beidseits des Stützpunktes verbindet man Spannseil und Tragseil mit einer Tragseilklemme und führt die Seile Y-förmig unter der Jochkonstruktion hindurch, um sie nicht abschneiden zu müssen. Dafür übernimmt dort ein mit Scheibenisolatoren doppelt isoliertes Halteseil die Zugkraft, wobei dieses über eine Rolle geführt wird. Z 3.1.2./1

Sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof dienen Jochkonstruktionen als Tragwerke, Ausleger über 1 oder 2 Gleise oder Bogenabzüge finden sich nur im Bahnhof. In den Bahnhöfen ist das Halteseil oberhalb, auf freier Strecke dagegen zur besseren Montage des Kettenwerks unterhalb des Querträgers geführt. Der Fahrdraht ist an jedem Stützpunkt durch am Mast bzw. an Hängesäulen angebrachten Seitenhaltern festgelegt, die über eine Kombination aus Glocken- und Rillenisolator doppelt isoliert sind.

Alle 1000 bis 1100 m ist eine einfeldrige Nachspannung mit einer Spreize in Feldmitte zur Abstandhaltung der beiden

²⁹ GA, 68 (1911), S. 67; s. auch ZVDEV, 49 (1909), S. 651 und Organ, 65 (1910), S. 257.

³⁰ EKB, 8 (1910), S. 206 ff.

³¹ EKB, 9 (1911), S. 470 ff.

³² ETZ, 32 (1911), S. 609 ff., 636 ff., 663 ff.

³³ ZVDEV, 52 (1912), S. 969 f.; s. auch W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 130.

³⁴ EKB, 9 (1911), S. 471.

Kettenwerke vorgesehen; die Streckentrennung ist zweifeldrig ausgebildet. Die drei Seile sind über Rollenspanner gemeinsam nachgespannt. Der Festpunkt ist in der Weise verwirklicht, daß in der Mitte eines Nachspannabschnitts das Halteseil an einem Joch festgelegt ist.

In einem Bericht der Königlichen Eisenbahndirektion in Halle (Saale) über das erste Jahr des elektrischen Zugbetriebes³⁵ stellt man fest, daß die Fahrleitungsanlage von Anfang an keine nennenswerten Schwierigkeiten bereitet hat und es auch keine nennenswerte Störungen gegeben hat. G. Brecht³⁶ notiert auch für Geschwindigkeiten über 100 km/h eine einwandfreie Stromabnahme, auch bei 130 km/h bereite diese keine Schwierigkeiten.

Z 3.1.2./3

Kurzberichte über die Elektrifizierung der Wiesen- und Wehratalbahn sprechen für die Teilstrecken Schopfheim - Zell und Schopfheim - Säckingen nur von der "AEG-Fahrleitung neuerer Bauart"³⁷. Eine Zeichnung aus dem Jahre 1909³⁸ zeigt für die Großherzoglich Badische Wiesentalbahn (im Bau) die Ausführung mit Spannseil. F. Gut³⁹ spricht übereinstimmend mit veröffentlichten Fotos nur von der AEG-Fahrleitung mit nachgespanntem Tragseil und Fahrdraht; damit ist dort vermutlich kein Spannseil mehr eingebaut worden. Abbildungen belegen, daß auch die Nebengleise der Bahnhöfe nachgespanntes Kettenwerk erhielten. Die Längsspannweite betrug einheitlich 60 m, in Krümmungen setzte man Zwischenmasten mit Bogenabzügen. Für die Seitenhalter verwendete man einen vertikal stehenden Doppelkelch-Isolator, für das Halteseil noch Scheibenisolatoren. Tragseil und Fahrdraht spannte man gemeinsam nach.

Z 3.1.2./2

Der Anstoß zu einer noch einfacheren Bauart ging von Preußen aus: Im Hinblick auf eine Elektrifizierung der schlesischen Gebirgsbahnen rüstete man im Herbst 1911 auf der Paßhöhe der Strecke Hirschberg - Polaun bei Jakobsthal eine 1500 m lange Probestrecke mit den Fahrleitungsbauarten der Firmen AEG, BEW und SSW aus, um die Wirkungen der dortigen ungewöhnlichen Witterungsverhältnisse festzustellen.⁴⁰ Auf Anregung der Eisenbahnverwaltung vereinfachte die AEG ihre Bauart durch Weglassen des Spann- und Halteseiles, indem das nunmehr aus Bronze hergestellte Tragseil direkt über eine bewegliche Rolle geführt wurde, auch für die Hängedrähte verwendete man dieses Material. Da sich dort dieses System hinsichtlich der selbsttätigen Nachspannung des Kettenwerks bei Temperaturänderungen gut bewährte,⁴¹ schrieb man es unter anderem für die Teil-

³⁵ EKB, 10 (1912), S. 192 f.

³⁶ ZVDI, 55 (1911 II), S. 1921.

³⁷ EKB, 11 (1913), S. 66; EuM, 36 (1918), S. 141.

³⁸ EKB, 8 (1910), S. 205, Fig. 199.

³⁹ JdE, 15 (1964), S. 95 f.

⁴⁰ ZVDEV, 53 (1913), S. 1221.

⁴¹ ZVDEV, 52 (1912), S. 422.

strecke Königszelt - Dittersbach - Ruhbank vor.⁴² W. Usbeck⁴³ führt aus, daß man auf den östlichen Strecken des elektrifizierten Bereichs und auf den Bahnhöfen mit ständigem Dampfbetrieb das Tragseil aus Bronze verwenden mußte, einerseits, weil man durch die Einwirkungen der Gase aus den zahlreichen Kokereianlagen und der Dampflokomotiven ein schnelles Verrosten der Stahlseile befürchtete, andererseits, weil die AEG-Fahrleitung für das Tragseil bezüglich der Wärmedehnung ein dem Kupferfahrdraht möglichst gleichwertiges Material verlangt.

W. Kleinow⁴⁴ vermerkt als Besonderheit der Fahrleitungsanlage der Strecke Lauban - Königszelt und der gleichzeitig elektrifizierten Seitenstrecken, daß man bei doppelgleisigen Strecken ausschließlich Jochkonstruktionen, bei eingleisigen vorwiegend Auslegermasten mit einer Längsspannweite von 100 m in der Geraden verwendete. Der Durchhang des Tragseils betrug hierbei 3 m, weshalb die zugehörigen Isolatorböcke etwa 9 m über S. O. liegen mußten. Der Güterbahnhof Fellhammer erhielt dagegen eine Querseilausrüstung, wobei man die Rollen für das nachgespannte Tragseil an längs liegenden Doppelkappen-Isolatoren befestigte.⁴⁵ Nach R. Wentzel⁴⁶ stellte man im zunächst nur provisorisch ausgerüsteten Bahnhof Königszelt für die wenigen mit Fahrleitung überspannten Gleise Einzelmasten mit Rohauslegern. Sowohl die Nachspannung als auch die Streckentrennung führte man einfeldrig zwischen Abspannjochen aus, wobei Tragseil und Fahrdraht am oberen bzw. unteren Querträger der Jochkonstruktion über Rollenspanner nachgespannt wurden. In der Mitte der auf 1500 m festgelegten Nachspannlänge errichtete man ein stärkeres Verankerungsjoch.⁴⁷ F 3.1.2./2

Da sich der Windabtrieb bei 100 m Längsspannweite als zu groß erwies, mußte man nachträglich Zwischenmasten setzen und dort den Fahrdraht mit einem Seitenhalter festlegen.⁴⁸

Die gleiche Fahrleitungsbauart, jedoch mit einem kurzen Y-Beiseil am Stützpunkt, montierte die AEG nach E. C. Zehme⁴⁹ auch zwischen Dessau und Magdeburg. Da einerseits die Teilstrecke Dessau - Roßlau von SSW ausgerüstet wurde⁵⁰, andererseits der Bahnhof Zerbst von der AEG⁵¹, ist zu vermuten, daß die Strecke Roßlau - Magdeburg diese F 3.1.2./1

⁴² EuM, 36 (1918), S. 139.

⁴³ EB, 1 (1925), S. 39.

⁴⁴ EKB, 10 (1912), S. 685.

⁴⁵ VW, 13 (1919), S. 9 f., Abb. 15 und 16; s. auch Organ, 71 (1916), S. 26, Abb. 19 und 20.

⁴⁶ GA, 91 (1922), S. 63, Abb. 2.

⁴⁷ ZVDEV, 53 (1913), S. 1222.

⁴⁸ EB, 1 (1925), S. 38; EB, 2 (1926), S. 386 f.

⁴⁹ ETZ, 40 (1919), S. 365.

⁵⁰ EKB, 18 (1920), S. 166, Fig. 114.

⁵¹ GA, 89 (1921), S. 108, Abb. 21.

Fahrleitung erhielt. Hierfür notiert W. Heyden⁵², daß die Erhöhung der Längsspannweite von 75 m auf 100 m sowohl mit Rücksicht auf die Sichtbarkeit der Signale als auch im Hinblick auf eine Verminderung der Anzahl der Porzellan-Isolatoren erfolgte. Im mitteldeutschen Netz befestigte man die Diabolo-Isolatoren für das Tragseil sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof unterhalb des Querträgers der Jochkonstruktion, während man in Schlesien diese in Bahnhöfen oberhalb des Querträgers anordnete. Wie in Schlesien mußte man wegen des Windabtriebs auch in Mitteldeutschland in der Geraden nachträglich Zwischenmasten zur seitlichen Festlegung des Fahrdrahtes setzen.

Die Teilstrecke Freilassing - Bad Reichenhall-Kirchberg erhielt sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof dieselbe Bauart, jedoch mit kürzeren Mastabständen und gemeinsamer Nachspannung von Tragseil und Fahrdraht.⁵³

Während die Reichsbahndirektionen Breslau und München auf ihren mit der AEG-Fahrleitung ausgerüsteten Teilstrecken bereits Mitte der zwanziger Jahre das Tragseil festlegten und nur noch den Fahrdraht nachspannten (s. 4.1. bzw. 4.2.), spricht A. Mosler⁵⁴ im Jahre 1942 davon, daß der 17 Jahre lange Betrieb in Mitteldeutschland gezeigt hat, daß das nachgespannte und am Stützpunkt über Rollen geführte Tragseil bei ordnungsgemäßer Unterhaltung wirklich einwandfrei reguliert. Demnach bestand zwischen Roßlau und Magdeburg die AEG-Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk mindestens bis 1940; es läßt sich nicht sagen, ob sie danach umgebaut worden ist (s. 8.1.4.).

3.2. Firma SSW

3.2.1. SSW-Fahrleitung mit festem Kettenwerk bzw. Einfach-fahrleitung

1905 Murnau - Oberammergau

Nach E. Frischmuth⁵⁵ erhielt die 1905 auf elektrischen Zugbetrieb mit 5,5 kV 16 Hz umgestellte Lokalbahn Murnau - Oberammergau im Hinblick auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h größtenteils eine Einfachfahrleitung. Ehnhart⁵⁶ beschreibt diese: Auf freier Strecke befestigte

⁵² EKB, 10 (1912), S. 683; s. auch ZVDEV, 53 (1913), S. 575.

⁵³ EuM, 32 (1914), S. 355; EuM, 36 (1918), S. 140; s. auch GA, 101 (1927), Sh. S. 202, Abb. 11.

⁵⁴ Vorträge bei den Unterrichtskursen mit Erfahrungsaustausch über Konstruktion, Bau und Betrieb von Fahrleitungsanlagen, Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 77.

⁵⁵ EKB, 6 (1908), S. 605.

⁵⁶ EKB, 3 (1905), S. 384 f.; s. auch EB, 31 (1960), S. 52 f.

man den Fahrdraht im Abstand von 30 bis 35 m an gebogenen z 3.2.1./1 schmiedeeisernen Auslegern, im Bahnhof an Querdrähten. Nur ein etwa 1,1 km langes Teilstück zwischen Jägerhaus und Kohlgrub erhielt eine Vielfach- oder Kettenaufhängung der Fahrleitung, wie sie SSW für Straßen- und Kleinbahnen entwickelt hatte.⁵⁷ Zwei fest abgespannte Fahrdrähte verlaufen von einem Stützpunkt zum anderen in einem Abstand von 200 mm bzw. 1000 mm, um eine gleichmäßige Abnutzung der Schleifstücke und eine gute Führung des Stromabnehmers zu erzielen. Bei einer Systemhöhe von 1470 mm beträgt die Längsspannweite 36 m. Zur Sicherung gegen die Folgen eines Drahtbruchs brachte man auf allen Bahnhöfen und Wegübergängen Kurzschlußbügel an. Durch zwei aufeinanderfolgende zweifeldrige Streckentrennungen mit separat gespeistem Mittelstück wollte man verhindern, daß ein von der Speiseleitung abgeschalteter Abschnitt durch den Stromabnehmer vorübergehend unter Spannung kommt.

3.2.2. SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht

1907 Regensdorf - Wettingen
 1908 Blankenese - Ohlsdorf
 1910 Spiez - Frutigen
 1911 Dessau - Raguhn
 1911 Hamburg-Altona - Hamburg-Altona Kai
 1911 St. Pölten - Mariazell - Gußwerk
 1913 Basel Bad Bf - Schopfheim
 1913 Bever - St. Moritz und Samedan - Pontresina
 1914 Leipzig-Mockau - Leipzig Hbf
 1916 Salzburg - Freilassing
 und Bad Reichenhall-Kirchberg - Berchtesgaden
 1919 Ruhbank - Merzdorf (Schlesien)
 1920 Merzdorf (Schlesien) - Hirschberg (Riesengeb)
 1921 Ruhbank - Landeshut (Schlesien) - Liebau (Schlesien)
 1922 Hirschberg (Riesengeb) - Alt Kemnitz (Riesengeb)
 und Blumendorf - Greiffenberg (Schlesien)
 1922 Leipzig Hbf - Halle (Saale)
 1922 Dessau - Roßlau
 1923 Telfs-Pfaffenhofen - Landeck
 1924 St. Anton am Arlberg - Langen am Arlberg
 1925 Landeck - St. Anton am Arlberg

Keine der älteren Fahrleitungsbauarten war so verbreitet,⁵⁸ auch gibt es über keine andere derart viel Literatur wie hier. B. Gleichmann⁵⁹, H. Glinski⁶⁰, W. Heyden⁶¹, W. Reichel⁶² und E. E. Seefehlner⁶³ beschreiben die SSW-

⁵⁷ ZVDEV, 52 (1912), S. 423.

⁵⁸ EKB, 9 (1911), S. 198.

⁵⁹ EKB, 8 (1910), S. 202 ff.; ETZ, 32 (1911), S. 905.

⁶⁰ Organ, 66 (1911), S. 228 ff.

⁶¹ EKB, 9 (1911), S. 468 f.

⁶² EKB, 5 (1907), S. 227 f.

⁶³ Elektrische Zugförderung, Berlin 1922, S. 109 f.

Fahrleitung mit Zwischentragdraht mehr oder weniger ausführlich, weiter Aufsätze⁶⁴ entstanden nach Firmenmitteilungen.

Der Kupferfahrdrabt von 80 bis 100 mm² Querschnitt ist in Abständen von 3 bis 6 m mittels beweglicher Fahrdrabtklammern an einem unmittelbar darüber liegenden Hilfstragdraht aus Stahl oder Bronze aufgehängt, den Hilfstragdraht befestigt man mittels Hängedrähten bzw. Klemmstücken bei ungenügendem Abstand alle 6 bis 12 m am Tragseil aus Stahl oder Bronze. An jedem Stützpunkt legt man Fahrdrabt und Zwischentragdraht über einen Seitenhalter seitlich fest, der im Gleisbogen grundsätzlich auf Zug liegt. Die Überspannung der Weichen geschieht durch Fahrdrabtnäherungen, in der Regel bei einem Stützpunkt. Bei der Nachspannung bzw. der Streckentrennung spannt man nur den Fahrdrabt nach, Tragseil und Zwischentragdraht dagegen fest über Spanschlösser ab. Beim Festpunkt ist der Fahrdrabt mit dem Hilfstragdraht verschraubt. Die ausgerüsteten Strecken unterscheiden sich in der Längsspannweite und damit in der Systemhöhe, der Art und Anordnung der Isolatoren, der Ausbildung von Nachspannung und Streckentrennung und in Sonderkonstruktionen, z. B. bei Überbauten.

S. Herzog⁶⁵ beschreibt die Ausrüstung der Versuchsstrecke Regensdorf - Wettingen: Die Längsspannweite beträgt meist 50 m, vereinzelt 100 m. Auf freier Strecke verwendet man Auslegermasten, im Bahnhof Masten mit Auslegern über ein oder zwei Gleise oder Querträger. Die Isolation ist für die seitliche Festlegung doppelt, beim Tragseil einfach. Bei der dreifeldrigen Streckentrennung führt man die beiden Fahrdrähte etwa 15 m parallel über Gleismitte.

Z 3.2.2./1 Nach H. Glinski⁶⁶, G. Schimpff⁶⁷ und C. Röthig⁶⁸ übernahm
 Z 3.2.2./2 man für die elektrische Stadt- und Vorortbahn Blankenese -
 Ohlsdorf diese Bauart, mußte jedoch angesichts der besonderen räumlichen Verhältnisse dieser zweigleisigen Strecke häufig Ausleger über zwei Gleise verwenden, sonst Jochkonstruktionen, vereinzelt Querdrahtaufhängung. Bei der einfeldrigen Nachspannung und auch Streckentrennung versteifte man die im Abstand von 9 m montierten Ausleger durch gitterförmige Druckträger. Unter den neueren Publikationen beschreiben K. Kotzott⁶⁹ und A. Güldenpenning⁷⁰ die An-

⁶⁴ EKB, 5 (1907), S. 112 ff. und VW, 5 (1910/11), S. 469 f.; s. auch W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 130.

⁶⁵ EKB, 6 (1908), S. 217 f.; s. auch EKB, 6 (1908), S. 606 f.

⁶⁶ Organ, 66 (1911), S. 229 f.; s. auch ZVDEV, 49 (1909), S. 80.

⁶⁷ GA, 59 (1906), S. 103 f.

⁶⁸ GA, 63 (1908), S. 70, 87 ff.

⁶⁹ EB, 26 (1955), S. 99 f.

⁷⁰ EB, 81 (1983), S. 211.

lagen korrekt, Ph. Pforr⁷¹ spricht hier allerdings von einer "Kettenoberleitung nach Spindlersfelder Vorbild".

Da die 1910 bei der BLS und drei Jahre später bei der RhB fertiggestellten Anlagen für die Entwicklung des Fahrleitungsbaus in der Schweiz wesentlich sind, sei hierauf in 14.5. näher eingegangen.

Der elektrische Zugbetrieb der schmalspurigen Mariazellerbahn mit 6,5 kV 25 Hz hat in besonderer Weise zu schriftstellerischer Tätigkeit angeregt: H. Luithlen⁷², H. Kraus⁷³ und A. Koci⁷⁴ stellen aufbauend auf einem Bericht von SSW⁷⁵ die Besonderheiten dar. Das doppelt isolierte Kettenwerk hat auch hier eine Längsspannweite von 50 m; Schwierigkeiten bereitete teilweise die Unterbringung der Stützpunkte in den engen eingleisigen Tunnels, wo man dennoch das ganze Kettenwerk durchführte.

W. Heyden⁷⁶ und W. Reichel⁷⁷ beschreiben die SSW-Ausrüstung der Teilstrecke Dessau - Raguhn. Bei einer Längsspannweite von 75 m baute man an den aus Jochen gebildeten Stützpunkten ausschließlich Diabolo-Isolatoren ein, Nachspannung und Streckentrennung bildete man einfeldrig zwischen den beiden Querträgern von Abspannjochen aus. Unter einer niedrigen Brücke bei Haideburg baute man doppeltes Kettenwerk ein. F 3.2.2./3

B. Gleichmann⁷⁸ nennt die Abweichungen der auf der Wiesentalbahn eingebauten Fahrleitung gegenüber jener der Hamburg-Altonaer Vorortbahn, so eine Längsspannweite von 72 m, größere Abstände der Hängedrähte und der verschiebbaren Klammern, Diabolo-Isolatoren an den Stützpunkten mit waagerechten Auslegern und Stützstreben auf der freien Strecke. Nachspannung und Streckentrennung führte man wohl einfeldrig aus, doch mußte die schwere Auslegerkonstruktion jeweils mittels Spannseilen am nächsten Gittermast abge-spannt werden. Z 3.2.2./3

Über die Ausrüstung der Strecke Salzburg - Berchtesgaden gibt es nur kurze Hinweise⁷⁹, denen man immerhin die Baulosaufteilung entnehmen kann. Nach Fotos läßt sich nur aussagen, daß das Tragseil hier grundsätzlich an Diabolo-Isolatoren unterhalb des waagerechten Auslegers bzw. der Jochkonstruktion befestigt wurde, während dies bei der Wiesentalbahn in Bahnhöfen oberhalb angeordnet war.

⁷¹ EB, 11 (1935), S. 311.

⁷² EuM, 54 (1936), S. 488 und EB, 13 (1937), S. 138.

⁷³ EuM, 72 (1955), S. 520 ff.

⁷⁴ JdE, 13 (1962), S. 223 f.

⁷⁵ EKB, 10 (1912), S. 295 f.

⁷⁶ EKB, 9 (1911), S. 468 ff.

⁷⁷ EKB, 10 (1912), S. 63 ff.

⁷⁸ EKB, 8 (1910), S. 204; s. auch EKB, 11 (1913), S. 65 f.

⁷⁹ EuM, 32 (1914); S. 355; EuM, 36 (1918), S. 140.

F 3.2.2./4 P. Poschenrieder⁸⁰ nennt die Baulosaufteilung des elektri-
 F 3.2.2./5 fizierten schlesischen Netzes, jedoch erhielt die Strecke
 F 3.2.2./6 Ruhbank - Greiffenberg nicht durchgehend die SSW-Fahrlei-
 tung mit Hilfstragdraht. K. Epstein⁸¹ notiert hierzu: "An
 der bewährten aus Tragseil, Hilfstragdraht und Fahrdraht,
 also aus 3 Drähten bestehenden Bauart der Siemens-Schuk-
 kertwerke hat sich inzwischen nichts geändert." Tatsäch-
 lich erhielt der Bahnhof Jannowitz anstelle der Jochkon-
 F 3.2.2./9 strukturen eine Querseil-Überspannung mit doppelter Iso-
 lation.⁸² Weiter ist bemerkenswert, daß während des Ersten
 Weltkrieges bei den von SSW ausgerüsteten größeren Bahnhö-
 fen Ruhbank und Hirschberg nach W. Usbeck⁸³ der Fahrdraht
 nicht demontiert wurde, weshalb man dort nach vorhandenen
 Fotos zumindest auf Nebengleisen noch lange die ursprüng-
 liche Fahrleitung beibehielt.

Für das mitteldeutsche elektrifizierte Netz nennt die Li-
 teratur keine Baulosaufteilung; auch sind die Beschreibun-
 gen älterer Fahrleitungsanlagen dieses Bereichs summa-
 risch. Nach Abbildungen erhielt vor allem die Strecke
 F 3.2.2./7 Leipzig - Halle die SSW-Ausrüstung mit 100 m Längsspann-
 F 3.2.2./8 weite, wobei nach R. Heinemann⁸⁴ der Bahnhof Gröbers ver-
 F 3.2.2./10 suchsweise eine Querseilüberspannung mit einer Querspann-
 weite von bis zu 90 m erhielt.

Z 3.2.2./4 Schließlich baute man nach P. Dittes⁸⁵ und H. Luithlen⁸⁶
 Z 3.2.2./5 diese Bauart mit 75 m Längsspannweite, zweifeldriger Nach-
 spannung und dreifeldriger Sreckentrennung auch zwischen
 Telfs-Pfaffenhofen und Langen am Arlberg ein, wobei die
 Diabolo-Isolatoren für das Tragseil grundsätzlich oberhalb
 der waagerechten Ausleger bzw. Querträger der Joche ange-
 bracht wurden. Während man für die Stützpunkte im einglei-
 sigen Tunnel die auf der Mariazellerbahn verwirklichte
 Bauart übernehmen konnte, war wegen des engen Profils des
 Arlberg-Tunnels dort eine Sonderkonstruktion mit 2 Fahr-
 Z 3.2.2./6 drähten erforderlich.

Grundsätzlich bewährte sich diese Bauart gut, doch gab es
 bei verschiedenen Details Schwierigkeiten. Mußte nach A.
 Freund⁸⁷ auf der Hamburger Stadt- und Vorortbahn wegen des
 Dampflokbetriebes und des feuchten Hamburger Klimas die
 einfache Tragseilisolierung in eine doppelte umgebaut wer-

⁸⁰ EuM, 36 (1918), S. 139.

⁸¹ VW, 13 (1919), S. 9.

⁸² EKB, 18 (1920), S. 165, Fig. 113.

⁸³ ETZ, 41 (1920), S. 696.

⁸⁴ Organ, 79 (1924), S. 190; s. auch W. Wechmann (Hg.),
 Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn,
 Berlin 1924, S. 138, Abb. 206.

⁸⁵ EuM, 39 (1921), S. 191; ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 109.

⁸⁶ ETZ, 45 (1924), S. 1400 ff.; EB, 1 (1925), S. 75 f.;

EuM, 43 (1925), S. 357 ff.

⁸⁷ AEW, 35 (1932), S. 1174.

den, so erwies sich umgekehrt nach H. Luithlen⁸⁸ die doppelte Isolation der Mariazellerbahn als eine trügerische Sicherheitsmaßnahme, da man nicht immer genau sagen kann, ob an einzelnen Stellen der eine Isolator durchgeschlagen ist. Auch für die Wiesentalbahn beklagt F. Gut⁸⁹ die unbefriedigende Isolation, dazu die gewichtsmäßig unzureichende Nachspannung.

Die gute Beurteilung der Stromabnahme bei der Fahrleitung Dessau - Bitterfeld bei hohen Geschwindigkeiten durch G. Brecht⁹⁰ gilt ausdrücklich auch für die Bauart SSW. Anlässlich des Lehrgangs Mai/Juni 1942 stellt A. Mosler⁹¹ hierzu fest: "Diese Fahrleitung war zwar etwas kompliziert, hat sich aber recht gut befahren. Bei einer Meßfahrt auf der Arlbergbahn z. B. befuhr sie sich bei 100 km/h Fahrgeschwindigkeit und dem schweren Doppelkohleschleifstück wesentlich besser und funkenärmer als die angrenzende Fahrleitung."

Die SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht steht am Anfang der Entwicklung der Verbundfahrleitung, die insbesondere für den Gleichstrombetrieb mit 1500 V Nennspannung verwendet wird. Etwa gleichzeitig, als SSW auf der Arlbergstrecke ihre Fahrleitung mit 50 mm² Stahl-Tragseil, 33 mm² Stahl-Zwischentragdraht und 100 mm² Kupfer-Fahrdraht montierte,⁹² rüstete die Paris-Orléans-Bahn die Strecke Paris - Vierzon mit der von K. Sachs⁹³ und E. Wist⁹⁴ beschriebenen Kettenfahrleitung mit Haupttragseil (116 mm² Bronze), Hilfstragdraht (104 mm² Kupfer) und 2 Fahrdrähten (2 x 107 mm² Kupfer) aus, die durch im Frühjahr bzw. im Herbst nachgestellte Spannschlösser abgespannt wurden. Bei der 1937 fertiggestellten Fahrleitung Paris - Le Mans gleicher Bauart und Abmessungen erhielten die beiden Fahrdrähte eine Gewichtsnachspannung.⁹⁵

M. Garreau⁹⁶ und M. Tessier⁹⁷ stellen die hieraus von der SNCF entwickelten Einheitsbauarten für die mit 1500 V gespeisten Gleichstrom-Strecken dar; einerseits eine Normal-

⁸⁸ EuM, 54 (1936), S. 488.

⁸⁹ JdE, 15 (1964), S. 96.

⁹⁰ ZVDI, 55 (1911 II), S. 1921 f.; s. auch ZVDEV, 52 (1912), S. 971.

⁹¹ Vorträge bei den Unterrichtskursen mit Erfahrungsaustausch über Konstruktion, Bau und Betrieb von Fahrleitungsanlagen, Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 30.

⁹² ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 109.

⁹³ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 161 f.

⁹⁴ EuM, 47 (1929), S. 828 f.

⁹⁵ L'électrification de la ligne Paris - Le Mans, Paris 1937.

⁹⁶ Cours de Traction Électrique, Paris ²1960, S. 154 ff.

⁹⁷ Traction électrique et thermo-électrique, Paris 1978, S. 186 ff.

bauart gleicher Querschnitte, andererseits für die Strecke Paris - Lyon eine verstärkte Bauart mit Haupttragseil (116 mm² Bronze), Hilfstragdraht (143 mm² Kupfer) und 2 Fahrdrähten (2 x 150 mm² Kupfer). Seit 1967 befahren Regelzüge mit diesen Bauarten ausgerüstete Strecken mit bis zu 200 km/h.⁹⁸ Nach F. Baeyens⁹⁹ hat auch die SNCB für ihre Elektrifizierungen zunächst diese Bauweise mit anderen Querschnitten übernommen. Damit hat sich die SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht international als eine hervorragende Entwicklung erwiesen; dennoch führte der Zwang zum Sparen beim Bau und Unterhalt von Fahrleitungen zu anderen einfacheren Konstruktionen.

3.2.3. SSW-Fahrleitung mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht

1913 Bever - Scuol-Tarasp

Da diese Bauart vor allem die Entwicklung in der Schweiz beeinflusst hat, sei sie in 14.5.2.2. dargestellt.

3.2.4. SSW-Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk

1922 Alt Kemnitz (Riesengeb) - Blumendorf

Erstmals rüstete SSW nach eigenen Angaben ab 1911 ein auf den Außenstrecken mit 10 kV 25 Hz betriebenes Schmalspurnetz mit nachgespanntem Kettenwerk und Rohrschwenkauslegern aus, die Tramways Départementaux de la Haute-Vienne¹⁰⁰; M. Janin¹⁰¹ beschreibt diese Bauart und bezeichnet sie als eine französische Konstruktion. Die hieraus abgeleitete SSW-Fahrleitung für die 1915 elektrifizierte Strecke Kiruna - Riksgränsen sei hier in 13.5.3. erläutert, da die ÖSSW-Fahrleitung der Salzkammergutbahn mit dieser Bauart nahezu übereinstimmt.

F 3.2.4./1 Nach G. Naderer¹⁰² rüstete SSW die freie Strecke Alt Kemnitz - Blumendorf des schlesischen Netzes mit nachgespanntem Kettenwerk und Stützpunkten mit Rohrschwenkauslegern und doppelter Isolation aus. U. Kroll¹⁰³ bezeichnet diese Fahrleitung als "ältere schwedische Fahrleitungsbauart mit doppelter Isolation."

⁹⁸ LVDR Nr. 1117 vom 29.10.1967, S. 3 ff.; LVDR Nr. 1293 vom 23.05.1971, S. 4 ff.; LVDR Nr. 1958 vom 6.09.1984, S. 4 ff.; s. auch JdE, 18 (1967), S. 86.

⁹⁹ JdE, 9 (1958), S. 11 f.

¹⁰⁰ EKB, 9 (1911), S. 60; EKB, 10 (1912), S. 681; Organ, 66 (1911), S. 142 f.; VW, 5 (1910/11), S. 473.

¹⁰¹ Cours de traction électrique, Bd. 2, Paris ²1913, S. 85 f.

¹⁰² ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 133.

¹⁰³ EB, 31 (1960), S. 128, Bild 20.

Vermutlich bezieht sich die Aussage von K. Lechleuthner¹⁰⁴, wonach kurz nach dem Ersten Weltkrieg in Schlesien eine Fahrleitung mit nachgespanntem Tragseil gebaut wurde, bei der durch Aufwind an hohen Dämmen so große Schwingungen entstanden, daß man das Tragseil wieder festlegte, auf diese Strecke.

3.3. Fahrleitung System Huber-Stockar

1905 Zürich Seebach - Zürich Affoltern
 1906 Zürich Affoltern - Regensdorf
 1907 Locarno S. Antonio - Bignasco

S. Herzog¹⁰⁵ nennt u. a. folgende Bedingungen an eine Leitungsanlage für elektrische Vollbahnen:

- Herabdrücken der äußeren Störungen ausgesetzten Angriffsflächen der Leitungsanlagen auf ein Minimum
- Möglichkeit, jene Leitungsfläche zur Stromabnahme heranzuziehen, die am wenigsten einer Vereisungsgefahr ausgesetzt ist
- Wegfall aller Streckenisolatoren wegen der Unmöglichkeit, bei hohen Betriebsspannungen eine gute Isolation sicherzustellen
- Zugänglichkeit der Leitung von der Seite her
- Beschränkung der Zahl der Konstruktionselemente der Leitungsanlage auf ein Minimum

Unter den entsprechenden Anforderungen an den Stromabnehmer seien vor allem minimale Masse und hohe Elastizität genannt.

Naheliegenderweise entspricht die vom selben Verfasser¹⁰⁶ Z 3.3./1 beschriebene und von E. Huber-Stockar, Direktor der MFO, konzipierte Fahrleitung mit einfachem Kontaktdraht, der auf freier Strecke seitlich des Gleises an auf Holzmasten aufgeschraubten Stützisolatoren befestigt ist, unter Überbauten und in Bahnhöfen dagegen über dem Gleis und je nachdem von einem Rutenstromabnehmer in Seiten- bzw. Unterkontakt bestrichen wird, diesen Bedingungen.

Nach S. Herzog¹⁰⁷ erprobte die MFO auf der freien Strecke zwischen Zürich Seebach und Regensdorf drei verschiedene Aufhängungen des Fahrdrachtes unter 15 kV 50 Hz, später 15 Hz:

- starre Aufhängung
- elastische Aufhängung mittels einer federnden Kulisse
- elastische Aufhängung mittels Tragedrähten

Den Bahnhof Zürich Seebach rüstete man mit fest abgespann-

¹⁰⁴ SSW, 15 (1935), S. 314.

¹⁰⁵ EKB, 2 (1904), S. 8 f.

¹⁰⁶ EKB, 2 (1904), S. 9 ff., 23 ff.

¹⁰⁷ EKB, 3 (1905), S. 462 ff.; EKB, 6 (1908), S. 215 ff.

tem Kettenwerk aus Tragseil und Fahrdraht auf Jochkonstruktionen von bis zu 60 m Längsspannweite aus, die Bahnhöfe Zürich Affoltern und Regensdorf mit Queraufhängungen mit je einem Tragdraht und einem Spanndraht zur seitlichen Festlegung der Kontaktdrähte an Ringen.

Die mit 5 kV 26 Hz betriebene Meterspurlinie Locarno S. Antonio - Bignasco war die einzige mit dieser Fahrleitungsbauart ausgerüstete Strecke, nachdem der elektrische Versuchsbetrieb zwischen Zürich Seebach und Wettingen 1909 eingestellt worden war. Erneut beschreibt S. Herzog¹⁰⁸ diese Anlage mit starrer Aufhängung des Fahrdrahtes, die 1923 auf 1200 V Gleichspannung umgestellt und bis zur Betriebseinstellung im Jahre 1965 mit bis zu 45 km/h befahren wurde; die Teilstrecke Locarno - Ponte Brolla ist heute Bestandteil der Centovalli-Bahn.

3.4. BEW-Fahrleitung

1912 Garmisch-Partenkirchen - Staatsgrenze bei Scharnitz
 1913 Garmisch-Partenkirchen - Staatsgrenze bei Griesen
 1914 Bitterfeld - Leipzig-Mockau
 1922 Greiffenberg (Schlesien) - Lauban
 1923 Hirschberg (Riesengeb) - Ober Schreiberhau - Polaun

- Z 3.4./1 H. Westphal¹⁰⁹ beschreibt die "Fahrleitung mit Vielfachaufhängung für Vollbahnen" der BEW: Das feste Tragseil weist jeweils im Abstand von ca. 6,25 m kurze waagerechte Geradföhrungen auf, die in Längsrichtung leicht verschiebbare Läufer tragen, welche durch schräge Hängedrähte mittels Fahrdrahtklemmen den nachgespannten Fahrdraht fassen.
- Z 3.4./2 In der Mitte einer Spannweite gleitet der Läufer direkt auf dem Tragseil, an dieser Stelle befestigt man ein Tragseilschutzblech. Die Hängeklemme am unteren Ende des Läufers ist so ausgebildet, daß man die Fahrdrähthöhe leicht nachregulieren kann.
- Z 3.4./3

Für die Stützpunkte der freien Strecke verwendet man bei zweigleisigen Eisenbahnlinien leichte Jochkonstruktionen, bei eingleisigen Bahnen waagerechte Ausleger mit Stützstrebe, in der Kurve auf der Bogeninnenseite mit Rüsselausleger, damit der Seitenhalter dort auf Zug liegt. Im Bahnhof montiert man Jochkonstruktionen mit Untergurt. Nur der Bahnhof Ober Schreiberhau der Riesengebirgsbahn erhielt eine Querseilaustrüstung, die mit jener des Güterbahnhofs Fellhammer (siehe 3.1.2.), abgesehen von den Rollen für das dort nachgespannte Tragseil, übereinstimmt.

¹⁰⁸ EKB, 5 (1907), S. 688 ff.

¹⁰⁹ EKB, 17 (1919), S. 257 ff., 265 ff.; EKB, 20 (1922), S. 38 ff., 45 ff.; s. auch ETZ, 31 (1910), S. 1050; ETZ, 34 (1913), S. 139; W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 130 f.

Der Diabolo-Isolator zur Befestigung des Tragseils liegt grundsätzlich unterhalb des Querträgers, dies auch, um auf freier Strecke das Kettenwerk außerhalb des Lichttraumprofils am Fuß der Masten zusammenzubauen und dann hochzuziehen. In engen Kurvenradien ordnet man zwischen den Hauptstützpunkten Bogenabzüge an. Sowohl Nachspannung als auch Streckentrennung sind grundsätzlich einfeldrig ausgebildet, auf den Teilstrecken in Mitteldeutschland und Schlesien zwischen Abspannjochen, in Bayern mittels Ankerseilen, wie in 3.2.2. dargestellt. Um einen guten Übergang des Stromabnehmers von einem Fahrdraht zum andern zu ermöglichen, wählt man in Bayern dort die Längsspannweite mit 50 bis 60 m möglichst groß.

Nach einer veröffentlichten Zusammensetzung¹¹⁰ erhielt 1912 zunächst das auf deutschem Staatsgebiet liegende Teilstück der Mittenwaldbahn diese Bauart. H. Westphal¹¹¹ stellt dar, daß man auf der Strecke Garmisch-Partenkirchen - Mittenwald die Längsspannweite auf 90 m festlegte, auf jener nach Griesen dagegen auf 80 m.

K. Epstein¹¹² umreißt die auf verschiedenen Teilstrecken der Schlesischen Gebirgsbahn erstellte BEW-Fahrleitung mit 100 m Längsspannweite, wobei man auf der Riesengebirgsbahn Hirschberg - Polaun auf freier Strecke auch eine Anzahl Schleuderbetonmasten verwendete, dies im Hinblick auf die Unterhaltungskosten. Nach einer Übersicht von C. Montagni¹¹³ handelt es sich hier um den ersten Versuch, auf einer mit 15 kV 16 2/3 Hz elektrifizierten Vollbahnstrecke Schleuderbetonmasten einzubauen. Über die BEW-Ausrüstung des mitteldeutschen Netzes veröffentlicht F. W. Jacobs¹¹⁴ lediglich einige Fotos.

Nach dem Zeichnungs-Verzeichnis 1947 des RZA München ist die BEW-Fahrleitung als einzige der Firmenbauarten der 1. Generation mit Zeichnungen von Masten, der Fahrdrahtaufhängung und der Fahrdraht-Nachspannung der Strecke Scharnitz - Griesen im Jahre 1945 dem Zeichnungswesen der DRB eingliedert worden;¹¹⁵ dies sagt aber nichts über die Existenz anderer älterer Firmenbauarten zu jenem Termin aus.

Weiter nennt das Zeichnungs-Verzeichnis 1947 zwei Meßfahrten für die Teilstrecken Neuwiederitzsch - Rackwitz bzw.

¹¹⁰ EKB, 17 (1919), S. 272.

¹¹¹ EKB, 20 (1922), S. 41.

¹¹² VW, 13 (1919), S. 9 f.; s. auch ZVDEV, 53 (1913), S. 1221 f.

¹¹³ VW, 23 (1929), S. 685 ff., 700 ff., 716 ff.

¹¹⁴ Fahrleitungsanlagen für elektrische Bahnen, München und Berlin 1925, S. 214 ff.

¹¹⁵ Zeichnungen Ezs 234 Ausgabe Sept. 1945 und Ezs 257 bis 261 Ausgabe Okt. 1945.

- F 3.4./1 Leipzig - Bitterfeld,¹¹⁶ jedoch war dort im Jahre 1940 mit
 F 3.4./2 Sicherheit nicht mehr die ursprüngliche Fahrleitungsbauart
 vorhanden; zumindest hatte man die Dreiecks-Läufer durch
 normale Hänger ersetzt und bei einer Längsspannweite von
 100 m Zwischenmasten zur seitlichen Festlegung des Fahr-
 drahtes errichtet.

3.5. Fahrleitung System Fischer-Jellinek

1914 Kittsee/Köpcsény - Landesgrenze bei Berg N. Ö.

- Z 3.5./1 J. Fischer von Tóváros¹¹⁷ beschreibt diese erstmals bei
 den mit Gleichstrom elektrifizierten Budapester Lokalbah-
 nen verwendeten Bauart. Es handelt sich ebenfalls um eine
 Kettenfahrleitung mit festem Tragseil und nachgespanntem
 Fahrdraht, jedoch ist deren gegenseitige Verschiebbarkeit
 bei Temperaturänderungen konstruktiv anders gelöst. Im Ab-
 stand von etwa 4 m sind V-förmige Aufhängedrähte durch
 einfache Klemmen am Stahltragseil befestigt. Der untere
 waagerechte Teil dieser Drähte wird zwischen den Backen
 der Fahrdrahtklemme durch Befestigungsschrauben gehalten,
 die durch entsprechende Formgebung ein leichtes Gleiten
 des Profildrahtes gewährleisten soll.

- Z 3.5./2 Nach B. Valatin¹¹⁸ erhielt sowohl die Einphasen- als auch
 die Gleichstromstrecke des ungarischen Teilstücks der Bahn
 Wien - Preßburg/Pozsony diese Fahrleitung, wobei der etwa
 2,2 km lange Abschnitt Kittsee/Köpcsény bis zur Landes-
 grenze bei Berg N. Ö. mit 15 kV 16 2/3 Hz gespeist wurde.
 Hier errichtete man nur Auslegermasten, dies auch in der
 Betriebsausweiche Kittsee/Köpcsény. Die doppelte Isolation
 ist durch zwei ineinandergebaute und voneinander durch
 eine Metallkappe abgesonderte Porzellan-Isolatoren er-
 reicht.

Schwartzkopff¹¹⁹ berichtet, daß mit dem System von
 Fischer-Jellinek recht befriedigende Ergebnisse erzielt
 worden sind, befürchtet jedoch eine hohe Abnutzung in der
 beweglichen Fahrdrahtklemme. Darüber hinaus vermutet E. E.
 Seefehlner¹²⁰ eine hohe Eigenreibung des Systems. Längere
 Betriebserfahrungen konnte man hier nicht sammeln, da A.
 Horn¹²¹ für 1920 den Abtrag der Wechselstrom-Fahrleitung
 zwischen Kittsee/Köpcsény und Berg N. Ö. notiert; an deren
 Stelle errichtete man im selben Jahr eine Gleichstrom-
 Fahrleitung und nahm den durchgehenden Betrieb wieder auf.

¹¹⁶ Zeichnungen Ezsv 163 Ausgabe März 1940 und Ezsv 182
 Ausgabe Mai 1940.

¹¹⁷ EKB, 10 (1912), S. 367 f.; s. auch Organ, 71 (1916),
 S. 30.

¹¹⁸ EKB, 13 (1915), S. 27 ff.

¹¹⁹ EKB, 13 (1915), S. 40.

¹²⁰ ETZ, 34 (1913), S. 202.

¹²¹ Die Preßburgerbahn 1914-1974, Wien 1974, S. 113.

Über eine erneute Ausrüstung dieser Strecke mit einer Wechselstrom-Fahrleitung wird in 13.6.2.2. zu sprechen sein.

3.6. Systemunterschiede und Anwendungsgebiete

Die ersten beiden Jahrzehnte des elektrischen Zugbetriebes mit hochgespanntem Einphasenwechselstrom führten zur Entwicklung sehr unterschiedlicher Fahrleitungssysteme. Dies nicht nur, weil jede Firma ihr System anbieten wollte, sondern auch, weil verschiedene Firmen entsprechend den unterschiedlichen Anwendungsgebieten eine ganze Palette unterschiedlicher Fahrleitungsbauarten ausarbeiteten, insbesondere SSW. F. W. Jacobs¹²² und Reishaus¹²³ ordnen Z 3.6./1 unterschiedlich differenziert die einzelnen Systeme bestimmten Anwendungsgebieten zu:

- Einfachfahrleitung mit fest abgespanntem Fahrdraht, geeignet für Straßen-, Klein- und Überlandbahnen bis etwa 35 km/h,
- Kettenfahrleitung mit fest abgespanntem Kettenwerk, geeignet für Straßen-, Klein- und Überlandbahnen bis etwa 50 km/h,
- Kettenfahrleitung mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht, geeignet für Klein-, Überland- und Vollbahnen bis etwa 75 km/h,
- Kettenfahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk, geeignet für Klein-, Überland- und Vollbahnen bis etwa 100 km/h,
- Verbundfahrleitung mit festem Tragseil, festem Hilfs-tragdraht und nachgespanntem Fahrdraht, geeignet für Klein- und Überlandbahnen sowie insbesondere für Vollbahnen und hohe Fahrgeschwindigkeiten.

Da eine derartige Typenvielfalt mit nicht genormten Bauteilen bei Unterhaltungsarbeiten und bei Um- und Erweiterungsbauten hinderlich ist und bereits das "Übereinkommen betreffend die Ausführung elektrischer Zugförderung" von 1912/13 ausdrücklich die Erstellung der Streckenausrüstung nach einheitlichen Gesichtspunkten vorsieht, drängten schon die Länderbahnen auf eine Vereinheitlichung.

¹²² Fahrleitungsanlagen für elektrische Bahnen, München und Berlin 1925, S. 205 f.

¹²³ EKB, 18 (1920), S. 155 f.

4. Regionale Fahrleitungsbauarten der 1. Generation

4.1. RBD München und RBD Regensburg

- 1922 Freilassing - Bad Reichenhall (Teilstrecke, Umbau)
- 1925 München Hbf - Garmisch-Partenkirchen
- 1925 Tutzing - Kochel
- 1925 München Hbf - Landshut (Bayern)

1921 hatte der Reichsverkehrsminister zur Vereinheitlichung der Fahrleitungsanlagen den Fahrleitungsausschuß gebildet (s. 5.1.1.). Bereits im folgenden Jahr entwickelte die Reichsbahn im Benehmen mit den Elektrizitätsfirmen eine von W. Wechmann¹ als "Einheitsfahrleitung" bezeichnete Bauart und baute sie im selben Jahr auf einem Teilstück der Strecke Freilassing - Bad Reichenhall ein; nähere Ausführungen hierzu fehlen. Da es sich bei dem in der Literatur abgedruckten Bild um ein Werkfoto der Firma Bergmann handelt, ist anzunehmen, daß diese die dort vorhandene AEG-Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk (s. 3.1.2.) so umbaute, daß man das Tragseil fest abspannte und die drei kürzesten Hänger in Feldmitte durch Läufer ersetzte.

Zunächst ist bemerkenswert, daß der Schlesier W. Wechmann als der für den elektrischen Zugbetrieb im Reichsverkehrsministerium zuständige Referent² bereits hier von einer "Einheitsfahrleitung" spricht, obwohl die etwa gleichzeitig entwickelte Bauart der RBD Breslau in vielen Komponenten anders ausgeprägt ist als jene der Direktionen München und Regensburg. Dies liegt daran, daß der Begriff Einheitsfahrleitung in Deutschland in mehreren Stufen jeweils anders verstanden worden ist; diese werden in den nächsten Kapiteln darzustellen sein.

G. Naderer³ und besonders L. Schultheiß⁴ beschreiben die regionale bayerische Fahrleitungsbauart. Erstmals errichteten hier die Firmen AEG, BEW und SSW in ihrem jeweiligen Baulos nach denselben Zeichnungen eine Fahrleitungsanlage, die sich lediglich in verschiedenen firmenspezifischen Details unterscheidet:

- AEG: Starnberg - Weilheim, Tutzing - Kochel
- BEW: Weilheim - Garmisch-Partenkirchen
- SSW: München Hbf - Starnberg

z 4.1./1 Das Kettenwerk mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht hat nach der Literatur eine Längsspannweite von 75 m. Lagepläne der BD München nennen für die Teilstrecken München Hbf - Gauting und Tutzing - Huglfing eine solche von 90 m (s. 8.1.4.); von Hechendorf bis Garmisch-Par-

¹ ETZ, 43 (1922), S. 837; VW, 17 (1923), S. 179 f.

² EB, 12 (1936), S. 277 f.

³ ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 126 ff.; Organ, 81 (1926), S. 278 ff.; GA, 101 (1927), Sh. S. 198 ff.

⁴ EB, 3 (1927), S. 137 ff.

tenkirchen beträgt die Regelspannweite in der Geraden 77,5 m, ausnahmsweise 80,7 m. Bei dem 1935 verwirklichten Doppelpurausbau Huglfing - Hechendorf baute man die Einheitsfahrleitung 1931 mit 75 m Spannweite ein (s. 6.2.). Im Zusammenhang mit dem Bau der S-Bahn München ersetzte man zwischen Gauting und Tutzing die vorhandene Fahrleitung durch die Oberleitung Re 160 mit 80 m Längsspannweite (s. 11.3.1.). Auf diesen beiden Teilstrecken sind damit für die Längsspannweite der ursprünglichen Fahrleitung keine Aussagen mehr möglich.

Je nach Literatur beträgt die Systemhöhe 1,9 m bzw. 2,0 m. In Feldmitte ersetzen Läufer die Hänger. Auf sämtlichen Strecken verwendete man Stahlmasten - in den Bahnhöfen Aufsetzmasten, sonst Einsetzmasten -, nur von Starnberg bis Tutzing (einschließlich) Schleuderbetonmasten.

Sowohl auf ein- als auch auf zweigleisigen Streckenabschnitten montierte man das lotrechte Kettenwerk an waage- Z 4.1./3 rechten Auslegern mit Stützstrebe bei den Baulosen von AEG und SSW, bei dem Baulos von BEW südlich Weilheim dagegen mit Zugstange. Damit ergeben sich gewisse Ähnlichkeiten zu den Stützpunkten der freien Strecke bei der BLS (s. 14.5.2.1.) bzw. RhB (s. 14.5.2.2.). Zur Isolation verwendete man einheitlich einen Isolatorsatz aus zwei Glocken- und einem Diabolo-Isolator, die im Gegensatz zu früher einscherbig ausgeführt wurden. Rüsselausleger sah man nur auf der Bogeninnenseite bei kleinen Kurvenradien vor. Zur Verbesserung der Signalsicht ordnete man vor Hauptsignalen einen Sehkeil mit einer Basis von 400 m an; erstmals in Deutschland hatte die RBD Magdeburg bei der Elektrifizierung ihres Teilstücks der Strecke Dessau - Magdeburg in den Jahren 1922/23 einen solchen vorgesehen.⁵

Auf dem mehrgleisigen Streckenabschnitt München Hbf - Gau- Z 4.1./4 ting und in den Bahnhöfen bis Garmisch-Partenkirchen baute Z 4.1./5 man, abgesehen von einigen Abspannjochen, nur die Quer- F 4.1./3 seilaufhängung mit 2 Quertragseilen und 3 geerdeten Richtseilen ein, um in einem Tempergußrahmen den beschriebenen Isolatorsatz als Tragseilstützpunkt verwenden zu können; erstmals sah man für die Befestigung der Seitenhalter Hängestützen mit längs liegenden Isolatoren vor. Trotz der bei Querfeldern gegenüber Jochkonstruktionen höheren Kosten gab die RBD München diesen den Vorzug, da die Querjochseile über den Gleisen die Durchsichtigkeit der Fahrleitung nach oben und damit die Sichtbarkeit der Signalflügel und die Übersicht über die ganze Strecke beeinträchtigen. Abweichend von dieser Regelung verwendete man im Güterbahnhof München-Laim Jochseile, da dort nur die Ein- und Ausfahr- sowie einige andere Gleise überspannt wurden und die Gleise des Verschiebebahnhofs sehr eng aneinander liegen. Sowohl bei den Einzelstützpunkten als auch im Quertragwerk lagen die Seitenhalter auch auf Druck.

⁵ ZVDEV, 62 (1922), S. 541.

Da man die Hackerbrücke in München Hbf aus Kostengründen nicht anheben und die Gleise nur wenig absenken konnte, mußte dort der Fahrdraht nur 4,91 m über S. O. verlegt werden, der Abstand der spannungsführenden Teile gegen Erde betrug nur 200 mm.

Z 4.1./2 Die Nachspannung erfolgte in Abständen von 1200 bis 1500 m zweifeldrig mit sich am Zwischenstützpunkt kreuzenden Fahrdrähten, die Streckentrennung auch auf eingleisigen Strecken einfeldrig zwischen Abspannjochen, bei engen Kurvenradien mit einem Zwischenstützpunkt. Den Festpunkt bildete man in der bei der DB heute noch bei festem Tragseil üblichen Form eines Verankerungspunktes im mittleren Mastfeld aus.

F 4.1./1 Während man die Zweiglinie Tutzing - Kochel in derselben
F 4.1./2 Weise ausrüstete, lassen sich für die Strecke München Hbf
F 4.1./5 - Landshut verschiedene Abweichungen festhalten, die G. Naderer⁶ in einem weiteren Aufsatz notiert. Bei gleichem Fahrdrahtzickzack von ±60 cm vergrößerte man die Längsspannweite von 75 m auf 90 m. Größtenteils verwendete man
F 4.1./4 Stahlmasten, für die Teilstrecke Freising - Langenbach Schleuderbetonmasten, teilweise mit den von C. Montagni⁷ beschriebenen Eisenbetonauslegern. Abgesehen von 2 Bahnhöfen, montierte man in den übrigen den bisher verwendeten Isolatorsatz in der Querseilaufhängung, jedoch längs liegend zwischen zwei geerdeten oberen Richtseilen, wodurch sich der schwere Tempergußrahmen vermeiden läßt; das geerdete obere Richtseil und die Hängestützen behielt man bei. Im Bahnhof Landshut baute man dagegen Querfelder mit zweigliedrigen Vaupel-Isolatoren wie auf der Strecke München-Pasing - Herrsching (s. 5.2.3.) ein, in Feldmoching dagegen als Knüppelisolatoren bezeichnete Stabisolatoren aus Steatit (s. 5.2.1.).

Z 4.1./6 Die Nachspannung bildete man nach A. Schieb⁸ zwischen München-Laim und Freising nach dem Vorschlag von AEG einfeldrig mit Spannseilen zu den jeweils benachbarten Masten ähnlich wie der Wiesentalbahn (s. 3.1.2.) aus, zwischen
Z 4.1./7 Freising und Landshut nach dem Vorschlag von SSW zweifeldrig mit sich am Zwischenstützpunkt kreuzenden Fahrdrähten.

Grundsätzlich bewährte sich diese süddeutsche Fahrleitungsbauart, jedoch mußte nach L. Schultheiß⁹ die Fahrleitung unter der Hackerbrücke völlig umgebaut werden, nachdem es dort besonders bei feuchtem Wetter infolge der Verußung durch die Dampflokomotiven wiederholt zu Überschlängen und Isolatorbrüchen gekommen war. Auch mit den Ausle-

⁶ ZVDEV, 65 (1925), S. 1196 f.

⁷ VW, 23 (1929), S. 685 ff., 700 ff.

⁸ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 141.

⁹ EB, 3 (1927), S. 143 f.

gern aus Beton gab es Schwierigkeiten: G. Naderer¹⁰ notiert, daß diese verhältnismäßig schwer sind und bei Unfällen kaum zu ersetzen oder auszubessern sind. Mit der zwischen München und Landshut auf 90 m vergrößerten Längsspannweite gab es erst nach der Einführung der Reichswippe wegen des Windabtriebs Probleme (s. 8.1.4.).

4.2. RBD Breslau

1923 Lauban - Görlitz

1924 Görlitz - Schlauroth Vbf

Nach dem Abschluß der Elektrifizierung Lauban - Königszelt nebst Seitenstrecken stellt W. Usbeck¹¹ im Jahre 1925 fest: "Was die Fahrleitung selbst anbelangt, so hat sich dabei ergeben, daß die Besonderheiten der drei verwendeten Fahrleitungsbauarten der AEG, BEW und SSW, mit denen die Firmen eine besonders gute Stromabnahme bei allen Geschwindigkeiten erzielen wollen, für den praktischen Betrieb bei den auf den schlesischen Gebirgsbahnen vorkommenden Geschwindigkeiten bis zu 90 km/h nicht notwendig sind. Sie sind im Gegenteil nachteilig, wenn sie nicht aus ganz hochwertigen Baustoffen hergestellt sind, weil Schäden an den Leitungen um so leichter eintreten, je verwickelter die Bauart ist. Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hat daher zusammen mit den Elektrizitätsfirmen eine Einheitsbauart ... entwickelt, die in Zukunft verwendet werden soll und auf der Teilstrecke Lauban - Görlitz auch schon mit gutem Erfolg in Betrieb genommen ist."

Bereits für das folgende Jahr konnte derselbe Verfasser¹² den Umbau der letzten Streckenabschnitte des schlesischen Netzes auf die Einheitsbauart notieren. Dies war um so leichter möglich, als einerseits nach W. Kleinow¹³ die Lieferung der Tragwerke zum größten Teil durch die Eisenbahnverwaltung erfolgt war, diese waren damit nach denselben Zeichnungen hergestellt worden, andererseits beim Wiedereinbau des Fahrdrabtes auf den in 2.4. genannten Streckenabschnitten von 1922 an teilweise gleich diese einfachere Bauart gewählt worden war, wie ältere Aufnahmen bezeugen.

In mehreren Aufsätzen beschreibt W. Usbeck¹⁴ diese zwischen Lauban und Görlitz eingebaute Einheitsbauart, A. Schieb¹⁵ geht auf deren grundsätzliche Anordnung ein. Das

¹⁰ GA, 101 (1927), Sh. S. 202.

¹¹ EB, 1 (1925), S. 38.

¹² EB, 2 (1926), S. 387.

¹³ EKB, 10 (1912), S. 685.

¹⁴ ETZ, 45 (1924), S. 312 f.; ZVDI, 68 (1924), S. 943 ff.; EB, 1 (1925), S. 284 ff.

¹⁵ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 134 ff.

Kettenwerk hat wegen der in Schlesien vorkommenden orkanartigen Stürme gegenüber früher eine reduzierte Längsspannweite und besteht auch hier aus festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdrabt mit Hängern bzw. Läufern in Feldmitte. Für die Befestigung der Hängerklemmen des Kettenwerks verwendete man nicht Schrauben, sondern kupferne Hohlriete, die mit einem besonderen zangenartigen Werkzeug in das Loch der Klemmen eingepreßt wurden. Maße für die Längsspannweite und die Systemhöhe nennt die Literatur nicht. Als Stützpunkte der freien Strecke sah man größtenteils Stahlmasten mit waagrechttem Ausleger und Stützstrebe mit den von K. Sachs¹⁶ als Dreieraggregat bezeichneten Doppelkelch-Isolatoren vor, zwischen Görlitz-Moys und Hermsdorf dagegen Schleuderbetonmasten mit festen Auslegern aus Gasrohren. Im Gegensatz zu einer Aussage von A. Schieb¹⁷ handelt es sich nach einer veröffentlichten Zeichnung¹⁸ nicht um Rohrschwenkausleger.

Z 4.2./1
F 4.2./1

Zur Verbesserung der Signalsicht hängte die RBD Breslau die Fahrleitung zwischen Vor- und Hauptsignal an Auslegern über 2 Gleise auf, deren Masten auf der anderen Seite des Bahnkörpers gegründet wurden; deshalb erhielt auch der zwischen Görlitz und Görlitz-Moys gelegene Weiße-Viadukt diese Ausrüstung. Möglicherweise leitet sich diese Auslegerkonstruktion von einer von W. Heyden¹⁹ dargestellten Probefahrleitungsanlage ab, die zwischen Pankow-Schönhäusen und Pankow-Heinersdorf bei Berlin errichtet worden war.

Z 4.2./2
F 4.2./2

Um auch auf vorhandenen elektrifizierten Strecken die Signalsicht verbessern zu können, ersetzte man 1926 zwischen Dittersbach und Ruhbank die Formsignale durch Lichtsignale.²⁰ So gut dieser Versuch technisch gelungen war, erschien die Umstellung auf Lichtsignale damals als zu teuer.

F 4.2./4

F 4.2./5

Nachdem man schon früher bei dem Ausbau der schlesischen Gebirgsbahn drei Bahnhöfe zur Verbesserung der Signalsicht versuchsweise mit Querseilaufhängung mit Gittermasten ausgerüstet hatte - Fellhammer Gbf (AEG), Jannowitz (SSW) und Ober Schreiberhau (BEW) -, überspannte man die Bahnhöfe zwischen Lauban und Görlitz in gleicher Weise mit 2 Quertragseilen, 2 geerdeten oberen Richtseilen mit längs liegendem Doppelkelch-Isolator und einem spannungsführenden unteren Richtseil mit daran befestigten Seitenhaltern; nur der Bahnhof Nikolausdorf erhielt eine Querseilaufhängung

¹⁶ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 211.

¹⁷ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 146.

¹⁸ Ebenda, S. 154.

¹⁹ GA, 91 (1922), S. 5 ff.

²⁰ GA, 101 (1927), Sh. S. 162 ff.; VW, 23 (1929), S. 227 ff.

an Schleuderbetonmasten und Hängeisolatoren. Während man F 4.2./3 die Nachspannung zweifeldrig mit sich am Zwischenstützpunkt kreuzenden Fahrdrähten ausführte, behielt man die einfeldrige Streckentrennung zwischen Abspannjochen bei.

Nur selten berichtet die Literatur etwas über die Organisation der Elektrifizierungsarbeiten einer bestimmten Strecke; gerade am Beispiel dieser Linie stellt H. Garben²¹ die Errichtung von Fahrleitungen während des Bahnbetriebes vor.

Zwei Jahre nach der Inbetriebnahme notiert W. Usbeck²², daß sich diese Einheitsfahrleitung gut bewährt hat, doch schon wenige Jahre später sollte für die Elektrifizierung der Strecke Breslau - Königszell eine andere Bauart gewählt werden (s. 5.3.2.1.).

4.3. RBD Hamburg

1924 Ohlsdorf - Poppenbüttel

Nach K. Kotzott²³ und E. Rosenthal²⁴ erhielt die Alsteralbahn bei ihrer Elektrifizierung ebenfalls eine als Einheitsfahrleitung bezeichnete Bauart mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht mit einer Längsspannweite von 85 m in der Geraden, wobei man auf freier Strecke Ausleger über 2 Gleise montierte, in Kurven mit Rüsselauslegern, falls die Masten auf der Bogeninnenseite stehen. Wie in Süddeutschland verwendete man hier den Isolatorsatz aus 2 Glocken- und einem Diabolo-Isolator. Die Nachspannlänge betrug 1000 m. Weitere Einzelheiten, wie die Ausbildung von Nachspannung oder Streckentrennung, nennt die Literatur nicht. Nachdem sich diese Bauart gut bewährt hatte, stellte man im Laufe der Jahre die SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht (s. 3.2.2.) der gesamten Strecke von Blankenese nach Ohlsdorf auf diese Einheitsfahrleitung um, die in dieser Form bis zur Stilllegung des Einphasenwechselstrombetriebes mit 6300 V 25 Hz im Jahre 1955 bestand.

²¹ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 152 ff.

²² EB, 1 (1925), S. 284.

²³ EB, 26 (1955), S. 103.

²⁴ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 375.

5. Einheitsfahrleitung 1926

5.1. Fahrleitungsvorschriften

5.1.1. Vorläufige Fahrleitungsvorschriften 1924

Die in Deutschland zunächst gebauten Firmenbauarten hatten bei aller Verschiedenheit die lotrechte Anordnung des Tragseils über dem Fahrdraht gemeinsam. Als nach dem Ersten Weltkrieg die Deutsche Reichsbahn daran ging, die unterbrochenen Arbeiten zur Einführung des elektrischen Zugbetriebes wieder aufzunehmen, sollte nach G. Naderer¹ auch die Bauform und vor allem die Anordnung der Fahrleitung für Fernbahnen wenigstens in ihren Grundzügen vereinheitlicht werden. Der eigentliche Anstoß hierzu kam jedoch nicht vom Neubau, sondern vom Unterhalt. A. Schieb² notiert hierzu: "Im Eisenbahnbetrieb sind die Pausen, welche für Unterhaltungsarbeiten auf der Strecke, also auch an den Fahrleitungen, zur Verfügung stehen, äußerst kurz bemessen, namentlich wenn es sich um stark befahrene Strecken handelt, wo der elektrische Betrieb besonders wirtschaftlich ist. Es muß daher schon beim Entwurf der Fahrleitungsanlage darauf hingearbeitet werden, daß Auswechslungen, Nacharbeiten, Anstreich- und sonstige Arbeiten während des Betriebs soweit als möglich entbehrlich werden. Größte Einfachheit, Verwendung zweckmäßiger, möglichst nicht rostender Baustoffe und kräftige, zuverlässige Ausbildung aller Einzelteile sind daher Grundbedingung für eine betriebssichere Fahrleitungsanlage."

Nach G. Naderer³ hatte der Reichsverkehrsminister im Jahre 1921 eine Kommission von Fachleuten unter dem Vorsitz von Ministerialdirektor Dr. B. Gleichmann einberufen, die unter der Bezeichnung "Fahrleitungsausschuß" unter anderem die Aufgabe hatte, die bei den verschiedenen elektrisch betriebenen Strecken gewonnenen Erfahrungen zu sammeln und im Sinne einer Vereinheitlichung zu verwerten. "Letztere sollte jedoch hauptsächlich nur darauf abzielen, eine betriebssichere, in Anlage und Unterhaltung einfache und wirtschaftliche Fahrleitungsanlage zu schaffen, ohne daß damit den technischen Fortschritten die Möglichkeit ihrer Erprobung abgeschnitten würde." Im Benehmen mit der Industrie hat ein aus wenigen Fachleuten gebildeter Unterausschuß die Grundlagen einer Einheitsfahrleitung aufgestellt und diese in den "Vorschriften für die Ausführung und Festigkeitsberechnung der Wechselstrom-Fahrleitungen der Fernbahnen" zusammengestellt, welche vom Fahrleitungsausschuß gutgeheißen wurden.

Damit begann die Entwicklung der Einheitsfahrleitung, be-

¹ GA, 101 (1927), Sh. S. 198.

² W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 134.

³ Organ, 79 (1924), S. 197.

vor die entsprechenden Vorschriften vorlagen. Bereits bei der 28. Jahresversammlung des VDE vom 28.05. bis 2.06.1922 stellt W. Wechmann⁴ fest, daß die auf der Teilstrecke Freilassing - Bad Reichenhall in Betrieb stehende Fahrleitung (s. 4.1.) auf allen elektrifizierten Strecken der Reichsbahn als Einheitsfahrleitung eingeführt werden soll. 1929 notiert derselbe Verfasser⁵, daß die Fahrleitung für Wechselstrombahnen in den Jahren 1924 und 1925 in ihrem Gesamtaufbau vereinheitlicht worden ist. Im Jahre 1926 registriert W. Wechmann⁶ in einem Jahresrückblick, daß die Einheitsfahrleitung auf Grund der Erfahrungen weiter in ihrem Aufbau verbessert wurde. Damit bestehen Wechselbeziehungen zwischen dem Entwicklungsstand einer als "Einheitsfahrleitung" bezeichneten Bauart und den zugehörigen Vorschriften.

Diese liegen nicht mehr im Original, sondern nur noch auszugsweise in einer Bearbeitung von G. Naderer⁷ vor, der diese noch an anderer Stelle⁸ zugrunde legt, ebenso A. Schieb⁹. Demnach gliedert sich diese vorläufige Vorschrift in drei Kapitel:

A. Allgemeine Anordnung der Einheits-Fahrleitung.

Hierin sind die Anordnung des Kettenwerks mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht mit einer maximalen mechanischen Spannung von 100 N/mm^2 und einem Abstand der Hänger von etwa 12,5 m und die Nachspannlänge von 1500 m festgelegt, weiter die Regelfahrdrahthöhe von 6,0 m, der Fahrdrahtzickzack von $\pm 0,6 \text{ m}$, der maximale Windabtrieb von 0,75 m und der Sicherheitsabstand gegen Erde von 0,3 m. Weiter sind Läufer anstelle von Hängern einzubauen, wenn der Sinus des Neigungswinkels eines Hängerseils größer würde als 0,4.

B. Baustoffe und Bauformen von Einzelteilen der Einheitsfahrleitung.

"Da die technische Entwicklung im Bau elektrischer Streckenausrüstungen durch die Vorschriften über die Einheitsfahrleitung nicht gehemmt werden sollte, ist nur eine geringe Zahl von Bestimmungen über Baustoffe und Bauformen von Einzelteilen getroffen; denn die aufgestellten Prüfbedingungen für Einzelteile können auch für andere Fahrleitungsanordnungen gelten und sind demnach keine Kennzeichen der Einheitsfahrleitung."¹⁰ Man legte lediglich technolo-

⁴ EuM, 40 (1922), S. 307.

⁵ ZVDI, 73 (1929), S. 664.

⁶ EB, 2 (1926), S. 4.

⁷ Organ, 79 (1924), S. 197 ff.

⁸ ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 126 ff.

⁹ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 134 ff.

¹⁰ Organ, 79 (1924), S. 198.

gische Eigenschaften von Fahrdraht, Tragseil und Hängern fest, weiter die Form des Fahrdrahtquerschnitts und der Klemmen. Richtungsweisend für Deutschland ist die Entscheidung, nach Versuchen in der aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen in den Jahren 1920 und 1921 künftig anstelle des bisher von den vormals preußischen Eisenbahnen verwendeten Profildrahts den schon bisher von den früheren bayerischen Staatsbahnen verwendeten Rillendraht vorzuschreiben, da sich dieser gegenüber Windkräften weitaus günstiger verhält. Die Befestigungsrippen für die Klemmen sind an den beiden Rillenprofilen von 80 mm² und 100 mm² Querschnitt gleich ausgebildet, so daß für beide die gleichen Fahrdrahtklemmen verwendet werden können.

C. Berechnungen zur Einheits-Fahrleitung.

Die RBD München führte verschiedene Berechnungen durch, so die Durchgangsänderung des Tragseils unter Berücksichtigung der Zugspannung im Fahrdraht, den Einfluß der Windbelastung auf den Mastabstand oder die Beanspruchung der seitlichen Festlegung durch Fahrdrahtzug und Wind.

Wesentlich ist die Feststellung von G. Naderer¹¹: "Außer den vorstehenden Bestimmungen bestehen für Bauform und Baustoffe der Einheitsfahrleitung - abgesehen von den allgemein geltenden Prüfbedingungen und Festigkeitsvorschriften - keine Bindungen; die bauliche Ausbildung des Tragseilstützpunktes, des Quertragwerkes und der seitlichen Abstützung des Fahrdrahtes, der Nachspannvorrichtung, der Isolatoren usw. ist nicht festgelegt; doch zwingt die Rücksicht auf einfache Lagerhaltung und billige Instandsetzung dazu, auch die nicht festgelegten Teile für einzelne Strecken oder Netze möglichst einheitlich oder wenigstens austauschbar durchzubilden."

5.1.2. Fahrleitungsvorschriften 1926

Mit Verfügung der Hauptverwaltung der DRB vom 9.02.1926 wurden die ab 1924 vorläufig in Geltung gewesenen Vorschriften in überarbeiteter Form mit dem Titel "Vorschriften über die Ausführung und die Festigkeitsberechnung der Fahrleitungen für Wechselstrom-Fernbahnen" gültig vom 1. März 1926 ab endgültig genehmigt.¹² A. Schieb¹³ erläutert diese ausführlich, G. Naderer¹⁴ legt sie verschiedenen Aufsätzen zugrunde.

Nimmt man an, daß die Reihenfolge der Punkte der vorläufi-

¹¹ Organ, 79 (1924), S. 199.

¹² EB, 2 (1926), S. 50 ff.; s. auch Organ, 81 (1926), S. 293.

¹³ EB, 2 (1926), S. 57 ff.

¹⁴ GA, 101 (1927), Sh. S. 198 ff.; ZVDI, 73 (1929), S. 697 ff.

gen Vorschriften von 1924 mit jener des Auszugs von G. Naderer übereinstimmt, so muß man in den ebenfalls in drei Kapitel gegliederten Vorschriften von 1926 eine andere Struktur feststellen. Nachstehend seien nur deren größere Abweichungen gegenüber der vorläufigen Ausgabe von 1924 notiert:

A. Vorschriften über die Ausführung.

Es ist eine einwandfreie Stromabnahme bis zu einer Geschwindigkeit von 110 km/h gefordert, weiter eine elektrische Unterteilung der Fahrleitung sowohl zwischen Bahnhof und freier Strecke als auch innerhalb größerer Bahnhöfe. Die über Weichen und Kreuzungen liegenden Fahrdrähte sind leitend zu verbinden. Die Überschlagsspannung der Isolatoren muß unter Regen mindestens 50 kV betragen. Die Ausführung der Nachspannfelder soll sanften und funkenfreien Übergang des Bügels gewährleisten. Die Längsneigung des Fahrdrahts gegen die Gleislage darf bis zu 1:200 bemessen sein.

B. Vorschriften über die Baustoffe. Prüfungsbestimmungen.

Sowohl für die Teile des Kettenwerks als auch für die Isolatoren werden präzise Vorschriften gegeben.

C. Vorschriften über die Berechnung der Festigkeit des Fahrdrahts, seines Tragwerks und der Maste.

Hier sind sowohl die Ursachen der Beanspruchung als auch die Berechnungsvorschriften knapp zusammengestellt.

Eine Anlage betreffend die Umgrenzung des lichten Raumes mit Rücksicht auf die Elektrifizierung ist diesen Vorschriften beigegeben.

Zu der entsprechend diesen Vorschriften entworfenen Einheitsfahrleitung bemerkt L. Schultheiß¹⁵: "Die Vereinheitlichung erstreckt sich allerdings im wesentlichen nur auf die einzelnen Teile des eigentlichen Kettenwerks, Fahrdraht, Tragseil und Hängeseile. Das Quertragwerk, Maste, Ausleger, Joche, Querseile samt den Isolatoren und die sonstigen Befestigungsteile konnten nur in beschränktem Umfange vereinheitlicht werden, da ihre technische Entwicklung noch nicht genügend abgeschlossen ist."

5.2. Firmenbauarten der 2. Generation

P. Koeßler¹⁶ beschreibt die bei der Deutschen Verkehrsausstellung München 1925 auf den vorläufigen Fahrleitungsvorschriften 1924 aufbauenden Firmenbauarten, die sich bei

¹⁵ EB, 3 (1927), S. 137.

¹⁶ EB, 1 (1925), S. 327 f.

gleicher Ausbildung des Kettenwerks durch die Ausprägung der Stützpunkte der freien Strecke und der Querseilaufhängung in Bahnhöfen unterscheiden. Hierzu kommt noch die Art der Verspannung, worauf G. Naderer¹⁷ hinweist, wobei sich die Bezeichnungen jeweils auf die Lage des Tragseils gegenüber dem Fahrdrabt in der Geraden beziehen:

1. Die lotrecht Aufhängung (ältere Ausführung) mit lotrechter Lage des Tragseils gegenüber dem Fahrdrabt ergibt wohl eine sehr gleichmäßige Abnutzung des Schleifstücks der Stromabnehmer, jedoch bei gegebener Längsspannweite einen größeren Windabtrieb als bei den anderen Varianten.
2. Die windschiefe Aufhängung, bei der das Tragseil gegenläufig zum Fahrdrabt im Zickzack verlegt ist, hat zwar einen geringen Windabtrieb zur Folge, dagegen eine sehr ungleichmäßige Abnutzung des Schleifstücks.
3. Die halbwindschiefe Aufhängung, bei der das Tragseil in der Gleisachse verlegt ist, ergibt wohl eine ungleichmäßigere Abnutzung des Schleifstücks, weist jedoch bei gleicher Längsspannweite einen Windabtrieb auf, der etwa in der Mitte der anderen Varianten liegt.

Von einer Ausnahme abgesehen, weisen die Firmenbauarten der 2. Generation die halbwindschiefe Aufhängung auf. Leider notiert die Literatur für keine der Firmenbauarten die Ausbildung von Nachspannung und Streckentrennung. Auch bei der BD München sind hierüber nur wenige Unterlagen vorhanden, da diese Anlagen früh umgebaut wurden.

5.2.1. AEG-Fahrleitung

1925 Bf Feldmoching

Z 5.2.1./1 Die AEG verwendet Stabisolatoren beim Einzelstützpunkt am Schrägausleger, im Querfeld mit geerdetem oberen und spannungsführendem unteren Richtseil, wobei die Querseilaufhängung des Güterbahnhofs Fellhammer von 1914 (s. 3.1.2.) konsequent weiterentwickelt wurde.

Nach L. Schultheiß¹⁸ hatte die AEG Gelegenheit, diese Bauart mit federnder Verankerung der Richtseile im Bahnhof Feldmoching einzubauen, jedoch vermutlich auf Weisung der RBD München mit geerdetem unteren Richtseil und Seitenhaltern an Hängestützen.

Bemerkenswert ist, daß die RBD Breslau die beschriebene Querseilaufhängung der AEG im Jahre 1928 auf den Bahnhöfen der Strecken Breslau Freib Bf - Königszelt und Kohlfurt - (Lauban) - Marklissa einbauen ließ, wobei Aussagen von W.

¹⁷ GA, 101 (1927), Sh. S. 200; ZVDI, 73 (1929), S. 700.

¹⁸ EB, 3 (1927), S. 146 f.

Usbeck¹⁹ auf BBC als Baufirma schließen lassen. Es wird noch darüber zu sprechen sein, weshalb M. Süberkrüb²⁰ in einem Aufsatz über den Anteil der Forschungsarbeit der AEG ein nach anderer Quelle²¹ eindeutig im Bahnhof Kanth aufgenommenes Bild dieser Querseilaufhängung abdrucken kann (s. 5.3.2.1.).

Schließlich sei darauf hingewiesen, daß A. Mosler²² das gleiche Bild als "Einheitsfahrleitung 1930 im Bahnhof" bezeichnet. Von der gewählten Bezeichnung der Fahrleitungsbauart abgesehen, muß festgehalten werden, daß sich die Querseilaufhängung der Einheitsfahrleitung 1931 in der Verankerung der Quertragseile, der federnden Verankerung der Richtseile und der konstruktiven Ausbildung der Seitenhalter erheblich von der 1925 von der AEG in München vorgeschlagenen und 1928 in Schlesien verwirklichten Bauart unterscheidet.

5.2.2. BEW-Fahrleitung

1925 Weilheim - Peißenberg

Ursprünglich wollte BEW einfache Kappenisolatoren verwenden, benutzte aber für die Ausrüstung der Teilstrecke Weilheim - Peißenberg nach E. Altmann²³ zweiteilige Doppel-Doppelkopf-Isolatoren; nach G. Naderer²⁴, K. Sachs²⁵ und L. Schultheiß²⁶ auf freier Strecke am Schrägausleger, im Querfeld ohne oberes Richtseil mit spannungsführendem unteren Richtseil. Z 5.2.2./1
Z 5.2.2./2

5.2.3. SSW-Fahrleitung

1925 München-Pasing - Herrsching
1925 Bf Landshut

SSW verwendet nach amerikanischem Vorbild Hängeketten aus 2 Kappen-Isolatoren Bauart Vaupel. Wiederum beschreiben G. Naderer²⁷, K. Sachs²⁸ und L. Schultheiß²⁹ die Streckenaus- Z 5.2.3./1

¹⁹ EB, 4 (1928), S. 169.

²⁰ AEG, 45 (1955), S. 386, Bild 2.

²¹ EB, 4 (1928), S. 165, Bild 7.

²² EI, 5 (1954), S. 33, Abb. 5.

²³ ETZ, 45 (1924), S. 1023 f.

²⁴ Organ, 81 (1926), S. 279 ff.

²⁵ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 213.

²⁶ EB, 3 (1927), S. 144 ff.

²⁷ ZVDEV, 65 (1925), S. 225; ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 135 f.; Organ, 81 (1926), S. 279.

²⁸ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 213.

²⁹ EB, 3 (1927), S. 148 f.

- Z 5.2.3./2 rüstung. Auf freier Strecke sind die Stützpunkte mit
 F 5.2.3./1 Schrägausleger und Y-Beiseil nach zwei verschiedenen Bau-
 F 5.2.3./2 arten ausgeführt. Auf dem größten Teil der Strecke wie bei
 der BEW-Fahrleitung mit am Mast über einen Isolator befe-
 stigten Seitenhalter, zwischen Germering und Gilching da-
 gegen ist der Seitenhalter an einem Schrägseil einge-
 spannt, wobei durch Einschalten eines Hebelarmes am rück-
 wärtigen Ende des Seitenhalters dessen Schwerkraft auf den
 Fahrdrabt aufgehoben werden kann. Erstmals verwendete man
 hier bei Stützpunkten in der Bogeninnenseite angelenkte
 Seitenhalter anstelle von unterhalb der Schrägausleger
 montierten Rüsselauslegern. Zwischen München-Pasing und
 Herrsching begegnet man einem später als "Bischofsmütze"
 bezeichneten materialsparenden Flachmast der RBD München.
 In den Bahnhöfen sah man die gleichen Isolatoren im Quer-
 feld mit geerdetem oberen und unteren Richtseil vor, wobei
 man bei starkem Kurvenzug das Tragseil an der benachbarten
 Hängestütze über einen Isolator seitlich festlegte. Nach
 einem bei der BD München vorliegenden Lageplan der Teil-
 strecke Gilching - Weßling aus dem Jahre 1928 war die
 Nachspannung zweifeldrig mit sich kreuzenden Fahrdrähten
 ausgebildet, ein Streckentrenner ersetzte jeweils die
 Streckentrennung.

Später glich man die Fahrleitung zwischen Germering und
 Gilching jener der restlichen Strecke an und beseitigte
 die Rüsselausleger. Von den Isolatoren abgesehen, war die-
 se Fahrleitung zuletzt noch auf der freien Strecke in der
 Geraden zwischen Freiham und Weßling bis zu dem von D.
 Fichter³⁰ dargestellten zweigleisigen Ausbau vorhanden.

5.2.4. BBC-Fahrleitung

5.2.4.1. Fahrleitung mit lotrechtem Kettenwerk

1927 Halle (Saale) Gbf mit Verbindungsstrecken

- Z 5.2.4.1./1 Auf der Deutschen Verkehrsausstellung München 1925 schlug
 Z 5.2.4.1./2 BBC eine der Firma SSW sehr ähnliche Bauart vor, jedoch
 mit Motor-Isolatoren: auf freier Strecke mit waagerechtem
 Ausleger und Stützstrebe, im Querfeld mit geerdeten Richt-
 seilen und Hängestützen. Soweit bekannt ist, baute BBC
 diese Fahrleitung in der ursprünglichen Ausführung nir-
 gends ein.
- F 5.2.4.1./1 Nach eindeutig lokalisierbaren Werkfotos von BBC rüstete
 diese Firma den gerade umgebauten Güterbahnhof Halle (Saa-
 le) samt Verbindungslinien mit einer leicht modifizierten
 Fahrleitungsbauart aus, indem sie die waagerechten Ausle-
 ger der Einzelstützpunkte durch Schrägausleger ersetzte.
 1935 bezeichnet H. Tetzlaff³¹ diese Bauart als "Neue Fahr-

³⁰ EB, 81 (1983), S. 299 f.

³¹ Organ, 90 (1935), S. 248, Abb. 6.

leitungsanlage mit Querseilen auf Bahnhöfen", im folgenden Jahr³² dasselbe Bild als "Bahnhofsfahrleitung 1936", ohne näher darauf einzugehen.

5.2.4.2. Windschiefe Fahrleitung

1926 München Ost Rbf - München-Milberthofen - Feldmoching

Bereits 1924 schreibt A. Schieb³³, daß die Firma BBC der Entwicklung von Fahrleitungsanlagen mit schrägen Hänge-
drähten, die seit vielen Jahren in Amerika verwendet wer-
de, ihre besondere Aufmerksamkeit zuwende. Damit ist aber
noch nicht erwiesen, daß die windschiefe Fahrleitung tat-
sächlich dort entwickelt und erstmals in Betrieb genommen
worden ist. Nach E. Wist³⁴, M. Abeloos³⁵, M. Garreau³⁶
und M. Tessier³⁷ hätte diese Bauart ebenso von der Com-
pagnie des Chemins de fer du Midi kommen können; diese
französische Eisenbahngesellschaft hatte von 1913 an in
den Pyrenäen verschiedene Strecken zunächst mit 12 kV 16
2/3 Hz, später mit 1500 V Gleichspannung betrieben.³⁸

Zunächst zeigt M. Jullian³⁹, daß unter den 6 verschiedenen
Fahrleitungsbauarten der mit 12 kV 16 2/3 Hz elektrifi-
zierten Versuchsstrecke Ille-sur-Têt - Villefranche-
Vernet-les-Bains keine windschiefe Bauart vorhanden ist.
M. Bachellery⁴⁰ bestätigt diese Aussage später.

1915 berichtet Schwartzkopff⁴¹ in einem Aufsatz über neue-
re amerikanische Fahrleitungsbauarten wohl von verschiede-
nen Konstruktionen, nicht aber ausdrücklich von einer
windschiefen Bauart. E. E. Seefehlner⁴² notiert das fest
abgespannte, im Gleisbogen windschiefe Kettenwerk der 1915
mit 11 kV 25 Hz elektrifizierten Linien Bluefield - Vivian
der Norfolk an Western Railroad bzw. Philadelphia - Paoli
der Pennsylvania Railroad. K. Sachs⁴³ legt eine Reihenfolge
fest, indem er zunächst von der amerikanischen Praxis
der Verlegung des Kettenwerks in Gleiskrümmungen spricht,
dann erst von einer europäischen Ausführungsform dieser

³² VW, 30 (1936), S. 42, Bild 10.

³³ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deut-
schen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 146.

³⁴ EuM, 47 (1929), S. 850 ff.

³⁵ Rail et Route, 4 (1949), Sh. S. 17 f.

³⁶ Cours de traction électrique, Paris 1960, S. 156 ff.

³⁷ Traction électrique et thermo-électrique, Paris 1978,
S. 189 f.

³⁸ LVDR Nr. 496 vom 11.05.1955, Sh., S. 9 ff.

³⁹ RGCF, 34 (1911), 1. Halbjahr, S. 233 ff.

⁴⁰ RGCF, 43 (1924), 1. Halbjahr, S. 426 ff.

⁴¹ EKB, 13 (1915), S. 37 ff.

⁴² Elektrische Zugförderung, Berlin 1922, S. 106.

⁴³ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und
Leipzig 1938, S. 166.

Bauart des Réseau Midi. Schließlich betont auch Y. Machefert-Tassin⁴⁴, daß die windschiefe Fahrleitung in Pennsylvania früher eingeführt wurde als bei dem Réseau Midi.

G. Naderer⁴⁵ und L. Schultheiß⁴⁶ gehen jeweils kurz auf die zwischen München Ost Rbf und Feldmoching erstellte Fahrleitungsanlage mit Motor-Isolatoren ein, die sowohl in der Geraden als auch im Gleisbogen windschief aufgehängt ist, um die Stützpunktentfernung zu vergrößern. Die auf Vorschlag von BBC auf dieser Güterverbindungsline eingebaute Versuchsfahrleitung wurde teilweise mit selbsttätiger Nachspannvorrichtung, ansonsten ohne eine solche ausgeführt. Da sich im Archiv der Herstellerfirma und in der Literatur nur Aufnahmen von der Bauart mit fest abgespanntem Kettenwerk finden, sei nur diese dargestellt.

F 5.2.4.2./1

F 5.2.4.2./2

F 5.2.4.2./3

Das windschiefe Kettenwerk besteht aus 2 Fahrdrähten, von denen einer als Tragdraht verwendet wird, wobei Fahr- und Tragdraht bei jeder Spannweite vertauscht sind. Man erreicht damit eine selbsttätige Spannungsregulierung ohne Gewichtsnachspannung. Für die Einzelstützpunkte in der Geraden verwendete man waagerechte Ausleger mit Stützstrebe, im Gleisbogen bogenaußen nur kurze Ausleger für die Aufhängung des Tragdrahtes mit seitlicher Festlegung des Fahrdrahts am Stützpunkt, im Querfeld mit geerdeten Richtseilen und Hängestützen, wobei hier die Seitenhalter auch auf Druck lagen.

G. Naderer⁴⁷ vermerkt, daß gewisse Befürchtungen hinsichtlich der Unterhaltung sowie der ungleichmäßigen Abnutzung der Schleifstücke dazu führten, die windschiefe Fahrleitung zu verlassen und künftig die halbwindische Verspannung vorzusehen. Dennoch mußte man später die lotrechte bzw. halbwindische Fahrleitung verschiedener bayerischer Strecken im Gleisbogen windschief umbauen, um das Setzen von Zwischenmasten oder einen Neubau zu vermeiden (s. 7.6.). Die windschiefe BBC-Fahrleitung zwischen München Ost Rbf und Feldmoching ist bereits während des Zweiten Weltkrieges im Zusammenhang mit dem Ausbau von Güterbahnen im Raume München verschwunden.

Eine ähnliche Fahrleitungsbauart findet sich heute noch auf Teilstrecken verschiedener schweizerischer Schmalspurbahnen. Während des Zweiten Weltkrieges baute die Firma Bohnenbluest bei verschiedenen mit Gleichstrom betriebenen schweizerischen Privatbahnen die Einfachfahrleitung mit 2 Fahrdrähten unter Beibehaltung des vorhandenen Quertragwerks für höhere Geschwindigkeiten um. Die in der Schweiz als System Pontecorvo/Zogg/Otth bezeichnete Fahr-

⁴⁴ LVDR Nr. 1202 vom 13.07.1969, S. 9.

⁴⁵ GA, 101 (1927), Sh. S. 200 f.; ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 137.

⁴⁶ EB, 3 (1927), S. 141.

⁴⁷ Organ, 83 (1928), S. 337 f.

leitungsbauart (s. 14.5.2.5.) ähnelt auffallend der von BBC auf der Güterverbindungsbahn im Norden Münchens eingebauten Fahrleitung, ist jedoch im Gegensatz zur windschiefen BBC-Bauart lotrecht angeordnet.

5.3. Regionale Fahrleitungsbauarten der 2. Generation

5.3.1. RBD Augsburg, RBD München und RBD Regensburg

1926 Landshut - Neufahrn
 1927 München Hbf - Rosenheim - Staatsgrenze bei Kufstein
 1927 Neufahrn - Regensburg Hbf
 1927 München Hbf - Nannhofen
 1927 München Ost Pbf - Ismaning
 1928 Rosenheim - Freilassing
 1931 Nannhofen - Augsburg Hbf

Auf der freien Strecke zwischen Landshut und Neufahrn F 5.3.1./1 behielt man bei 80 m Längsspannweite in der Geraden nach L. Schultheiß⁴⁸ die SSW-Fahrleitung mit Schrägausleger aus T-Profil und am Ausleger befestigtem Seitenhalter grundsätzlich bei, verwendete jedoch nach G. Naderer⁴⁹ teilweise materialsparende Masten Bauart Jucho und einfache Kapfen-Isolatoren. In den Bahnhöfen behielt man dieselbe Querseilaufhängung wie zwischen München Hbf und Moosburg mit geerdeten Richtseilen, Hängestützen und längs liegenden Isolatoren bei (s. 4.1.). Die Nachspannung bildete man zweifeldrig mit sich am Zwischenstützpunkt kreuzenden Fahrdrähten aus, die Streckentrennung nach O. Höring⁵⁰ erstmals in Deutschland dreifeldrig. Anstelle der bisher verwendeten Rollen-Fahrdrahtspanner verwendete man hier Hebel-Fahrdrahtspanner; allerdings mußte bei einem Riß des Fahrdrachts das Gewicht den Winkelmast beschädigen.

Bei der Elektrifizierung von Neufahrn nach Regensburg errichtete BEW nach H. Westphal⁵¹ erstmals eine Fahrleitung unter ausschließlicher Verwendung von Stabisolatoren. Während die Stützpunkte der freien Strecke mit Schrägausleger jenen zwischen Landshut und Neufahrn ähneln, sah man in den Bahnhöfen eine Querseilaufhängung mit 2 geerdeten Richtseilen und Hängestützen wie im Bahnhof Feldmoching vor (s. 5.2.1.).

Aufbauend auf der beschriebenen Bauart erhielten alle 1927 elektrifizierten Strecken der RBD München die gleiche Streckenausrüstung, wobei G. Naderer⁵² insbesondere die Fahrleitungsanlage der Strecke München - Rosenheim - Kuf-

⁴⁸ EB, 3 (1927), S. 148.

⁴⁹ ZVDI, 73 (1929), S. 701; EB, 14 (1938), S. 230 f.

⁵⁰ Elektrische Bahnen, Berlin und Leipzig 1929, S. 302.

⁵¹ EB, 5 (1929), S. 188 f.

⁵² ZVDEV, 67 (1927), S. 406 ff.; Organ, 83 (1928), S. 337 ff.

stein darstellt. Auch hier verwendete man ausschließlich Stabisolatoren mit je nach Bauabschnitt unterschiedlicher Rippenzahl. Die maximale Auslenkung des Fahrdrachts nahm man von bisher 0,6 m auf 0,5 m zurück, die Längsspannweite in der Geraden von 80 m auf 75 m. Bei den Stützpunkten der freien Strecke mit einem Schrägausleger aus Winkeleisenprofilen verringerte man südlich Grafing die Systemhöhe von bisher 1,7 m auf 1,3 m; dadurch konnte man 0,5 m kürzere Fahrleitungsmasten wählen. Um die Masten bei unter Spannung stehender Fahrleitung streichen zu können, rückte man den Isolator des Seitenhalters mit Hilfe eines U-Eisenstücks vom Mast ab, wodurch die Entfernung spannungsführender Teile vom Mast etwas mehr als 1 m beträgt.

F 5.3.1./2 Die zwischen Neufahrn und Regensburg montierte Art der Querseilaufhängung mit 2 geerdeten Richtseilen und Hängestützen behielt man bei, im Bahnhof München Süd wegen der großen Querspannweiten mit 3 geerdeten Richtseilen, ebenfalls die zweifeldrige Nachspannung und die dreifeldrige Streckentrennung. Vereinzelt sah man auch eine einfeldrige Streckentrennung mit Abspannjochen vor. Versuchsweise errichtete man über Nebengleisen des Bahnhofs Rosenheim eine Querseilaufhängung mit geerdetem oberen und spannungsführendem unteren Richtseil.

Z 5.3.1./2 Nachdem bei Rollen-Fahrdrahtspannern mit Ketten diese bei Vereisung im Winter nicht mehr einwandfrei arbeiteten, verwendete man zwischen München und Rosenheim anstelle der Ketten verzinkte Seile, wobei die Gewichte im Falle eines Fahrdrahtbruches erstmals in einer Fangvorrichtung in eine Doppelzahnstange einfallen. Weit einfacher löste dieses Problem der von C. Hannes⁵³ konzipierte Hebel-Fahrdrahtspanner, den man zuerst auf den Abschnitten München-Pasing - Nannhofen und Rosenheim - Freilassing einbaute.

Z 5.3.1./1 O. Taschinger⁵⁴ notiert die Besonderheiten der Elektrifizierung Rosenheim - Freilassing. Behielt man auf freier Strecke die zwischen Grafing und Kufstein verwirklichte Bauart mit verringerter Systemhöhe bei, sah man in den Bahnhöfen entsprechend der schlesischen Tradition eine Querseilaufhängung mit geerdetem oberen und spannungsführendem unteren Richtseil vor; dies aus folgenden Gründen: Durch den Wegfall der Hängestützen wird das Quertragwerk leichter, bei hinreichend großen Schaltgruppen in den Bahnhöfen lassen sich Isolatoren einsparen, die Grenze der einzelnen Schaltgruppen ist durch den im unteren Richtseil eingebauten Isolator besonders gekennzeichnet, schließlich wird beim raschen Emporschnellen der Stromabnehmer das untere Richtseil nicht mehr abgebrannt.

Um in Bahnhöfen mit starken Krümmungen (Endorf und Traunstein) unzulässige Schräglagen der Tragseilisolatoren zu

⁵³ EB, 4 (1928), S. 375 f.

⁵⁴ ZVDEV, 68 (1928), S. 449 ff.

vermeiden, ordnete man dort nach österreichischem Vorbild auch das obere Richtseil spannungsführend an. Obwohl betont wird, daß sich die Fahrleitungsanlagen mit 2 spannungsführenden Richtseilen durch ein besonders durchsichtiges Bild auszeichnen, verzichtete man im Interesse der Einsparung von Isolatoren bei den übrigen Bahnhöfen darauf.

Unter Überbauten verwendete man erstmals einen federnden Stahlring als Fahrdraht-Hubbegrenzer anstelle der früher benutzten Gleitschienen. Schließlich stellt Th. Vogel⁵⁵ am Beispiel der Elektrifizierung Rosenheim - Prien ausführlich die Arbeitsorganisation und Zeitaufnahme des Tragseil- und Fahrdrahtzuges dar.

Über die Fahrleitungsanlage der Strecke München - Augsburg finden sich in der Literatur keine Hinweise, jedoch existieren davon zahlreiche Fotos. Während die Ausrüstung der Teilstrecke München-Pasing - Nannhofen jener der gleichzeitig elektrifizierten Strecke Grafing - Staatsgrenze bei Kufstein entspricht, erhielt die 1931 überspannte Verlängerung bis Augsburg vermutlich aus Kostengründen die gleiche Bauart wie die Teilstrecke Neufahrn - Regensburg: auf freier Strecke "Bischofsmützen" als Masten mit Schrägaulager aus T-Profil, in Bahnhöfen Querseilaufhängung mit geerdeten Richtseilen und Hängestützen, jedoch Hebel-Fahrdrahtspanner. Schließlich sei auf die von M. Alzmann⁵⁶ beschriebene Anordnung von Schutzstrecken hingewiesen.

F 5.3.1./3
F 5.3.1./4
F 5.3.1./5
F 5.3.1./6

5.3.2. RBD Breslau und RBD Halle

5.3.2.1. Fahrleitung mit vergrößertem Stützpunktabstand

1928 Breslau Freib Bf - Königszelt
1928 Kohlfurt - Lauban
1928 Lauban - Marklissa (Teilstrecke)
1934 Leipzig-Wahren - Leipzig M Th Bf

Im Jahre 1924 hatte BBC Baden (Schweiz) ein Reichspatent⁵⁷ über eine Kettenfahrleitung für größere Spannweiten mit Hauptstützpunkten und Zwischenmasten erhalten, wobei in der Geraden der Seitenhalter am Hauptstützpunkt grundsätzlich auf Druck, am Zwischenmast auf Zug liegt; auch K. Sachs⁵⁸ weist auf dieses Weitspannsystem hin. Von 1923 an hat die Kreisdirektion I der SBB die wichtigsten Strecken ihres Bereichs mit diesem System überspannt, wobei man ausschließlich Stützisolatoren verwendete. Den Isolator des Seitenhalters brachte man auf einer Konsole

⁵⁵ EB, 8 (1932), S. 136 ff., 168 ff.

⁵⁶ EB, 6 (1930), S. 287 ff.

⁵⁷ EB, 2 (1926), S. 47.

⁵⁸ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 165.

an, um Kurzschlüsse zwischen Mast und der Armatur des Isolators durch Tiere zu vermeiden (s. 14.6.2.1.).

Diese Bauart schrieb die RBD Breslau für die Überspannung der freien Strecke Breslau - Königszelt vor, die mit einer maßgebenden Steigung von 5 Promille und Krümmungsradien von mindestens 1500 m für hohe Geschwindigkeiten geeignet ist.⁵⁹ Ausführlich beschreibt W. Usbeck⁶⁰ die Fahrleitungsanlage dieser Strecke.

Für das Kettenwerk von 120 m Längsspannweite und 4 m Systemhöhe auf freier Strecke verwendete man als Tragseil verzinkt-verbleites Stahlseil, nachdem sich dieses auf der schlesischen Gebirgsbahn gut bewährt hatte, Fahrdraht und Hänger entsprechen den Vorschriften von 1926. Anstelle der einheitlich vorgeschriebenen Fahrdraht- und Tragseilklemme entwickelte man neue Klemmen, die durch das Drehen eines Doppel-T-Niets festgeklemmt bzw. gelöst werden können; K. Sachs⁶¹ geht auf diese Befestigung näher ein.

- F 5.3.2.1./1 Die Fahrleitungsausrüstung der freien Strecke besteht im Regelfall aus Einzelstützpunkten mit seit 1923 bei der RBD Breslau für Zwischenmasten bei Weitspannfeldern verwendeten Stützisolatoren der Weitschirmbauart, wobei man jene für die Seitenhalter ähnlich wie in der Schweiz an einer Konsole befestigte. Beim Zwischenmast der Bogeninnenseite lag sowohl das Stützrohr des Tragseils als auch der Seitenhalter auf Druck. Wenn G. Naderer⁶² diese Fahrleitung in einer Bildunterschrift als "Einphasen-Oberleitung für 15 kV mit einfacher Isolation: Stützisolatoren, Drehausleger, lotrechte Aufhängung, selbsttätig nachgespannter Fahrdraht", liegt offensichtlich eine Bildverwechslung vor.
- F 5.3.2.1./2

Zwischen Vor- und Hauptsignal sah man wie bei der Elektrifizierung Lauban - Görlitz (s. 4.2.) Ausleger über 2 Gleise mit einer Längsspannweite von 70 m vor. Auf freier Strecke baute man Stahlmasten ein; nur auf einem Teil der Strecke, der in der Nähe der Großstadt Breslau den Raucheinwirkungen besonders ausgesetzt ist, verwendete man Betonmasten. Nach dem Versuch mit Betonmasten für die Querseilaufhängung im Bahnhof Nikolausdorf (s. 4.2.) sah die RBD Breslau in Bahnhöfen nur noch Stahlmasten vor.

- F 5.3.2.1./3 Schon früher wurde auf Schwierigkeiten der Zuordnung der Querseilüberspannung der Bahnhöfe dieser Teilstrecke mit geerdetem oberen und spannungsführendem unteren Richtseil mit Stabisolatoren hingewiesen (s. 5.2.1.). Einerseits sagt W. Usbeck⁶³ aus: "Die gesamte Streckenausrüstung

⁵⁹ EB, 2 (1926), S. 349; EB, 5 (1929), Eh. S. 18.

⁶⁰ EB, 4 (1928), S. 163 ff.

⁶¹ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 184 f.

⁶² EB, 17 (1941), Eh. S. 67, Bild 5.

⁶³ EB, 4 (1928), S. 169.

Breslau (Freiburger Bahnhof) - Saarau, Groß Mochbern - Mochbern - Breslau Freib Bf, Lauban - Kohlfurt und Lauban - Marklissa waren einer Firma übertragen worden." Andererseits dankte der Präsident der RBD Breslau Dr. Born⁶⁴ beim Festakt anlässlich der Aufnahme des elektischen Zugbetriebes zwischen Breslau und Königszelt mit den Worten: "Weiter danke ich den ausführenden Firmen, die die Fahrleitungsanlagen, die Speiseleitung und das Unterwerk Niedersalzbrunn ausgeführt haben, der Firma Brown, Boveri & Cie, der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, den Siemens-Schuckert-Werken, der Elektro-Baugesellschaft in Breslau und dem Sachsenwerk in Niedersedlitz."

Es ist verlockend, im Hinblick auf die ungewöhnliche Reihenfolge der angesprochenen Firmen eine paarweise Zuordnung der Firmen zu den einzelnen Bauvorhaben anzunehmen: BBC hätte demnach den Zuschlag für die Fahrleitungsanlage erhalten, AEG die 80 kV-Bahnstromleitung von Königszelt bis Mettkau errichtet und SSW zusammen mit den anderen Unternehmen die Erweiterung des Unterwerks Königszelt durchgeführt. Da AEG eindeutig die Streckenausrüstung zumindest einer Teilstrecke von Lauban - Marklissa und jene des Bahnhofs Mochbern erstellte (s. 5.3.2.2.), muß man annehmen, daß hier beim Fahrleitungsbau mindestens die Firmen AEG und BBC beteiligt waren, damit die Aussage von W. Usbeck nicht zutrifft.

Als Besonderheit der Fahrleitungsanlage Breslau - Königszelt sei vermerkt, daß man hier erstmals gerechnete Hänger einbaute, auch richtete man sämtliche Quertragseile und Richtseile samt der zwischengeschalteten Isolatoren im Baulager einbaufertig her; dies geschah, um die Bauzeit abzukürzen und damit die Baukosten zu vermindern. Nachspannung und Streckentrennung bildete man in gleicher Weise aus wie bei der Elektrifizierung Lauban - Görlitz (s. 4.2.).

Es sei hier angemerkt, daß das RZA München verschiedene Bauteile der regionalen Fahrleitungsbauart der RBD Breslau in das Zeichnungswerk aufnahm, so den Tragseilbock für Stützisolator⁶⁵, den Stützisolatorbock für Seitenhalter⁶⁶, die Isolatorstützen⁶⁷ samt zugehörigem Stützisolator⁶⁸, wobei das RZA München den Trennschalter⁶⁹ der RBD Breslau für die Einheitsfahrleitung 1931 übernahm. Diese Zeichnungen aus den Jahren 1929 bis 1932 sind noch in der Zusammenstellung der Zeichnungen des RZA München aus dem Jahre 1947 vorhanden.

⁶⁴ ZVDEV, 68 (1928), S. 298.

⁶⁵ Zeichnung Ezs 821 Ausgabe vom Mai 1939.

⁶⁶ Zeichnung Ezs 817 Ausgabe vom August 1939.

⁶⁷ Zeichnung Ezs 812 Ausgabe vom August 1939.

⁶⁸ Zeichnung EzsN 108 Ausgabe vom Juni 1939.

⁶⁹ Zeichnung EzsN 155 Ausgabe vom Juni 1942.

Zwar spricht W. Usbeck⁷⁰ die Erwartung aus, daß sich bei einer Längsspannweite von 120 m der Unterschied der Fahrdratlage zwischen Sommer und Winter in Grenzen hält, die die Stromabnahme auch bei hohen Geschwindigkeiten nicht beeinträchtigen. Leider ist nichts über den Bügellauf der von 1935 an zwischen Breslau und Freiburg (Schlesien) mit bis zu 120 km/h verkehrenden elektrischen Triebfahrzeuge bekannt, die noch dazu ab 1936 mit dem schweren Kohleschleifstück der DRB bestückt waren. Auch findet sich in dem Archiv der Bundesbahn-Versuchsanstalt München nicht ein Bericht über Meßfahrten zur Fahrleitungsuntersuchung auf Strecken in Schlesien.

Aus völlig anderen Gründen wählte die RBD Halle für die Güterzugstrecke Leipzig-Wahren - Leipzig-Magdeburg-Thüringer Bf sechs Jahre später eine ähnliche Bauart. W. Reichel⁷¹ geht hierauf näher ein, beschreibt jedoch die Bauart als solche nicht.

Von der Teilstrecke Dessau - Bitterfeld abgesehen, hatte man für die elektrifizierten Strecken in Mitteldeutschland eine Längsspannweite von 100 m gewählt. Nachdem dieses Weitspannsystem leicht zu gelegentlichen Bügelentgleisungen führte, setzte man in Feldmitte Zwischenmasten zur seitlichen Festlegung des Fahrdrachts. Bei senkrecht zur Leitung anfallenden Winden von bestimmter Stärke kam es zu periodischen Vertikalschwingungen mit Amplituden bis zu etwa 1 m mit Schwingungsknoten an den Tragmasten und Zwischenmasten. Diese führten nicht nur zum Abklappen der Stromabnehmer mit Nullspannungsauslösungen, sondern auch zu Ermüdungsbrüchen an Tragseil und Hängern, besonders in der Nähe von Seilklemmen. Das Beiklemmen eines Beidrahts in der Nähe der Stützpunkte brachte zwar eine gewisse Verbesserung, völlig unterdrücken ließen sich die Schwingungen damit jedoch nicht. Weitere Überlegungen führten dazu, das Schwingungssystem dadurch zu verstimmen, daß man die Zwischenmasten als Knotenbildner um einige Meter aus der Mitte des Spannungsfelds verschob.

Praktische Versuche an erfahrungsgemäß durch Schwingungen besonders heimgesuchten Abschnitten auf den Strecken Bitterfeld - Leipzig und Leipzig - Halle zeigten die Richtigkeit dieser Überlegungen. Da auf der zu elektrifizierenden Strecke Leipzig-Wahren - Leipzig M Th Bf das Fahrleitungssystem durch bereits vorhandene im Abstand von 125 m aufgestellte Speiseleitungsmasten gegeben war, setzte man die Zwischenmasten entsprechend unsymmetrisch. Die Verstimmung trieb man dadurch noch weiter, daß in jedem 125 m-Feld eine andere Unterteilung durch den Zwischenmast stattfand.

⁷⁰ EB, 4 (1928), S. 165.

⁷¹ EB, 11 (1935), S. 80 f.

5.3.2.2. Fahrleitung mit drehbaren Auslegern

- 1928 Bf Kohlfurt (teilweise)
- 1928 Lauban - Marklissa (Teilstrecke)
- 1928 Breslau Freib Bf - Breslau-Mochbern - Lohbrück (Groß Mochbern)
- 1932 Hirschberg (Riesengeb) - Schmiedeberg (Riesengeb) - Landeshut (Schlesien)
- 1934 Zillerthal-Erdmannsdorf - Krummhübel
- 1939 (Merzdorf -) Bk Obermerzdorf - Bk Krausendorf (- Landeshut)

Etwa gleichzeitig mit der Fahrleitung für 120 m Längsspannweite von BBC sah die RBD Breslau eine Bauart der Regelspannweite von 70 m in der Geraden vor, die auf andere Weise eine Verbilligung anstrebt. Nach der Darstellung von Kettler⁷² verwendete man hier bei festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht den drehbaren Ausleger, wobei man den in Schlesien in größerem Umfang eingeführten Stützisolator samt zugehörigem Isolatorbock auch hier einbaute, obwohl dieser schon damals als technisch nicht befriedigend bezeichnet wird.

In der Geraden und bogenaußen wird das feuerverzinkte Auslegerrohr durch ein Spitzenankerseil gehalten, bogeninnen durch ein Spitzenankerrohr; das Tragseil ist unterhalb des zugehörigen Gelenks in einer schwenkbaren Tragseilklemme gelagert, woran im Regelfall auch der Seitenhalter über einen Hänger aufgehängt ist. Bei kleineren Radien sieht man bei den Stützpunkten der Bogeninnenseite angelenkte Seitenhalter vor, in solchen Fällen auch auf freier Strecke Bogenabzüge.

Beim Zwischenstützpunkt der zweifeldrigen Nachspannung benutzt man den einfachen Drehausleger und klemmt die beiden Tragseile an der Tragseilklemme zusammen; über ein Gelenkstück befestigt man an dem Seitenhalter einen weiteren für die sich kreuzenden Fahrdrähte. Die Streckentrennung ist zweifeldrig ausgebildet, indem sich beim Zwischenstützpunkt 2 Masten mit Rohrschwenkauslegern gegenüberstehen. Diese schlesische Fahrleitungsbauart hat zwar eine gewisse Ähnlichkeit mit jener der Riksgränsbahn von 1915 oder der ÖSSW-Fahrleitung von 1924 (s. 13.5.3.), jedoch liegt, abgesehen von der Ausbildung der Streckentrennung, eine andere Tradition zugrunde, da man einen bereits vorhandenen Isolator samt Armaturen verwenden mußte.

Die drehbaren Rohrausleger baute man zuerst versuchsweise in kleinerem Umfang auf der Strecke Lauban - Marklissa ein, weiter erhielt auch der Bahnhof Breslau-Mochbern diese Ausrüstung, um bei dem dortigen gemischten Betrieb eine Verschmutzung der Isolatoren zu vermeiden.

⁷² EB, 11 (1935), S. 47 f.

Unabhängig davon teilt W. Usbeck⁷³ mit, daß die RBD Breslau auf einem Bahnhof, der bei großer Gleiszahl nur die Mindestabstände zwischen den Gleisen aufweist und bei dem nur einzelne nicht benachbarte Gleise auszurüsten waren, Breitflanschträger als Einzelstützpunkte anstelle der weit teureren Querseilausrüstung mit Gittermasten verwendete. Nach M. Süberkrüb⁷⁴, der sich intensiv mit der Tragfähigkeit von Breitflanschträgern als Fahrleitungsmasten befaßt, baute die AEG diese erstmals in den Bahnhöfen Mochbern und Kohlfurt ein.

F 5.3.2.2./1

Nachdem sich diese Bauart bewährt hatte, montierte man bei den von W. Usbeck⁷⁵ dargestellten Elektrifizierungsvorhaben Hirschberg - Schmiedeberg - Landeshut und der Privatbahn Zillerthal-Erdmannsdorf - Krummhübel auf der freien Strecke ausschließlich Stützpunkte mit Rohrschwenkauslegern. Anstelle der nur in Sonderfällen benutzten Breitflanschträger verwendete man wieder Flachmasten mit Winkelisenstreben. K. Sachs⁷⁶ nennt mit Berufung auf die Quelle von Kettler die Strecken Lauban - Marklissa und Hirschberg - Schmiedeberg - Landeshut.

Während man in den Bahnhöfen der genannten Strecken die bei der RBD Breslau eingeführte Querseilaufhängung mit geradem oberem und spannungsführendem unterem Richtseil mit Stabisolatoren verwendete, mußte man für den den Schmiedeberger Paß unterquerenden 1 km langen Arnsberger-Tunnel eine Sonderbauart entwickeln, da dieser einen sehr kleinen aus festen Granitwänden bestehenden Tunnelquerschnitt aufweist. Obwohl man die Gleise um 18 cm absenkte, war man genötigt, im First des Tunnels Höhlungen auszubrechen, um dort das Tragseil jeweils an einem Stabisolator aufhängen zu können, ebenso seitlich in der Tunnelausmauerung für die seitliche Festlegung des Fahrdrachts über Doppelausleger an einem Stabisolator.⁷⁷

Das RZA München hat die für die Rohrschwenkausleger der RBD Breslau benötigten Stahlrohre genormt⁷⁸ und selbst die für den Zwischenstützpunkt der Nachspannung benötigte verstärkte Bauart des Stützisolatorbocks für Seitenhalter⁷⁹ in das Zeichnungswerk aufgenommen. Damit ist zu vermuten, daß auch die 1939 elektrifizierte 1,85 km lange eingleisige Verbindungsstrecke (Merzdorf -) Blockstelle Obermerzdorf - Blockstelle Krausendorf (- Landeshut) diese Fahrbauart erhielt.

⁷³ EB, 4 (1928), S. 164 f.

⁷⁴ EB, 6 (1930), S. 209 ff.; EB, 10 (1934), S. 85 ff.

⁷⁵ EB, 8 (1932), S. 292; EB, 10 (1934), S. 118 f.

⁷⁶ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 163, 221.

⁷⁷ AEG, 30 (1934), S. 20.

⁷⁸ Zeichnung EzsN 83 Ausgabe vom Juli 1939.

⁷⁹ Zeichnung Ezs 818 Ausgabe vom August 1939.

Damit endet die Geschichte der Fahrleitungsbauarten der RBD Breslau. Wohl nennt das Zeichnungs-Verzeichnis 1947 noch den Titel "Hilfskonstruktion für die Versuchsfahrleitung im Bezirk der RBD Breslau"⁸⁰, doch gibt es über diese Bauart keinerlei Unterlagen mehr; zudem waren die Fahrleitungsanlagen in Schlesien zum Zeitpunkt der Ausgabe dieser Zeichnung bereits demontiert (s. 12.4.1.). Dennoch ist es nützlich, die Bewährung der bis 1945 in Schlesien vorhandenen Wechselstromfahrleitungen nach der Literatur zu untersuchen.

Anfang März 1987 kam es auf elektrifizierten Hauptabfuhrstrecken der DB in Norddeutschland zu schweren Verkehrsstörungen. So berichtet die Presse⁸¹: "Der Eisregen machte auch der Eisenbahn zu schaffen. Nach Angaben der Bundesbahndirektion Essen brachen auf der Strecke Ruhrgebiet - Bremen die Fahrleitungen auf mehreren hundert Metern herunter. Wegen des sofort gefrierenden Regens seien die daumendicken Stromleitungen plötzlich armdick gewesen." Die BD Hannover bestätigt diese Meldung und ergänzt, daß sich um den Fahrdraht ein Eispanzer von 6 cm Durchmesser gebildet hatte. Es soll überprüft werden, ob sich in der Literatur über das elektrifizierte Netz der schlesischen Gebirgsbahnen über ähnliche Vorkommnisse etwas finden läßt, da W. Wechmann⁸² über die dortigen Witterungsverhältnisse aussagt: "Ein langer, schneereicher Winter, starke, oft tagelange tosende Schneestürme und häufige Rauhreifbildung von sonst ungewöhnlichem Grad stellen die höchsten Anforderungen an die Fahrzeuge und die Leitungen."

1925 und 1926 spricht W. Usbeck⁸³ über Betriebserfahrungen beim elektrischen Zugbetrieb in Schlesien und führt aus, daß der starke Eisbehang mit Sturm in dem rauhen Gebirgswinter zu zahlreichen Schäden, im Dezember 1920 sogar zum Zusammenbruch der 80 kV-Bahnstromleitung auf 1,5 km Länge geführt hat; von Fahrleitungsstörungen durch Eisbehang ist nicht die Rede. Nach dem Neu- bzw. Umbau der Bahnstromleitung traten jahrelang keine Störungen auf.

Derselbe Verfasser⁸⁴ stellt ausführlich die im Winter 1928/29 auf den schlesischen Gebirgsbahnen durch Eis und Rauhreif verursachten Störungen des elektrischen Zugbetriebes dar: "Eine außergewöhnlich starke Eis- und Rauhreifbildung hat in der ersten Januarwoche dieses Jahres Störungen des elektrischen Betriebes auf den schlesischen Gebirgsbahnen verursacht, wie sie in diesem Umfange sich seit dem Beginn des elektrischen Betriebes im Jahre 1914,

⁸⁰ Zeichnung Ezs 65 Ausgabe vom Februar 1946.

⁸¹ Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 53 vom 4.03.1987, S. 7.

⁸² W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 10.

⁸³ EB, 1 (1925), S. 33 ff.; EB, 2 (1926), S. 385 ff.

⁸⁴ EB, 5 (1929), S. 83 ff.

also seit 15 Jahren, noch niemals ereignet haben. Die Störungen wurden ausschließlich durch Schäden an den Fernleitungen hervorgerufen, während die Fahrleitungen völlig unbeschädigt blieben, abgesehen davon, daß die Stromabnahme von den vereisten Fahrdrähten unter starker Lichtbogenbildung vor sich ging und der Verschleiß der Stromabnehmerbügel außergewöhnlich groß war."

Nach W. Usbeck⁸⁵ baute man die Hochspannungsleitung auf dem Paßübergang bei Gaablau neu und installierte eine elektrische Heizung der Fernleitungen Nieder Salzbrunn - Mittelsteine, die sich bereits im folgenden Winter bewährte: Anfang Februar 1930 führte ein schwerer Eisregen zu starken Schäden an Bäumen und anderen Leitungen, während die Bahnstromleitung ohne Schaden blieb. 1936 faßt derselbe Verfasser⁸⁶ die Abwehrmaßnahmen gegen Eisbelastung bei den Fernleitungen der schlesischen Gebirgsbahnen zusammen: Zusätzlich konnte man auch den Fernleitungsabschnitt Hirschberg - Lauban heizen, von witterungsbedingten Fahrleitungsstörungen ist auch hier nicht die Rede.

R. Rückel⁸⁷ nimmt in einer Darstellung der Schneekatastrophe Anfang Januar 1941 mit zahlreichen zeitweilig gesperrten Strecken alle elektrifizierten Linien der RBD Breslau von der Sperrung aus. Schließlich sei darauf hingewiesen, daß es auch bei der Preßburgerbahn zur Vereisung des Kettenwerks gekommen ist (s. 13.5.1.1.).

⁸⁵ EB, 6 (1930), S. 215 ff.

⁸⁶ EB, 12 (1936), S. 110 ff.

⁸⁷ ZVDEV, 82 (1942), S. 149 ff.

6. Einheitsfahrleitung 1931

6.1. Fahrleitungsvorschrift 1931

Die Fahrleitungsvorschriften 1926 hatten sich nach der relativ starken Ausdehnung des elektrischen Zugbetriebes in den darauffolgenden Jahren, der angehobenen Fahrgeschwindigkeit und den Erfahrungen, die unter ungünstigen klimatischen Verhältnissen besonders im strengen Winter 1928/29 gemacht worden waren, in mancher Hinsicht als überholt gezeigt. Sie sind deshalb im Jahre 1931 unter Auswertung der inzwischen gesammelten Erfahrungen neu überarbeitet und mit Gültigkeit vom 15.05.1931 an unter dem Titel "Dienstvorschrift für die Ausführung und die Festigkeitsberechnung der Fahrleitungen für Wechselstrombahnen für 15 kV Nennspannung", abgekürzt "Fahrleivo", neu festgesetzt worden. W. Usbeck¹ stellt diese Vorschrift vor und kommentiert sie eingehend. Hier seien nur Neuerungen oder Änderungen gegenüber der Ausgabe von 1926 notiert.

A. Ausführung

Nach Feststellungen über die grundsätzliche Bauweise und die Bestandteile der Fahrleitungsanlage stellt die Fahrleitungsvorschrift 1931 fest: "Für Einzelteile und ihren Zusammenbau sind die Fahrleitungs-Werknormen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft maßgebend." Die Fahrleitung der Hauptgleise muß noch bei einer Fahrgeschwindigkeit von 120 km/h eine einwandfreie Stromabnahme ermöglichen. Die Fahrleitung ist unter der Annahme zu bauen, daß die Stromabnehmer zweier gekuppelter Lokomotiven mit je 80 N gegen den Fahrdraht drücken. Die Regelfahrdrahthöhe soll bei +40°C 6,00 m nicht unter- und bei -30°C 6,50 m nicht überschreiten. Bei unverändertem maximalen Windabtrieb von 0,75 m verringerte man den Fahrdrahtzickzack auf $\pm 0,5$ m. Der Mastabstand in der Geraden beträgt für eine Fahrdrahtzugspannung von 100 N/mm² 75 m bei einer Nachspannlänge von maximal 1500 m und einem Abstand der Hänger von mindestens 12,5 m. Bei mit höchstens 20 km/h befahrenen untergeordneten Gleisen kann auf das Tragseil verzichtet werden. Zur Verbesserung der Signalsicht läßt man sowohl die Möglichkeit des Auslegers über 2 Gleise als auch den Sehkeil zu. Streckentrenner sieht man nur in Fahrleitungen von Gleisen vor, die mit einer Höchstgeschwindigkeit von bis zu 50 km/h befahren werden, darüber Streckentrennungen. Für die konstruktive Ausbildung der Fahrleitung sind vor allem folgende Punkte von Bedeutung:

(15) Quertragwerk

"Bei ein- und zweigleisigen Strecken sollen die Tragseile an Auslegern aufgehängt werden. Die Längstragwerke zweigleisiger Strecken sind möglichst jedes für sich an Masten mit Auslegern aufzuhängen. Bei drei- und mehrgleisigen

¹ EB, 9 (1933), S. 49 ff.

Strecken und in Bahnhöfen sollen an Stelle der Aufhängung an Auslegern Querseilaufhängungen verwendet werden. Diese sind im allgemeinen mit einem geerdeten oberen und einem Spannung führenden unteren Richtseil auszuführen. Bei starken Krümmungen empfiehlt es sich, zur Vermeidung der Schiefstellung der Tragseilisolatoren, auch das obere Richtseil Spannung führend anzuordnen. Die Quertragseile sind doppelt auszuführen. Die Richtseile sind auf der Seite des geringeren Zuges abzufedern."

(16) Seitenhalter

"Die Seitenhalter sind in der Regel durch Hängerseile aufzuhängen. Ist dies nicht angängig, so ist zu beiden Seiten der Seitenhalter je ein Hängerseil anzuordnen."

B. Baustoffe, Prüfungsbestimmungen

Für alle Bestandteile der Fahrleitungsanlage weist die Fahrleitungsvorschrift 1931 lediglich auf die entsprechenden Bestimmungen der DIN-Blätter VDE hin. Abgesehen vom Hängerseil für den Fahrdraht und Seilen von Hilfsleitungen, ist als Baustoff Stahl zu verwenden, der in geeigneter Weise gegen Rost zu schützen ist. "Nur wo mit besonders starken Witterungseinflüssen oder mit sonstigen, außergewöhnlichen, chemischen Einwirkungen zu rechnen ist, soll Bronze gewählt werden." Bei den Isolatoren sieht man sowohl Stützisolatoren als auch Vollkernisolatoren vor, die für eine Prüfspannung von 64 kV und eine Überschlagnspannung von 70 kV bei Regen geeignet sein müssen.

C. Festigkeitsberechnungen

Die Belastungsfälle von Längstragwerk, Quertragwerk, Seitenhalter, Hilfsleitungen und Masten werden genannt. In Anlagen notiert man die Lichtraummaße sowie die seitliche Festhaltung des Fahrdrahts abhängig vom Bogenhalbmesser R.

Von Berichtigungsblättern zur Fahrleitungsvorschrift 1931 ist nichts bekannt. Jedenfalls ordnete man im Querfeld nur zwischen Augsburg und Ulm symmetrisch zum Stützpunkt je einen Hänger an, bei späteren Elektrifizierungen nur noch einen auf einer Seite.

6.2. Konstruktive Merkmale der Einheitsfahrleitung 1931

- 1933 Augsburg Hbf - Ulm Hbf - Stuttgart Hbf
- 1933 Esslingen (Neckar) - Stuttgart Hbf - Ludwigsburg (Vorortgleise)
- 1933 Kornwestheim - Stuttgart-Untertürkheim
- 1934 München-Laim - München-Allach
- 1934 Plochingen - Tübingen Hbf
- 1935 Huglfing - Hechendorf (Doppelspurausbau)
- 1940 Verbindungskurve Feldkirch
- 1940 Kkehrbahnhof Eybtal bei Geislingen (Steige) mit Verbindungsstrecken

- 1942 Anschlußgleis Annahütte Hammerau
(an der Strecke Freilassing - Berchtesgaden)
- 1942 Berchtesgaden Hbf - Königssee
(bisher Gleichstrombetrieb)
- 1943 München-Milbertshofen - Olching
- 1944 Verschiebebahnhof Thaur bei Hall i. T.
- 1955 München Isartalbahnhof - Höllriegelskreuth-Grünwald
(bisher Gleichstrombetrieb)
- 1959 Bad Aibling - Feilnbach
(bisher Gleichstrombetrieb)

Die Bezeichnung dieser Fahrleitungsbauart ist in der Literatur sehr unterschiedlich ausgeprägt. R. Wagner², F. Gut³ und U. Kroll⁴ bezeichnen sie als "Einheitsfahrleitung 1928", wobei letztgenannter Verfasser 1960 notiert: "Die Einheitsfahrleitung 1928 ... findet sich ... heute noch auf Strecken wie Ulm - Stuttgart und München - Freilassing" (s. 5.3.1. und 11.4.). D. Walz⁵ stellt anlässlich des 50jährigen Jubiläums des elektrischen Zugbetriebes im Direktionsbezirk Stuttgart fest: "Hauptsächlich vertreten war die 'Einheitsfahrleitung 1928', die auch auf der Strecke München - Stuttgart - Ludwigsburg (mit kleinen Änderungen als Bauart 1930) gebaut wurde." Sowohl A. Mosler⁶ als auch das EZA München⁷ sprechen nur von der "Einheitsfahrleitung 1930". Als einziger Autor gebraucht B. Boehm⁸ die Bezeichnung "Einheitsfahrleitung 1931".

Bei der Reichsbahn war die Zuordnung von Jahreszahlen zu bestimmten Fahrleitungsbauarten zunächst unüblich: W. Wechmann⁹ spricht von der "bisherigen Einheitsbauart", K. Sachs¹⁰ von der "Einheitsfahrleitung", ebenso A. Mosler¹¹ bei einem Lehrgang 1942 in München. Derselbe Verfasser geht hier im zweiten Teil seines Referats auf "die neue Fahrleitung Bauart 1942" ein und ordnet damit erstmals einer Fahrleitungsbauart eine Jahreszahl zu. Erst nach dem Zweiten Weltkrieg kam der Brauch auf, die erstmals zwischen Augsburg und Ludwigsburg eingebaute Einheitsbauart mit einer bestimmten Jahreszahl zu kennzeichnen, um diese von einer neueren Bauart abzugrenzen.

² DB, 28 (1954), S. 508.

³ JdE, 15 (1964), S. 101.

⁴ EB, 31 (1960), S. 123.

⁵ DB, 59 (1983), S. 381.

⁶ EI, 5 (1954), S. 34.

⁷ Fortschritte im Fahrleitungsbau, München 1949, S. 4 ff.

⁸ DB, 30 (1956), S. 1136 ff.

⁹ EB, 10 (1934), S. 5.

¹⁰ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 213 f.

¹¹ Vorträge bei den Unterrichtskursen mit Erfahrungsaustausch über Konstruktion, Bau und Betrieb von Fahrleitungsanlagen, Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 31 ff.

W. Wechmann¹² stellt 1929 zur Vereinheitlichung der Fahrleitung fest: "Gegenwärtig werden die Einzelteile dieser Fahrleitung, wie Isolatoren, Fahrdrahtklemmen genormt." Vier Jahre später notiert W. Usbeck¹³ im Zusammenhang mit der Fahrleitungsvorschrift 1931: "Außer der neuen Bearbeitung dieser Vorschrift hat die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft auf Grund der inzwischen gesammelten Erfahrungen für eine große Anzahl von Bauteilen der Fahrleitung Werknormen festgesetzt, die für die Ausführung der Fahrleitung maßgebend sind. Die Normungsarbeiten sind noch nicht in vollem Umfange durchgeführt, werden aber voraussichtlich im Laufe des nächsten Jahres abgeschlossen werden."

Sehr viele der zugehörigen Zeichnungen liegen in der Handausgabe des RZA München aus dem Jahre 1947 vor. Demnach hat das RZA München die meisten Bauteile im Jahre 1929 gezeichnet, die wichtigsten Einbauzeichnungen dagegen im Jahre 1931. Da allein letztere konkret eine Fahrleitungsbauart bestimmen, sei hier die Bezeichnung "Einheitsfahrleitung 1931" gewählt.

G. Naderer¹⁴, W. Usbeck¹⁵ und A. Mosler¹⁶ beschreiben die Einheitsfahrleitung 1931. Zunächst ist bemerkenswert, daß die Zeichnungen der Bauteile und die Einbauzeichnungen mindestens 2 Unterschriften tragen: jene von G. Naderer und W. Usbeck, bei überarbeiteten Neuausgaben jedoch jene von H. Nibler. Damit waren die Fachdezernenten der Direktionsbezirke München und Breslau für alle Komponenten dieser Bauart maßgebend, damit die süddeutsche und die schlesische Tradition, während jene Mitteldeutschlands anscheinend zurücktrat.

Z 6.2./2 Das halbwindsschiefe Kettenwerk mit festem Tragseil und
 Z 6.2./3 nachgespanntem Fahrdraht entsprechend der Fahrleitungs-
 vorschrift 1931 ist auf freier Strecke nach der süddeut-
 Z 6.2./4 schen Tradition an Schrägauslegern aus ungleichschenkligen
 Z 6.2./5 Winkeleisen mit gebogenem oberen Ende aufgehängt, wobei
 F 6.2./1 die zwischen München und Kufstein bzw. Freilassing erst-
 F 6.2./2 mals verwirklichte Bauart übernommen wurde, jedoch mit ei-
 ner Systemhöhe von 1,4 m. Bei Kurvenradien von 500 m und
 weniger ordnet man bogeninnenseitig einen angelenkten Sei-
 tenhalter an, bei 300 m und weniger zusätzlich mit V-Auf-
 hängung des Tragseils, um eine unzulässige Schräglage des
 von Schlesien übernommenen Stabisolators mit 5 Rippen zu
 vermeiden. Die beschriebenen Fahrleitungs-Stützpunkte sind
 in der Handausgabe von 1947¹⁷ abgebildet und werden auch

¹² ZVDI, 73 (1929), S. 664.

¹³ EB, 9 (1933), S. 49.

¹⁴ EB, 9 (1933), S. 80 ff.; ZVDEV, 73 (1933), S. 451 f.

¹⁵ EB, 12 (1936), Eh. S. 23 ff.

¹⁶ EI, 5 (1954), S. 33 f.

¹⁷ Zeichnung EzsN 92 Ausgabe vom April 1944;
 Zeichnung EzsN 99 Ausgabe vom Juli 1939.

von K. Sachs¹⁸ dargestellt. Vor Signalen verwendet man im Sehkeil Schrägausleger mit Überlängen für Mastabstände von 3,4 m, 4,2 m und 5,0 m.

Das Quertragwerk in Bahnhöfen und bei mehrgleisigen Strecken bildete man entsprechend der schlesischen Tradition mit geerdetem oberen und spannungsführendem unteren Richtseil aus,¹⁹ bei Kurvenradien von 800 m und weniger mit spannungsführenden Richtseilen,²⁰ wie es erstmals in den Bahnhöfen Endorf und Traunstein verwirklicht worden war, bei großen Querspannweiten mit 4 Quertragseilen.²¹ Bei der letztgenannten Zeichnung handelt es sich übrigens um die älteste, die in der ersten Handausgabe der Einbauzeichnungen der Regelfahrleitung der DB vom Januar 1956 enthalten ist. In dieser Weise überspannte man beispielsweise nach W. Reichel²² den Bahnhof Stuttgart-Untertürkheim über 29 Gleise mit einer Querspannweite von 117 m. Gegenüber der bisherigen Ausführung der Querseilaufhängung vereinfachte man die Aufhängung der Quertragseile an den Winkelmasten dadurch, daß im Mastkopf entsprechende Bohrungen für die Aufnahme der Zugstangen vorhanden sind, wodurch sich die Befestigung eines sonst erforderlichen Winkeleisens erübrigt.

Unter Überführungen führte man meist nur den Fahrdraht durch, verankerte das Trageil im Dreieck und montierte beidseits des Bauwerks Hubbegrenzer für den Fahrdraht. Erstmals im süddeutschen elektrifizierten Netz war im Großraum Stuttgart eine Fahrleitungsanlage im Tunnel zu entwerfen. Zwar liegt hiervon keine Einbauzeichnung vor, doch zeigen Lageplan und Querprofile der elektrischen Streckenausrüstung Stuttgart Hbf - Stuttgart-Bad Cannstatt²³ die Schrägseilaufhängung im Tunnel.

Die Ausbildung von Nachspannung und Streckentrennung entsprechen der süddeutschen Tradition. Bei der zweifeldrigen Nachspannung mit sich in Fahrtrichtung vor dem Stützpunkt kreuzenden Fahrdrähten ordnet man für die seitliche Festlegung des 2. Fahrdrachts über ein Gelenkstück einen weiteren Seitenhalter an, beim Stützpunkt K mit kurzem Seitenhalter in der üblichen Weise des Zubehörs für eine zweite elektrisch verbundene Fahrleitung am Schrägausleger,²⁴ beim Stützpunkt L mit langem Seitenhalter dagegen angelenkte Seitenhalter von 1,25 m Länge. Die zugehörige Zeichnung ist zwar weder in der Handausgabe noch im Zeichnungs-Verzeichnis von 1947 enthalten, dafür bei der BD

¹⁸ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 213 ff.

¹⁹ Zeichnung EzsN 143 vom Juni 1939.

²⁰ Zeichnung EzsN 144 vom Juni 1939.

²¹ Zeichnung Ezs 3081 vom Juli 1933.

²² VW, 28 (1934), S. 7 f.

²³ Zeichnung Ezs 29.002 L+Q Ausgabe vom Januar 1967.

²⁴ Zeichnung EzsN 160 vom Juni 1939.

Nürnberg noch vorhanden,²⁵ dort ebenso die Zeichnung der Zwischenstützpunkte der im Regelfall dreifeldrigen Streckentrennung²⁶. In Ausnahmefällen sah man eine einfeldrige Streckentrennung zwischen Abspannjochen vor.

F 6.2./5 Für die während und nach dem Zweiten Weltkrieg mit dieser Bauart ausgerüsteten Strecken änderte man verschiedene Elemente. Hatte man bisher alle Masten der freien Strecke als Einsetzmasten ausgebildet, verwendete man von da an nur noch Aufsetzmasten. Um den Aufwand bei der Vorratshaltung zu vermindern, änderte man die Konstruktion des Schrägauslegers, indem man anstelle des gebogenen oberen Endes ein gerades Stück befestigte. Schließlich führte man F 6.2./6 vermutlich unter österreichischem Einfluß die Querseilaufhängung auch in der Geraden mit spannungsführenden Richtseilen aus. Diese Fahrleitung erhielten verschiedene neu errichtete Bahnen und Ergänzungsstrecken in Süddeutschland, aber auch in Tirol und Vorarlberg (s. 13.7.2.), weiter etliche seit der Jahrhundertwende bestehende Gleichstrombetriebe bei der Umstellung auf 15 kV 16 2/3 Hz (s. 2.4.). Diese Umstellung besorgten die betreffenden Fahrleitungsmeistereien selbst, bestenfalls zog man einige Monteure von Firmen hinzu.

Den Umbau der ursprünglich mit 1000 V Gleichspannung betriebenen Strecke Berchtesgaden - Königssee besorgte nach Mitteilung der Flm Freilassing die Fahrleitungsgruppe des Bahnbetriebswerks Berchtesgaden in den Jahren 1941 und 1942, worauf dort im Juni 1942 die Umstellung von Gleich- auf Wechselstrombetrieb erfolgen konnte.

Bemerkenswert ist der Fahrleitungsumbau der von C. J. Schulze²⁷ ausführlich gewürdigten Isartalbahn. Bei der Elektrifizierung der zweigleisigen Strecke München Isartalbahn - Höllriegelskreuth-Grünwald mit 600 V (später 700 V) Gleichspannung im Jahre 1900 sah die Localbahn A.-G. München (LAG) fest abgespannte Einfachfahrleitung an Querdrähten vor, in Bahnhöfen an Gittermasten, auf freier Strecke an Holzmasten. Ab 1929 ersetzte die LAG diese Einfachfahrleitung durch eine Kettenfahrleitung entsprechend der zwischen Germering und Gilching verwirklichten Bauart (s. 5.2.3.). Nach der Verstaatlichung der LAG im Jahre 1938 besorgte die Flm München Ost den Unterhalt der Gleichstromfahrleitung der Isartalbahn und ersetzte hierbei die vorhandenen Bauteile durch genormte der DRB bzw. DB, wodurch diese Fahrleitung im Laufe der Jahre für eine Spannung von 15 kV umgebaut wurde. Während man auf freier Strecke lediglich die Isolatoren ersetzen mußte, sah man

²⁵ Zeichnung Ezs 2032 Ausgabe vom November 1935.

²⁶ Zeichnung Ezs 2059 Ausgabe vom Mai 1937; s. auch K. Sachs, Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 237, Abb. 330.

²⁷ Die Isartalbahn, München ²1980; s. auch H. Bürnheim, Localbahn A.-G. München, Gifhorn 1974, S. 47 ff.

bei der Erneuerung der Fahrleitung in Bahnhöfen neben Querseilaufhängung entsprechend den Regelzeichnungen auch eine vereinfachte Bauart mit einem spannungsführenden Quertragseil und einem spannungsführenden Richtseil (Höllriegelskreuth-Grünwald) oder Einzelmastausrüstung (München Isartalbahnhof) vor. Als am 25.03.1955 der Ausfall der Gleichrichter die Einstellung des Gleichstrombetriebes bedingte, konnte nach der Überspannung des Verbindungsgleises München Süd - München Isartalbahnhof bereits am 18.05.1955 der elektrische Zugbetrieb mit 15 kV 16 2/3 Hz aufgenommen werden.

Schließlich stellte die Flm Rosenheim die von 1897 an mit 550 V (später 750 V) Gleichspannung betriebene ehemalige LAG-Strecke Bad Aibling - Feilnbach im Jahre 1959 auf 15 kV 16 2/3 Hz um, wobei auch hier Material des 1955 stillgelegten Wechselstrombetriebes der Hamburg-Altonaer Stadt- und Vorortbahn wiederverwendet wurde (s. 7.6.).

Von all diesen Strecken existieren, abgesehen von einigen Lageplänen und statistischen Angaben in Jahresberichten, über die elektrische Zugförderung keine Unterlagen mehr; von der Königsseebahn kennt man nicht einmal das genaue Datum der Betriebsumstellung von Gleich- auf Wechselstrombetrieb. Sowohl die während des Zweiten Weltkrieges aus strategischen Gründen gebauten Bahnlinien als auch die von Gleich- auf Wechselstrom umgebauten Nebenbahnen sind, abgesehen von der in das S-Bahn-Netz München einbezogenen Teilstrecke der Isartalbahn (s. 11.5.3.), demontiert. Im Anschlußgleis Annahütte Hammerau südlich Freilassing hat sich diese während und nach dem Zweiten Weltkriegs ausgeführte Variante der Einheitsfahrleitung 1931 am längsten unverändert erhalten.

Noch bei der Ausarbeitung der Zeichnungen der Einheitsfahrleitung 1931 hatte man der Stromabnahme bei hohen Geschwindigkeiten keine sonderliche Bedeutung zugemessen. Im Jahre 1936 wirbt eine Firma mit dem Spruch: "Die schnellste elektrische Bahn Europas: Stuttgart - Augsburg - München"²⁸ für ihre Produkte. Möglicherweise ist dieser Satz im Zusammenhang mit der unter anderem von H. Kother²⁹ geführten Diskussion über die Leistungen von Gleichstrom-Vollbahnlokomotiven zu sehen, insbesondere solcher der Paris-Orléans-Bahn (PO). Nach G. Charmantier³⁰ erreichten die Lokomotiven der Serie E-503 ff. von 1933 an zwischen Paris-Austerlitz und St-Pierre-des-Corps unter der dortigen Verbundfahrleitung (s. 3.2.2.) bei Verspätungen häufig Durchschnittsgeschwindigkeiten von mehr als 115 km/h bei Spitzen bis 150 km/h. Obwohl die ab 1935 gelieferten Lokomotiven der Baureihe E 18 der DRB gegenüber den 2D2-

²⁸ EB, 12 (1936), Eh. S. 197.

²⁹ EB, 17 (1941), Eh. S. 127 ff.

³⁰ Les locomotives électriques de type 2D2, Menton 1981, S. 88.

Maschinen der PO keinen Vergleich zu scheuen brauchten, ist von derartigen Leistungen auf elektrifizierten Strecken Deutschlands nichts bekannt; bis Kriegsausbruch fuhr man hier elektrisch höchstens mit 120 km/h (s. 1.2.).

Nach W. Steinbauer³¹ führte die DRB im Jahre 1933 mit der neu abgelieferten Lokomotive E 04 09 mit 2 Stromabnehmern SBS 10 auf der Strecke München - Stuttgart Schnellfahrten durch, wobei man bis zu 151,5 km/h erreichte und dabei unter anderem das Verhalten von Fahrleitung und Stromabnehmer beobachtete. Bis etwa 110 km/h war die Stromabnahme einwandfrei, bei höheren Geschwindigkeiten mußte man jedoch in steigendem Maße Flammenbildung beobachten, die aber noch zulässig erschien. Während bei Einstellung der Fahrleitung auf +40°C die Stromabnahme bei 150 km/h fast funkenfrei erfolgte, war diese bei der Einstellung auf -30°C bei gleicher Fahrgeschwindigkeit sehr schlecht. Kettler³² teilt als Ergebnis dieser Schnellfahrten mit:

Z 6.2./12 "Die Versuche haben gezeigt, daß die Einheitsfahrleitung
 Z 6.2./13 bei niedrigen Temperaturen für die hohen Fahrgeschwindig-
 Z 6.2./14 keiten nicht ausreicht." W. Wechmann³³ formuliert dies po-
 Z 6.2./15 sitiv: "Die Reichsbahn-Fahrleitung für Hauptgleise läßt nach ihrer bisherigen Einheitsbauart eine einwandfreie Stromentnahme bis zu einer Fahrgeschwindigkeit von 120 km/h bei allen vorkommenden Temperaturen zu."

Zwei Jahre später führte die DRB mit einer Lokomotive der Baureihe E 18 auf derselben Strecke erneut Schnellfahrten durch, wobei man mehrfach eine Höchstgeschwindigkeit von 165 km/h erreichte. Hierbei teilt E. W. Curtius³⁴ zur Stromabnahme mit: "Schließlich bliebe noch zu erwähnen, daß der Bügellauf - bei den Meßfahrten wurden die Stromabnehmer des Meßwagens benutzt - selbst bei der Verwendung der schwereren Normalstromabnehmer praktisch ausreichend war. Wenn auch die Schleifstücke bei Geschwindigkeiten über 120 km/h oftmals sehr kurzzeitige Unterbrechungen des Stromes durch Abklappen verursachten, so kam es doch nur in sehr seltenen Fällen zu einer Unterbrechung der Steuerstromkreise."

Nach der Einführung der Kohleschleifstücke im süddeutschen Netz (s. 2.3.) urteilt ein Bericht der Versuchsanstalt München aus dem Jahre 1943³⁵ "über die Berechnung des statischen Anhubes bei Kettenleitung als Grundlage für dynamische Berechnungen", der die alte Einheitskette mit festem Hänger am Stützpunkt an den Ausgang der Berechnungen stellt, "obwohl diese Kette für Geschwindigkeiten über 100 km/h nicht in Frage kommt." Mitte der fünfziger Jahre no-

³¹ EB, 10 (1934), S. 25 ff.

³² EB, 11 (1935), S. 46.

³³ EB, 10 (1934), S. 5.

³⁴ EB, 13 (1937), S. 103.

³⁵ Bericht A 116 G/1943 aufgestellt am 20.07.1943.

tiert B. Boehm³⁶: "Die Einheitsfahrleitung 1931 hat sich trotz ihrer bekannten Mängel durchaus bewährt. Sie ist heute noch mit Höchstgeschwindigkeiten bis etwa 110 km/h fast unverändert in Betrieb." Etwa gleichzeitig stellt A. Mosler³⁷ fest: "Die Einheitsfahrleitung 1930 konnte mit Kohleschleifstücken einwandfrei nur noch mit 75 km/h befahren werden. Für Strecken niederer Verkehrsbedeutung wurde die zugelassene Geschwindigkeit auf 90 km/h erhöht." Diese Geschwindigkeiten nennt auch eine bei der BD Nürnberg vorhandene Zeichnung³⁸ aus der Nachkriegszeit. Deshalb bauten die Direktionen Augsburg und München Anfang der fünfziger Jahre die Einheitsfahrleitung 1931 bzw. deren Vorgängerbauarten für höhere Geschwindigkeiten um (s. 11.4.), nicht jedoch die BD Stuttgart. Es fällt auf, daß nach einer Darstellung von F. Fakiner³⁹ im Gesamtbereich der BD Stuttgart noch im Jahre 1968 die zulässige Höchstgeschwindigkeit den Wert von 120 km/h nicht überschritt, aber selbst hierbei gab es auf verschiedenen elektrifizierten Strecken Schwierigkeiten. Z 6.2./1
Z 6.2./16

Nach Mitteilung der BD Stuttgart ersetzte man im Jahre 1958 sämtliche beim Bw Stuttgart Hbf vorhandenen Lokomotiven der Baureihe E 18 durch solche der Reihe E 10. Von verschiedenen Geschwindigkeitsbeschränkungen abgesehen, war zwischen Stuttgart-Obertürkheim und Geislingen West als Höchstgeschwindigkeit 120 km/h zugelassen. In der Folge kam es bei der E 10 mit einem angehobenen Stromabnehmer DBS 54 und Fahrt mit 120 km/h immer wieder zu Hauptschalterauslösungen durch Ansprechen des auf 400 A eingestellten Oberstromrelais; solche Schwierigkeiten waren bei der E 18 unbekannt. Schließlich fand man heraus, daß das Bügelspringen im Transformator einen derart hohen Induktionsstrom verursachen konnte, daß das Oberstromrelais ansprechen mußte und gab um 1960 die Anweisung, mit der E 10 zwischen Stuttgart und Ulm bis auf weiteres mit zwei angehobenen Stromabnehmern zu fahren.

Schon vorher haben Lokomotivführer intuitiv die Ursache der Hauptschalterauslösungen erfaßt. Im Sommer 1960 hatte der Verfasser Gelegenheit, von Stuttgart Hbf nach München Ost Pbf im Führerstand einer Lokomotive E 10 mit einem angehobenen Stromabnehmer mitzufahren. Auf der freien Strecke zwischen Plochingen und Geislingen (Steige) schaltete der Lokomotivführer plötzlich einige Fahrstufen herunter, um kurz darauf wieder hochzuschalten. Die erstaunte Frage des Verfassers beantwortete der Lokomotivführer mit dem Hinweis, daß an dem gerade passierteten Zwischenstützpunkt der Nachspannung sonst der Hauptschalter auslösen würde.

Da die Fahrt mit zwei angehobenen Stromabnehmern DBS 54

³⁶ DB, 30 (1956), S. 1142.

³⁷ EI, 5 (1954), S. 36.

³⁸ Zeichnung Ezs 647 Bl. 1 Ausgabe vom November 1950.

³⁹ DB, 43 (1969), S. 559 ff.

nur eine vorübergehende Maßnahme sein konnte, baute die BD Stuttgart in den Jahren 1963 bis 1966 in einem Dringlichkeitsprogramm auf den Teilstrecken Stuttgart Hbf - Esslingen und Plochingen - Ulm Hbf die Einheitsfahrleitung 1931 in die Regeloberleitung der DB um, größtenteils in die Bauart Re 160 für 160 km/h (s. 11.3.1.), lediglich zwischen Geislingen (Steige) und Amstetten in die Bauart Re 75 für 75 km/h (s. 11.3.5.). Das verbleibende Zwischenstück folgte im Zusammenhang mit dem von E. Lasch⁴⁰ beschriebenen viergleisigen Ausbau des Streckenabschnitts Esslingen - Plochingen, der bis 1970 größtenteils abgeschlossen war.

6.3. Sonderbauart Höllentalbahn

1936 Freiburg (Brsg) Hbf - Titisee - Neustadt
(Schwarzw)
1936 Titisee - Seebrugg

Nach W. Wechmann⁴¹ elektrifizierte die DRB die Höllentalbahn unter anderem auch deshalb mit 20 kV 50 Hz, um in den vielen Tunnels dieser Strecke Erfahrungen über die Brauchbarkeit der erhöhten Fahrdrachtspannung unter schwierigen Verhältnissen zu sammeln. J. Schmitt⁴², H. Schuhmann⁴³ und F. Gut⁴⁴ beschreiben die Besonderheiten der Fahrleitungsanlage dieser Strecke.

Zunächst waren verschiedene Punkte der Fahrleitungsvorschrift 1931 der höheren Nennspannung anzupassen. Den Abstand der spannungsführenden Teile gegen Erde erhöhte man von 300 mm auf 400 mm. Der enge Querschnitt der alten Tunnels ließ den 2100 mm breiten Regelstromabnehmer der DRB nicht zu, sondern nur eine Sonderbauart von 1300 mm Breite für eine maximale Auslenkung des Fahrdrachts von der Gleisachse von 200 mm, wodurch sich in der Geraden eine Stützpunktentfernung von 50 m ergab, im Gleisbogen bis zu 25 m.

Im Hinblick auf den noch längere Zeit daneben bestehenden Dampfbetrieb verwendete man für den Fahrdraht Kupfer und das Kettenwerk Bronze, zu Versuchszwecken rüstete man zwischen Himmelreich und Hirschsprung eine Nachspannlänge mit Stahl-Aluminium-Fahrdraht aus. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, verwendete man für die Fahrleitungsanlage die Einzelteile nach Werknormen des RZA München; so entwarf man neu den von L. Schultheiß⁴⁵ vorgestellten fünfschirmigen Isolator mit vergrößerten Endschildern. Neben allgemein kürzeren Spannweiten sah man zur Erreichung einer genauen

⁴⁰ ETR, 21 (1972), S. 323 ff.

⁴¹ EB, 10 (1934), S. 14.

⁴² EB, 12 (1936), S. 217 ff.; ZVDEV, 77 (1937), S. 601 ff.

⁴³ Organ, 93 (1938), S. 351 ff.

⁴⁴ DB, 28 (1954), S. 542 ff.; JdE, 15 (1964), S. 101 f.

⁴⁵ EB, 10 (1934), S. 275 f.

Fahrdrahtlage auf eingleisigen Streckenabschnitten Bogenabzüge vor, die man bei der Einheitsfahrleitung 1931 sonst nur in Bahnhöfen findet. Weiter mußte die durchschnittliche Länge der Nachspannfelder auf 1200 m bis 1300 m vermindert werden. Da die durchschnittliche Entfernung der Masten nur 38 bis 42 m beträgt, wurde die Fahrleitung der Höllentalbahn ohne Isolatoren gegenüber jener für den damaligen Regelstromabnehmer um etwa 50 Prozent teurer.

Für die Überspannung der Bahnhöfe verwendete man meist die Querseilaufhängung mit Querspannweiten bis 100,7 m (Bf Titisee), lediglich im nur teilweise überspannten Hauptbahnhof Freiburg mußte man teilweise Doppelausleger über je 2 Gleise an einem Mittelmast vorsehen. Bei der Streckentrennung führte man die beiden Kettenwerke über eine Längsspannweite von 50 m in einem Abstand von 40 cm parallel zur Gleisachse. Um einen unzulässigen Windabtrieb zu vermeiden, sah man in der Mitte der Spannweite eine seitliche Festlegung vor, die man bei Querseilaufhängung als Stützpunkt mit geerdeten Richtseilen und Hängestützen ausführte. Die Phasentrennstelle bei Hinterzarten bildete man grundsätzlich in gleicher Weise aus wie die von M. Alzmann⁴⁶ beschriebene vierfeldrige Schutzstrecke, jedoch mit je einem Zwischenmast in den beiden Übergangsfeldern.

In den beiden 1928 bis 1933 erbauten zweigleisigen Tunnels übernahm man grundsätzlich die erstmals im Raum Stuttgart verwendete Schrägseilaufhängung, im Gleisbogen jedoch mit angelenktem Seitenhalter. In den 7 eingleisigen Tunnels mußte man sowohl die Gleise um durchschnittlich 20 cm absenken als auch für den Einbau der Stützpunkte im Tunnelgewölbe 36 Nischen ausbrechen und wieder ausmauern; A. Merkle⁴⁷ beschreibt die aufwendigen Bauarbeiten. Dennoch konnte dort nur der Fahrdraht mit einer durchschnittlichen Längsspannweite von 22,3 m durchgeführt werden, das Tragseil verankerte man an den Tunnelenden im Dreieck.

In einem ersten Bericht aus dem Jahre 1941⁴⁸ stellen O. Michel, H. Nibler und M. Heydmann für das RZA München sowie E. Kilb und R. Fritsche für die RBD Karlsruhe beim Kapitel III "Die Speise- und Fahrleitungen" fest: "Zu diesen Punkten sind keine Störungen festgestellt worden, die erwähnenswert sind ... Die gedrängte Bauart der Fahrleitung in den Tunneln hat nicht zu Beanstandungen geführt." Allerdings mußte man den Stahl-Aluminium-Fahrdraht wegen starker Rundfunkstörungen und übermäßiger Abnutzung der Kohleschleifstücke durch Kupferfahrdraht ersetzen. Auch in einem drei Jahre später veröffentlichten zweiten Bericht

⁴⁶ EB, 6 (1930), S. 288, Bild 3.

⁴⁷ EB, 12 (1936), S. 242 ff.

⁴⁸ Ergebnisse des elektrischen Versuchsbetriebs auf der Höllentalbahn mit 50 Perioden 1936 bis 1940, Bd. 1, München und Karlsruhe 1941, S. 13 f.

von R. Fritsche und E. Kilb⁴⁹ finden sich keine Hinweise auf Schwierigkeiten bei der damals mit höchstens 85 km/h befahrenen Fahrleitungsanlage. 1954 schreibt F. Gut⁵⁰: "Störungen, die auf die höhere Fahrdrabtspannung, die höhere Frequenz oder auf den kleineren Zickzack zurückzuführen wären, sind nicht bekannt geworden."

Dafür gab es aus einem anderen Grund zu Zeiten des 50 Hz-Betriebes mit der Fahrleitung der Höllentalbahn Probleme. Derselbe Verfasser⁵¹ notiert hierzu: "Auf der Höllental- und Dreiseenbahn werden ... planmäßig neben fünf elektrischen Triebfahrzeugen noch drei Dampflokomotiven der Baureihe 85 eingesetzt. Die elektrischen Triebfahrzeuge leisten hierbei im reinen Reisezugdienst täglich 1308 km (74%) und die Dampflokomotiven im gemischten Reise- und Güterzugdienst 462 km (27%). Durch die zahlreichen Sonderleistungen, die meistens mit Dampf gefahren werden müssen, erhöht sich aber im Jahresdurchschnitt der prozentuale Anteil der Dampflokomotiven."

So muß F. Gut⁵² an gleicher Stelle feststellen: "Bei dem heute immer noch erforderlichen gemischten Betrieb ist es nötig, daß zur Vermeidung von Isolatorüberschlägen infolge Verrußung die Isolatoren der Steilstrecke jährlich und jene der Tunnelstützpunkte halbjährlich gereinigt werden. An den Anfahrstellen von Dampflokomotiven ist die Reinigung von Isolatoren meistens schon vierteljährlich erforderlich. Trotz dieser Reinigungen muß im Monatsdurchschnitt doch mit etwa acht bis zehn Kurzschlüssen gerechnet werden, die zu etwa 20% durch Dampflokomotiven und zu 30% durch Ellok verursacht werden. Der Rest der Kurzschlüsse dürfte auf verschiedene Ursachen zurückzuführen sein."

Die von E. Kilb⁵³ gewürdigte Umstellung der Höllentalbahn von 20 kV 50 Hz auf 15 kV 16 2/3 Hz im Jahre 1960 ermöglichte den vollen elektrischen Betrieb auf dieser Steilrampenlinie, womit sich dort der Fahrleitungsunterhalt normalisieren ließ. Jedoch ist auch auf der Höllental- und Dreiseenbahn heute die Fahrleitung nicht mehr im Originalzustand erhalten (s. 11.4.).

⁴⁹ EB, 20 (1944), S. 31 ff.

⁵⁰ DB, 28 (1954), S. 544.

⁵¹ Ebenda, S. 553.

⁵² Ebenda, S. 544.

⁵³ EB, 31 (1960), S. 257 ff.; GA, 84 (1960), S. 537 ff.

7. Fahrleitungsbauarten aufbauend auf der Einheitsfahrleitung 1931, Firmenbauarten der 3. Generation

7.1. Richtlinien für Fahrleitungen für hohe Geschwindigkeiten

Die 8. wissenschaftliche Tagung der Vereinigung von höheren technischen Reichsbahnbeamten e. V. am 3. und 4. November 1933 in Berlin hatte sich zum 25jährigen Bestehen das Rahmenthema "Schnellverkehr" gestellt.¹ H. Tetzlaff² trägt "Gedanken über Schnellverkehr und seine Fahrzeuge" vor und spricht von der geplanten Beschaffung zweiteiliger Wechselstromtriebwagen, die "160 km/h fahren sollen". K. Leibbrand³ sagt in seinem Vortrag "Geschwindigkeitssteigerung auf der Schiene" zwar: "Die technischen Probleme der Geschwindigkeitssteigerung liegen nicht einfach", geht jedoch nicht auf die Stromabnahme ein. W. Reichel⁴ bespricht in seinem Vortrag "Mittel zum Schnellverkehr durch elektrischen Betrieb" sehr ausführlich die hierfür geeigneten elektrischen Triebfahrzeuge, äußert sich jedoch nur knapp über die zugehörige Fahrleitung, da er die Überzeugung vertritt, "daß sie in der heute vorhandenen in jeder Beziehung vervollkommenen Form zur absolut zuverlässigen Übertragung auch der größten Leistungen ... geeignet ist."

Dagegen notiert Kettler⁵ als Ergebnis der Schnellfahrten 1933 zwischen München und Stuttgart: "Um eine einwandfreie Stromabnahme bei 150 km/h zu erzielen, muß eine möglichst gleichbleibende Höhenlage des Fahrdrahtes zwischen den Masten bei allen Temperaturen, auf eine geringe Neigung bei Änderung der Fahrdrathöhe an Unterführungen und schließlich auf eine leichte, aber doch starre Bauart des Stromabnehmers geachtet werden." Damit war für fahrplanmäßige Geschwindigkeiten über 120 km/h sowohl eine Änderung der Fahrleitung als auch des Stromabnehmers erforderlich.

Hierbei stand die DRB unter Zeitdruck, da derselbe Verfasser feststellt: "Die beschleunigte Durchführung dieser Versuche und die möglichst schnelle Entwicklung einer Fahrleitungs- und Stromabnehmerbauart für hohe Geschwindigkeiten ist deshalb notwendig, weil fast alle zukünftig zu elektrisierenden Strecken in den Hauptgleisen mit hohen Geschwindigkeiten (zur Zeit 150 bis 160 km/h) befahren werden sollen." Bemerkenswert ist, daß die Reichsbahn bereits im Jahre 1934 an noch höhere Geschwindigkeiten bei elektrischem Zugbetrieb dachte, da das RZA München nach dem Zeichnungs-Verzeichnis 1947 in jenem Jahr "Richtlinien

¹ VW, 27 (1933), S. 631 ff., 669 ff., 725 ff.; VW, 28 (1934), S. 1 ff.

² VW, 27 (1933), S. 639 ff.

³ VW, 27 (1933), S. 669 ff.

⁴ VW, 28 (1934), S. 1 ff., 21 ff., 35 ff.

⁵ EB, 11 (1935), S. 46.

für die Bestimmung der Fahrleitungsausleger bei Gleisüberhöhungen für 180 km/h Fahrgeschwindigkeit"⁶ herausgab.

Weder diese Richtlinien, noch solche für Fahrleitungen für hohe Geschwindigkeiten, liegen im Original vor, letztere dafür in Bearbeitungen aus den Jahren 1935 und 1936. Kettler⁷ übermittelt hiervon eine frühe Form: "Aus den Ergebnissen der bisherigen Schnellfahrversuche läßt sich hinsichtlich der baulichen Durchbildung einer Fahrleitung für hohe Geschwindigkeiten die Erfüllung folgender Bedingungen ableiten:

1. Möglichst parallele Lage des Fahrdrahtes zum Gleis unter dem gleitenden Stromabnehmer bei allen Temperaturen im Sommer und Winter,
2. Wegfall zusätzlicher Massen am Fahrdraht zur Erzielung einer gleichmäßigen Elastizität in der ganzen Fahrleitung.

Außerdem ist es erwünscht, wenn die Fahrleitung noch folgende Bedingungen erfüllt:

3. möglichst geringe Bauhöhe der Fahrleitung, um an Bauhöhe der Masten zu sparen,
4. Einschränkung der Zahl der Läufer, da diese im Betriebe unerwünscht sind,
5. leichte und gefällige Durchbildung der ganzen Fahrleitung, ohne die Sicht auf Signale und Strecke zu behindern,
6. möglichst niedrige Bau- und Unterhaltungskosten."

W. Usbeck⁸ teilt eine überarbeitete Form dieses Katalogs mit. "Diese Anforderungen sind in mechanischer Beziehung folgende:

1. Möglichst elastische und gleichmäßige Lage des Fahrdrahts zur Erzielung eines stoßfreien Gleitens des Stromabnehmers am Fahrdraht.
2. Ausgleich der durch Wärmeschwankungen bedingten Längenänderungen des Fahrdrahts zur Erzielung eines gleichmäßigen Fahrdrahtzuges.
3. Führung des Fahrdrahts im Zickzack so, daß der Stromabnehmerschleifbügel annähernd gleichmäßig in der zulässigen Breite bestrichen wird.
4. Auch bei starken Seitenwinden darf der Fahrdraht an keiner Stelle mehr als 75 cm von der Mittelsenkrechten über der Gleisachse abweichen.
5. Möglichst geringe Beeinträchtigung der Signalsicht.

In elektrischer Beziehung muß die Fahrleitung imstande sein,

1. die von den Fahrzeugen benötigten Strommengen möglichst funkenfrei auch bei hohen Geschwindigkeiten auf die Fahrzeuge zu übertragen,
2. der Spannungsabfall muß in zulässigen Grenzen bleiben,
3. die Fahrleitung muß sich so schalttechnisch aufteilen

⁶ Zeichnung Ezs 3504 Ausgabe vom April 1934.

⁷ EB, 11 (1935), S. 46.

⁸ EB, 12 (1936), Eh. S. 24.

lassen, daß kranke Teile der Fahrleitung möglichst schnell eingegrenzt werden können, ohne den übrigen Betrieb zu beeinträchtigen."

Entsprechend diesen Anforderungen entwickelten die Firmen neue Fahrleitungsbauarten, wobei man die Fahrleitungsvorschrift 1931 und die in den EzsN-Zeichnungen festgelegten Werknormen der DRB soweit möglich berücksichtigte. 1934/35 bot die Elektrifizierung der Strecken Magdeburg - Halle und Augsburg - Nürnberg Gelegenheit, diese einzubauen.

7.2. Fahrleitung mit Tragseil aus "Invarstahl"

1935 Unterheckenhofen - Roth

Zunächst war es naheliegend, die bisherige Bauform der Einheitsfahrleitung 1931 beizubehalten, indem durch Verwendung eines Trageils mit geringerer Wärmedehnungszahl die temperaturabhängigen Höhenschwankungen des Fahrdrachts beseitigt werden. Für dieses Vorgehen sprach auch die Erfahrung, daß sich Fahrleistungsstrecken mit festem Stahltragseil hinsichtlich der Höhenschwankungen des Fahrdrachts günstiger verhielten als Fahrleitungen mit festem Bronze-tragseil. K. Lechleuthner⁹, G. Naderer¹⁰, K. Sachs¹¹ und W. Usbeck¹² beschreiben diesen Versuch.

Eisen-Nickel-Legierungen haben einen sehr kleinen Wärmeausdehnungskoeffizienten, daher die Bezeichnung "Invarstahl", jedoch ist deren Herstellung sehr teuer. Als weiteres Argument kam bereits Mitte der dreißiger Jahre hinzu, daß man hierzu erhebliche Mengen von Nickel aus dem Ausland einführen müßte. Schon aus diesen Gründen kam damals eine Anwendung in größerem Umfang nicht in Frage; man dachte daran, die vorhandene Einheitsfahrleitung 1931 durch Auswechseln des Tragseils für hohe Geschwindigkeiten umzubauen, sofern wegen beschränkter Bauhöhe billigere Maßnahmen nicht möglich sind.

Beim Lehrgang 1942 in München muß A. Mosler¹³ feststellen, daß der Bügel auch bei der zufolge des festen Tragseils aus "Invarstahl" waagerechten Lage des Fahrdrachts beim Stützpunkt abspringt, die ungleichmäßige Elastizität des Kettenwerks in Feldmitte und an den Stützpunkten stand einem einwandfreien Bügellauf bei hohen Geschwindigkeiten entgegen.

⁹ SSW, 15 (1935), S. 313 f.

¹⁰ EB, 11 (1935), S. 114.

¹¹ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 218.

¹² EB, 12 (1936), Eh. S. 25.

¹³ Vorträge bei den Unterrichtskursen mit Erfahrungsaustausch über Konstruktion, Bau und Betrieb von Fahrleistungsanlagen, Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 35.

Schließlich sei darauf hingewiesen, daß man nach G. Naderer¹⁴ in Nürnberg Rbf für die beiden Richtseile eines Querfelds über 27 Gleise mit einer Spannweite von 136,1 m ebenfalls Invarstahl verwendete.

7.3 Fahrleitung mit einem federnden Hänger am Stützpunkt

1934 München-Pasing - Lochhausen (Umbau)

1935 Pleinfeld - Mühlstetten

Z 7.3./1

Ein anderer Vorschlag, die Einheitsfahrleitung 1931 mit Fahrgeschwindigkeiten von 160 km/h und darüber mit möglichst geringem Aufwand umzubauen, bestand darin, durch den Einbau einer Feder am Stützpunkt dort die Elastizität jener in Feldmitte anzugleichen. Kettler¹⁵ beschreibt eine Anordnung mit Blattfedern, K. Lechleuthner¹⁶, G. Naderer¹⁷ und K. Sachs¹⁸ dagegen die verwirklichte Federaufhängung Bauart Steurer mit Schraubenfedern. Neben der gleichmäßigeren Elastizität des Kettenwerks sollte die Feder am Stützpunkt auch einen Ausgleich zwischen Sommer- und Winterlage des Fahrdrachts schaffen und plötzliche Richtungsänderungen unter dem Stützpunkt vermeiden. Um in allen Fällen eine einigermaßen gleiche Wirkung der Feder zu erzielen, müßte man eine größere Anzahl Federn verschiedener Kennlinien verwenden. Bei dem 2,6 km langen Versuchsabschnitt zwischen Pleinfeld und Mühlstetten mit relativ großen Krümmungsradien konnte man noch mit 2 verschiedenen Federn für kurze und lange Seitenhalter auskommen. Nach einem von L. Hausmann¹⁹ veröffentlichten Meßschrieb sind zwar die scharfen Ecken unter dem Stützpunkt beseitigt, doch weist die Anhubkurve noch geringe plötzliche Richtungsänderungen beim Stützpunkt auf. A. Mosler²⁰ teilt beim Lehrgang 1942 in München mit, daß diese Konstruktion bald verlassen wurde, weil eine Feder ein unerwünschtes Bauelement ist und der Stahl so stark rostet, daß die Federn zerstört wurden.

7.4. Fahrleitung mit Y-Beiseil

1934 Augsburg Hbf - Gersthofen

1934 Gablingen - Donauwörth

1935 Donauwörth - Pleinfeld

¹⁴ DR, 11 (1935), S. 555.

¹⁵ EB, 11 (1935), S. 78 f.

¹⁶ SSW, 15 (1935), S. 315 f.

¹⁷ EB, 11 (1935), S. 116; EB, 17 (1941), Eh. S. 70 f.

¹⁸ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 219.

¹⁹ EI, 11 (1960), S. 300.

²⁰ Vorträge bei den Unterrichtskursen ..., Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 39.

1935 Georgensgmünd - Unterheckenhofen (Gegengleis)
 1935 Roth - Nürnberg Hbf

Erneut stellen K. Lechleuthner²¹, G. Naderer²², K. Sachs²³ und W. Usbeck²⁴ diese von SSW aus der Fahrleitung München-Pasing - Herrsching (s. 5.2.3.) weiterentwickelte Bauart dar. Es sei angemerkt, daß zwar AEG bereits zuvor zwischen Dessau und Magdeburg ein kurzes Y-Beiseil am Stützpunkt eingebaut hatte (s. 3.1.2.), jedoch führte AEG diesen Ansatz damals nicht weiter. Z 7.4./1

Dem Einbau eines Y-Beiseils am Stützpunkt bei fest abge-
 spanntem Tragseil liegt folgende Überlegung zugrunde: Wenn
 bei Temperaturänderungen das Tragseil seine Zugspannung
 und damit Höhenlage ändert, so gilt dies auch für Zugspan-
 nung und Höhenlage im Beiseil und damit die Höhenlage des
 Fahrdrahts am Stützpunkt. Dies hängt wiederum von Länge
 und Zugspannung des Y-Beiseils ab. Nach einem Vorschlag
 von L. Hausmann wählte man diese Größen mit Rücksicht auf
 die seitliche Festlegung so, daß die Höhenänderung des
 Fahrdrahts beim Stützpunkt etwas kleiner ist als jene in
 Feldmitte.

Nach einer bei der BD Nürnberg vorhandenen Zeichnung²⁵ be-
 trägt die Systemhöhe des Kettenwerks mit Rücksicht auf das
 Y-Beiseil einheitlich 2,0 m. Sowohl bei Ausleger-Stütz- Z 7.4./2
 punkten als auch im Querfeld hat das Y-Beiseil bei gezo- F 7.4./1
 genem Seitenhalter eine Länge von 20 m, bei gedrücktem Sei-
 tenhalter eine solche von 12 m; in Gleiskrümmungen redu-
 zierte man dieses Maß nach der Literatur bis auf 8 m. Da
 nach einer weiteren Zeichnung für den Einbau der Fahrlei-
 tung mit Y-Aufhängung²⁶ bei Verwendung von Bronzetrage-
 seil beim Stützpunkt L zwischen Sommer- (+40°C) und Winterlage
 (-30°C) eine Differenz der Fahrdrathöhe von 42 cm be-
 steht, mußte man zur Sicherheit gegen Anschlag des Strom-
 abnehmers die langen Seitenhalterrohre abkröpfen. Entspre- F 7.4./2
 chend montierte man in Bahnhöfen das untere Richtseil et-
 was höher als bei der Einheitsfahrleitung 1931 und brachte
 den Seitenhalter an einem Rohrkrümmer gelenkig an.

H. Nibler²⁷ interpretiert Meßfahrten zur Prüfung der Fahr-
 leitung auf der Strecke Roth - Pleinfeld²⁸ mit Geschwin-
 digkeiten bis 150 km/h: "Obwohl die Fahrleitung statisch

²¹ SSW, 15 (1935), S. 316 ff.

²² DR, 11 (1935), S. 555 f.; EB, 11 (1935), S. 115 f.;
 EB, 17 (1941), Eh. S. 71.

²³ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und
 Leipzig 1938, S. 218 f.

²⁴ EB, 12 (1936), Eh. S. 26.

²⁵ Zeichnung Ezs 2500 Ausgabe vom Juli 1934.

²⁶ Zeichnung Ezs 3505 Ausgabe vom Juni 1934.

²⁷ GA, 74 (1950), S. 3 f.

²⁸ Zeichnung Ezsv 175 Ausgabe vom Mai 1940;
 Zeichnung Ezsv 195 Ausgabe vom März 1940.

gemessen ziemlich gleichmäßig elastisch ist, so verursachen doch die Massen der Seitenhalter am Fahrdraht Beschleunigungskräfte, welche den Stromabnehmer zum Abklappen bringen." Besonders beim langen Seitenhalter zeigten sich bei etwa 150 km/h Spannungsunterbrechungen.

7.5. Fahrleitungsbauarten mit nachgespanntem Tragseil

Schließlich wollte man den Einfluß von Temperaturschwankungen durch Nachspannung des Tragseils ausschalten. Während G. Naderer²⁹ an die Vorbilder der Österreichischen Bundesbahnen und der Schwedischen Staatseisenbahnen erinnert, verweist W. Usbeck³⁰ auf die Versuchsstrecke Raguhn - Bitterfeld mit nachgespanntem Tragseil und notiert: "Diese Bauart ist damals wieder verlassen worden, weil ein Bedürfnis dazu bei den bisher angewendeten Geschwindigkeiten nicht vorlag." Deutlicher formuliert es A. Mosler³¹ beim Lehrgang 1942 in München: "In der Ostmark ist bisher ausschließlich nachgespanntes Tragseil verwendet worden, das dort als Selbstverständlichkeit angesehen wird. Im Altreich dagegen wurde nachgespanntes Tragseil immer als fremd empfunden und daher abgelehnt."

Wenn G. Naderer³² aussagt: "Damit wird die bisherige Bauform der Fahrleitung grundlegend geändert ...", steht er damit fest in der süddeutschen Tradition, während W. Usbeck³³ mit dem Satz: "Es sind dazu auch keine wesentlichen Änderungen an den bisher genormten Teilen der Einheitsfahrleitung erforderlich ..." die mitteldeutsche und schlesische Tradition aufleuchten läßt.

7.5.1. Bauart AEG

- 1934 Halle (Saale) - Stumsdorf
- 1934 Stumsdorf - Köthen - Magdeburg Hbf
(festes Tragseil)
- 1934 Gersthofen - Gablingen
- 1935 Schönebeck (Elbe) - Schönebeck-Salzelmen
(festes Tragseil)

Z 7.5.1./1 Während nach H. Tetzlaff³⁴ die gesamte Strecke Halle - Magdeburg die AEG-Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk erhielt, rüstete man nach Holz³⁵ nur den etwa 15 km langen Streckenabschnitt südlich Stumsdorf bis zur Streck-

²⁹ EB, 11 (1935), S. 115.

³⁰ EB, 12 (1936), Eh. S. 25.

³¹ Vorträge bei den Unterrichtskursen ..., Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 61.

³² EB, 11 (1935), S. 115.

³³ EB, 12 (1936), Eh. S. 25 f.

³⁴ Organ, 90 (1935), S. 248.

³⁵ EB, 11 (1935), S. 19 ff.

Streckentrennung vor Halle einschließlich des Bahnhofs Niemberg für Versuchsfahrten bis zu 160 km/h in dieser Weise aus, ansonsten sah man festes Tragseil vor; A. Güldenpenning³⁶ bestätigt diese Aussage. Nach eingehenden rechnerischen Untersuchungen der Längenausdehnung des Kettenwerks von Kettler³⁷ wählte man ein einfaches Kettenwerk. Tragseil und Fahrdraht werden über eine Schwinge an einem Hebel-Spannwerk nachgespannt; ein Anschlag verhindert bei Erreichen eines bestimmten Durchhangs des Tragseils durch Rauhereif oder Eis ein unzulässiges Maß und legt dieses fest. Während man bei Ausleger-Stützpunkten in Mitteldeutschland eine Systemhöhe von 1,75 m wählte - die Masten waren für die dort ursprünglich vorgesehene Einheitsfahrleitung 1931 mit vergrößerter Systemhöhe bereits bestellt -, legte man dieses Maß in Süddeutschland auf 1,4 m fest. Bei Querseilaufhängung verringerte man die Systemhöhe bei nachgespanntem Tragseil auf 1,8 m.

Aufbauend auf den in Schlesien gewonnenen Erfahrungen mit Rohrschwenkauslegern (s. 5.3.2.2.) entwickelte AEG eine Bauart mit einem normalen Stabisolator im Spitzenankerseil und einem dreischirmigen Rohrkappenisolator. Wie in Schlesien ist das Tragseil pendelnd unterhalb der Auslegerspitze gelagert. K. Sachs³⁸ beschreibt die Konstruktion dieses Auslegers näher. Nur über Nebengleisen größerer Bahnhöfe verwendete man den Formeisen-Schrägausleger.

Im Querfeld ermöglichen unterhalb des Stabisolators angebrachte 200 mm lange Laschen die Längsbeweglichkeit des Tragseils; Rollen oder Gleitschienen lehnte man als "betrieblich unerwünscht" ab. Um bei Temperaturänderungen eine gegenseitige Beeinflussung der Kettenwerke eines Bahnhofs bei der Bespannung von Weichen zu vermeiden, spannte man im Bahnhof Niemberg über allen Gleisen das Tragseil nach. Sowohl bei der zweifeldrigen Nachspannung als auch bei der dreifeldrigen Streckentrennung ordnete man bei den Zwischenstützpunkten jeweils 2 Rohrschwenkausleger nebeneinander an. Bei Ausleger-Stützpunkten bildete man den Festpunkt mit einem Ankerseil aus, im Querfeld dagegen erstmals nach der später als "Fischbauch" bezeichneten Bauart. Zwar führt das Zeichnungs-Verzeichnis von 1947 zahlreiche Zeichnungen dieser Bauart auf, doch hat sich weder in der Handausgabe dieses Jahres noch in einer Bundesbahndirektion ein Exemplar erhalten.

Holz³⁹ weist noch auf eine bemerkenswerte Sonderkonstruktion hin. Wegen äußerst beengter Platzverhältnisse mußte man die Streckentrennung vor Magdeburg Hbf bzw. Magdeburg-Buckau mit 5 bzw. 6 Gleisen jeweils einfeldrig zwischen

³⁶ EB, 82 (1984), S. 329.

³⁷ EB, 11 (1935), S. 68 ff.

³⁸ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 222 f.

³⁹ EB, 11 (1935), S. 19 f.

Abspannjochen mit einer Querspannweite von etwa 30 m wirklichen. U. Kroll⁴⁰ bezeichnet diese Konstruktion als "Jochüberspannung in einem Bahnhof der Deutschen Reichsbahn (1925). Im Vordergrund Bauart der Jahre 1920-1925. Im Hintergrund Bauart von 1912 mit großer Systemhöhe und doppelter Isolation." (s. 3.1.2.).

Z 7.5.1./3

Bei der 1. Sitzung der "Arbeitsgemeinschaft für die Unterhaltung und Wiederinstandsetzung von Fahrleitungen" am 28. 10.1938 in Leipzig bittet der Vorsitzende W. Usbeck den Vertreter des RZA München, sich über die Erfahrungen mit Fahrleitungen für Höchstgeschwindigkeiten zu äußern. Reinicke antwortet darauf: "Die AEG-Bauart hat sich erst bewährt, nachdem dem Fahrdraht ein Vor-Durchhang gegeben wird, um im Winter die Knickpunkte an den Tragmasten zu vermeiden." Diese Argumentation ist zwar in sich widersprüchlich, jedoch trifft es zu, daß die AEG-Fahrleitung einen Vordurchhang von 8 cm erhielt. A. Mosler⁴¹ stellt beim Lehrgang 1942 in München fest: "Aber auch das nachgespannte Tragseil ... allein hatte seine Kinderkrankheiten. Wie vorhin gesagt, sprang der Bügel nicht nur bei -30°C, sondern auch bei mittlerer Temperatur und waagerechter Fahrdrahlage ab. Nicht nur die Ungleichheit der Fahrdrahlage bei verschiedenen Temperaturen, sondern auch der verschieden große Anhub des Fahrdrahtes durch den Stromabnehmer, d. h. die ungleichmäßige Elastizität in Feldmitte und an den Stützpunkten stand einem einwandfreien Bügellauf bei hohen Geschwindigkeiten entgegen."

7.5.2. Bauart SSW

1935 Mühlstetten - Georgensgmünd

Z 7.5.2./2

Z 7.5.2./1

F 7.5.2./1

G. Naderer⁴², Kettler⁴³, K. Lechleuthner⁴⁴ und K. Sachs⁴⁵ gehen auf die Besonderheiten der Fahrleitung mit nachgespanntem Tragseil von SSW ein; hier seien nur die Abweichungen gegenüber der Bauart von AEG notiert. Tragseil und Fahrdraht des Kettenwerks von 1,4 m Systemhöhe auf freier Strecke und 2,0 m Systemhöhe im Bahnhof spannte man getrennt an 2 nebeneinander angeordneten Hebel-Spannwerken nach, wobei man bei dieser Anordnung das Auftreten von Schwingungen befürchtete. Der Rohrschwenkausleger von SSW verwendet ein anderes Schwenkauslegergelenk und ordnet den Tragseilstützpunkt in der Verlängerung der Achse der Ausgeröhre an, wodurch sich etwa 20 cm an Bauhöhe sparen

⁴⁰ EB, 31 (1960), S. 123, Bild 5.

⁴¹ Vorträge bei den Unterrichtskursen ..., Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 35.

⁴² EB, 11 (1935), S. 115.

⁴³ EB, 11 (1935), S. 80.

⁴⁴ SSW, 15 (1935), S. 314 f.

⁴⁵ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 222 f.

lassen. Im Querfeld sieht man erstmals die Pendelaufhängung des Tragseils oberhalb des oberen Richtseils vor. Sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof bildete man den Festpunkt mit einem Ankerseil aus.

H. Nibler⁴⁶ deutet einen auf der genannten Strecke aufgenommenen Meßstreifen der Versuchsanstalt München wie folgt: "Man erkennt die ziemlich gleichmäßigen Schwingungen zwischen Stützpunkten und Feldmitte, wobei der stärkere Ausschlag jedesmal beim gedrückten Seitenhalter auftritt. An allen Stützpunkten treten, wie das Spannungsschaubild zeigt, bei etwa 135 km/h starke Kontaktunterbrechungen bis etwa 0,5 Sekunden auf. Die Geschwindigkeitsabsenkung entstand durch Auslösen des Lokomotivhaupt Schalters. Strecke b ist ein Bahnhof mit derselben Fahrleitungsbauart [Bf Georgensgmünd], jedoch mit Stützpunkten im Querseil, wobei die Seitenhalter nur auf Zug beansprucht sind. Die Schwingungen sind stark gedämpft, jedoch treten größere Höhenschwankungen der Stützpunkte durch Unregelmäßigkeiten im Einbau, durch Kreuzungen und Streckentrenner auf. Die Kontaktunterbrechungen sind hier wesentlich geringer als auf der freien Strecke." So ist es nicht verwunderlich, wenn R. Wagner⁴⁷ diese Bauart im Jahre 1954 als "Einheitsfahrleitung bis 75 km/h " bezeichnet. z 7.5.2./3

7.6. Windschiefe Fahrleitung

1939 Stuttgart-Zuffenhausen - Weil der Stadt
1955 Traunstein - Ruhpolding

Nach B. Boehm⁴⁸ bemühte sich die RBD Stuttgart, den Fahr- F 7.6./1
leitungsbau der kurz vor Beginn des Zweiten Weltkriegs F 7.6./2
elektrifizierten Strecke Stuttgart-Zuffenhausen - Weil der Stadt dadurch zu verbilligen, daß man zwar im wesentlichen genormte Bauteile verwendete, aber mit windschiefer Kettenwerk größere Spannweiten anwandte; dies sowohl auf freier Strecke mit Ausleger-Stützpunkten als auch im Bahnhof mit Querseilaufhängung. Auch D. Walz⁴⁹ weist auf diese sowohl in der Geraden als auch im Gleisbogen verwendete Bauart hin.

Bereits 1928/29 hatte die mit 1200 V Gleichspannung elektrifizierte Meterspurstrecke Mannheim - Heidelberg der Oberrheinischen Eisenbahn Gesellschaft AG (OEG)⁵⁰ auf der freien Strecke eine windschiefe Fahrleitung mit Schräg- auslegern erhalten. Die Herstellerfirma BBC weist in Tech-

⁴⁶ GA, 74 (1950), S. 3.

⁴⁷ EB, 25 (1954), S. 179, Bild 9.

⁴⁸ DB, 30 (1956), S. 1137.

⁴⁹ DB, 59 (1983), S. 381.

⁵⁰ Chronik der Mannheimer Verkehrsunternehmen, Mannheim 1957, S. 104 ff.

nischen Erläuterungen zu Fahrleitungsbauarten⁵¹ auf die Verwandtschaft der zwischen Stuttgart-Zuffenhausen und Weil der Stadt montierten Bauart mit der windschiefen Fahrleitung von 1926 zwischen München Ost Rbf und Feldmoching (s. 5.2.4.2.) hin und ordnet ihr eine Fahrgeschwindigkeit von "120 km/h und mehr" zu. Zwar sollte die genannte Strecke nach dem Elektrifizierungsprojekt größtenteils für 120 km/h hergerichtet werden,⁵² tatsächlich befuhr man diese Fahrleitung nach F. Fakiner⁵³ höchstens mit 100 km/h. Von allen in diesem Kapitel betrachteten Bauarten hielt sie sich so am längsten, bis man die nach J. Wedler⁵⁴ "besonders schwache Fahrleitung" im Zusammenhang mit dem Bau der S-Bahn Stuttgart erneuerte.

Während auf verschiedenen Strecken der DB die Regelfahrleitung 1950 bereits im Betrieb bzw. im Bau war, kam es aus besonderen Gründen nochmals zur Überspannung einer Eisenbahnlinie unter Benutzung von Bauteilen der Einheitsfahrleitung 1931. Bereits anlässlich der Stilllegung des Einphasenwechselstrombetriebes mit 6300 V 25 Hz auf der Hamburg-Altonaer Stadt- und Vorortbahn im Jahre 1955 stellt K. Kotzott⁵⁵ fest, daß nach Einschränkung des Wechselstrombetriebes im Oktober 1954 damit begonnen wurde, die Fahrleitung zwischen Blankenese und Othmarschen abzubauen, "um sie an einer anderen Stelle im süddeutschen Raum wiederverwenden zu können." H. Nibler und H. Knorr⁵⁶ legen dar, daß der Fahrleitungsbauzug der BD München (s. 8.3.1.) die Wechselstromfahrleitung in Hamburg demontierte und das wieder verwendbare Material dem Zentrallager zuführte. Einen Teil dieser Stoffe konnte man bei der ebenfalls vom Bauzug nach W. Klüsche⁵⁷ aus dringenden betrieblichen Gründen elektrifizierten 13 km langen Nebenbahn Traunstein - Ruhpolding nutzbringend verwerten.

Nach einem Kurzbericht⁵⁸ arbeitete man die seinerzeitigen Eingrabmasten unter Verwendung von Altstoffen aus zerlegten Dampflokomotiven in Aufsetzmasten um. Frühere Kessel und Tenderbleche bilden die Mastfüße, Federspannschrauben die Ankerbolzen.

In der Geraden ist die windschiefe Fahrleitung mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht direkt an Flachmasten mit einer Längsspannweite bis 82 m aufgehängt, wobei diese abwechselnd rechts bzw. links des Gleises angeordnet sind. Durch diese Aufhängung sind Ausleger zur Aufhängung des Kettenwerks entbehrlich; im Gegensatz zu windschiefen

⁵¹ BBC, Liste B 7a, November 1962, S. 16 f.

⁵² EB, 11 (1935), S. 122.

⁵³ DB, 43 (1969), S. 559 ff., Bild 5.

⁵⁴ DB, 54 (1978), S. 694.

⁵⁵ EB, 26 (1955), S. 97 ff.

⁵⁶ DB, 30 (1956), S. 423 f.

⁵⁷ EB, 27 (1956), S. 1 f.

⁵⁸ EB, 26 (1955), S. 284.

Bauarten in der Schweiz (s. 14.7.3.1.) ist am Stützpunkt immer ein Seitenhalter angeordnet. Diese windschiefe Fahrleitung verwendet man auch im Gleisbogen mit Masten bogenaußen. In den Bahnhöfen entspricht die Fahrleitung der Einheitsfahrleitung 1931, jedoch sind im Bahnhof Ruhpolding ausschließlich Querfelder mit spannungsführenden Richtseilen montiert, obwohl der größte Teil des Bahnhofs in der Geraden liegt.

Diese Sonderbauart ist wie jene im Großraum Stuttgart verschwunden, da man im Zuge von Unterhaltungsarbeiten die windschiefe Aufhängung in der Geraden beseitigte und Rohrschwenkausleger der Regeloberleitung der DB montierte.

7.7. Sonderbauart Albtalbahn

1937 Busenbach - Ittersbach (2. Elektrifizierung)

Schließlich soll noch auf eine vereinfachte auf der Einheitsfahrleitung 1931 aufbauende Firmenbauart von BBC hingewiesen werden. Während des Ersten Weltkrieges mußte die Badische Lokal-Eisenbahn-AG (BLEAG) die Fahrleitungsanlage der mit 8,8 kV 25 Hz betriebenen meterspurigen Strecke Busenbach - Ittersbach - Brötzingen (s. 3.1.1.) demontieren. Die Deutsche Eisenbahn-Betriebs-Gesellschaft AG (DEBG) elektrifizierte als Rechtsnachfolgerin der BLEAG die ihr verbliebene Teilstrecke Busenbach - Ittersbach 1934 bis 1936 erneut mit diesem Stromsystem, wobei man eine aus der Einheitsfahrleitung 1931 abgeleitete Bauart mit schwächer dimensionierten Bauteilen vorsah. Vermutlich nahm man zum Sommerfahrplanwechsel 1937⁵⁹ auf dieser Strecke den elektrischen Zugbetrieb wieder auf.

Über die erneute Elektrifizierung dieser von S. Scheibner⁶⁰ als "kleinbahnähnliche private Nebenbahn" bezeichneten Schmalspurbahn finden sich in der Literatur keinerlei Hinweise, dafür sind bei der Albtal-Verkehrs-Gesellschaft mbH (AVG) in Ettlingen "Technische Erläuterungen für die Elektrisierung der Strecke Busenbach - Ittersbach" samt den zugehörigen Zeichnungen erhalten.

Das aus fest abgespanntem Stahltragseil und nachgespanntem Kupferfahrdrabt bestehende Kettenwerk von 50 m Längsspannweite und 1,1 m Systemhöhe hängte man an den teilweise von der ersten Elektrifizierung von 1911 vorhandenen Fahrleitungsmasten auf, jedoch mit Schrägauslegern und Stabisolatoren. Zur Einhaltung des Zickzackmaßes von $\pm 0,35$ m für den 1,8 m breiten Stromabnehmer sah man in den Kurven Bogenabzüge vor. In den Bahnhöfen verwendete man entweder

Z 7.7./1

Z 7.7./2

F 7.7./1

Z 7.7./3

⁵⁹ Deutsches Kursbuch Sommer 1937, 22. Mai 1937 bis 2. Oktober 1937, Übersichtskarte Baden u. Württemberg.

⁶⁰ Das Deutsche Eisenbahnwesen der Gegenwart, Bd. 2, Berlin 1911, S. 107.

F 7.7./2

Einzelmasten mit beidseitigen Schrägauslegern oder eine lediglich aus spannungsführendem Quertragseil und unterem Richtseil bestehende Querseilaufhängung. Die Nachspannung war zweifeldrig ausgebildet, ein Streckentrenner ersetzte jeweils die Streckentrennung. Der Bahnhof Ittersbach erhielt eine trageillose Fahrleitung (s. 10.1.). Diese Fahrleitung bestand unverändert bis zur Einstellung des Schmalspurbetriebes im Jahre 1964.⁶¹

⁶¹ 100 Jahre Straßenbahn Karlsruhe 1877-1977, Karlsruhe 1977, S. 63.

8. Vollelastische Fahrleitungsbauarten

8.1. Firmenbauarten der 4. Generation

8.1.1. Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig

Die Entwicklungsgeschichte dieses mit etwa 1400 km zu überspannender Gleislänge weitaus umfangreichsten Elektrifizierungsvorhabens der DRB ist bereits an anderer Stelle dargelegt (s. 2.4.). Hierzu ist eine ungewöhnlich vielfältige Literatur vorhanden.

Zunächst gibt W. Wechmann¹ im Jahre 1935 bei einer Vortragsreihe des VDE über elektrische Bahnen einen Überblick dieses Projekts, G. Naderer² stellt dieses Vorhaben nach der Erteilung des Bauauftrags an die Oberste Bauleitung für Elektrifizierungen in Leipzig Anfang September 1935 der Öffentlichkeit vor. Den für die Berichtsjahre 1931 bis 1938 vorliegenden Darstellungen über den elektrischen Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn von W. Wechmann³ lassen sich Hinweise über den Baufortschritt entnehmen. Weiter finden sich in Aufsätzen von G. Naderer⁴, H. Nibler⁵, A. Schieb⁶ und einer Gemeinschaftsarbeit von H. Nibler, H. H. Schaefer und F. Rebmann⁷ allgemein gehaltene Ausführungen über die zu jener Zeit verwirklichten Fahrleitungsbauarten, konkrete Einzelheiten nennen alle bisher genannten Quellen jedoch nicht.

Während A. Schieb⁸ wenigstens auf einige hier verwendete Typen von Fahrleitungen eingeht, läßt E. Eger⁹ in einem Beitrag anlässlich der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes zwischen Nürnberg und Saalfeld die im Bereich der RBD Nürnberg südlich Probstzella vorhandenen Fahrleitungsbauarten erkennen. Für die Streckenabschnitte Probstzella - Weißenfels im Bereich der RBD Erfurt und Weißenfels - Leipzig Hbf bzw. Großkorbetha - Halle (Saale) der RBD Halle fehlen dagegen in der der Öffentlichkeit zugänglichen Literatur jegliche Hinweise. Insgesamt fällt die zunehmende Unschärfe der Aufsätze über die Elektrifizierung dieser Strecke nach der Übernahme der DRB in die unmittelbare Verwaltung des Reiches im Jahre 1937 auf (s. 2.1.1.). Nach Ausbruch des Zweiten Weltkrieges erschienen nur noch

¹ EB, 12 (1936), Eh. S. 6 f.

² EB, 12 (1936), S. 101 ff.; AEW, 60 (1937), S. 603 ff.

³ EB, 8 (1932), S. 1 ff.; EB, 10 (1934), S. 1 ff.; EB, 11 (1935), S. 33 ff.; EB, 12 (1936), S. 31 ff.; EB, 13 (1937), S. 2 ff.; EB, 14 (1938), S. 1 ff.; EB, 15 (1939), S. 1 ff.

⁴ EB, 17 (1941), Eh. S. 65 ff.

⁵ ETZ, 63 (1942), S. 107 ff.

⁶ EB, 17 (1941), Eh. S. 75 ff.

⁷ VW, 34 (1940), S. 341 ff.

⁸ VW, 33 (1939), S. 17 ff.

⁹ Organ, 94 (1939), S. 263 ff.

grundsätzliche Abhandlungen; die einzige Ausnahme bildet eine hier nicht verwertbare Beschreibung des Umformerwerks Nürnberg durch E. Eger¹⁰.

Lassen sich für den Streckenabschnitt der RBD Erfurt verschiedene bahninterne Publikationen heranziehen, so existieren für die im Bereich der RBD Halle gelegenen Teilstrecken bei Dienststellen der DB keinerlei Unterlagen. Hier helfen nur Auskünfte von an der Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig direkt beteiligten Eisenbahnern weiter. So weiß beispielsweise E. Rutke als früherer Dienststellenleiter der Fahrleitungsmeistereien Großheringen bzw. Saalfeld die Baulosaufteilung dieser Strecke mitzuteilen:

- SSW: Nürnberg - Probstzella
- BBC: Probstzella - Camburg
- AEG: Camburg - Halle/Leipzig

Bemerkenswert ist, daß E. W. Curtius und A. Kniffler¹¹ in ihrem Bericht über die im Jahre 1943 zwischen Forchheim und Bamberg bis 180 km/h durchgeführten Meßfahrten über die Haftung zwischen Treibrad und Schiene keinerlei Hinweise auf die Stromentnahme geben, ebensowenig A. Brauer¹² über die im Jahre 1939 mit der Lokomotive E 19 verwirklichten Schnellfahrten bis 200 km/h. Auch bei der Versuchsanstalt München gibt es über diese Vorgänge keinen Bericht.

Z 8.1.1./1
Z 8.1.1./2

Schließlich soll noch auf eine zeitbedingte Besonderheit der Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig eingegangen werden. Bereits im Jahre 1935 spricht J. Hölzel¹³ von der Einsparung ausländischer Rohstoffe im Fahrleitungsbau. Zwei Jahre später erläutert A. Ganzenmüller¹⁴ einen nicht näher bezeichneten Vierjahresplan, der unter anderem bei Neuelektrifizierungen die Umstellung auf heimische Baustoffe vorsieht. Allein für die Strecke Nürnberg - Halle/Leipzig errechnet sich durch die Verwendung von Heimstoffen eine Kupferersparnis von 429 t. Mußte der Fahrdraht der durchgehenden Hauptgleise nach A. Schieb¹⁵ "leider noch vollständig" aus Kupfer hergestellt werden, so verlegte man in Nebengleisen Fahrdraht aus Kupferpanzerstahl (KPS), Stahl oder Stahlluminium. Als Tragseil sah man KPS-Seil oder verzinkt-verbleites Stahlseil vor, ebenso im Quertragwerk. Kupfer in Speiseleitungen, Schalterquerseilen oder Stromverbindern ersetzte man durch Stahlluminium.

Nach Ausbruch des Zweiten Weltkrieges versuchte man auch

¹⁰ EB, 17 (1941), Eh. S. 51 ff.

¹¹ EB, 20 (1944), S. 25 ff., 51 ff.

¹² AEG, 45 (1955), S. 405 ff.

¹³ EB, 11 (1935), S. 137 ff.

¹⁴ GA, 121 (1937), S. 145 ff.

¹⁵ VW, 33 (1939), S. 28.

in Hauptgleisen den Kupferfahrdraht zu ersetzen. P. Klau-dy¹⁶ berichtet mehrfach über elektrische und thermische Untersuchungen an Fahrleitungen aus Heimstoffen, weiter H. Blatz¹⁷ und H. Nibler¹⁸.

Weiter mußte man bei Entwurf und Ausführung der für die genannte Strecke erforderlichen ca. 11 530 Masten auf die Stahlknappheit Rücksicht nehmen. Reinicke¹⁹ stellt Bauarten eisensparender Masten mit einer Einsparung von etwa 10 Prozent Stahl vor, weiter baute man Eisenbetonmasten ein. Während die Auslegerleichtmasten bzw. Rohrmasten für das Quertragwerk bei der DB heute noch vorhanden sind, mußte man die Heimstoffe im Fahrleitungsbau ersetzen. Von den genannten Stoffen hat sich bei der DB langfristig nur Aluminium für Speiseleitungen bewährt.

8.1.2. SSW-Fahrleitung mit Y-Beiseil und angelenktem Seitenhalter

1935 Georgensgmünd - Unterheckenhofen (richtiges Gleis)
 1939 Nürnberg Hbf - Pressig-Rothenkirchen
 1939 Dessau - Raguhn (Umbau)

Erstmals berichtet Kettler²⁰ von dem SSW-Vorschlag, die zusätzliche Belastung des Fahrdrahtes durch den Seitenhalter an den Stützpunkten, die bei der erforderlichen Neigung des Seitenhalters (1:10) beim Stützpunkt L durch eine vertikale Kraftkomponente von etwa 20 N noch erhöht wird, durch einen angelenkten Seitenhalter zu verbessern. Nach G. Naderer²¹ und K. Lechleuthner²² verwirklichte man diese Bauart zunächst auf einer kurzen Teilstrecke zwischen Georgensgmünd und Schwabach. E. Eger²³ und A. Schieb²⁴ beschreiben die für die freie Strecke zwischen Nürnberg Hbf und Pressig-Rothenkirchen gewählte Anordnung.

Bei der BD Nürnberg liegen zahlreiche Zeichnungen der Obersten Bauleitung für Elektrisierungen in Leipzig auf, die bis 1937 von G. Naderer, ab 1938 von A. Schieb unterzeichnet sind. Das Kettenwerk hat bei Ausleger-Aufhängung eine Systemhöhe von 2,0 m. Beim Stützpunkt K hat das Y-Beiseil eine Länge von 16 m, beim Stützpunkt L 12 m, bei Querseil-Aufhängung bei gezogenem Seitenhalter ein Y-Beiseil von 20 m. Die Anordnung eines gedrückten Seitenhal-

Z 8.1.2./1

Z 8.1.2./7

¹⁶ EB, 17 (1941), S. 55 ff., 197 ff.

¹⁷ ETZ, 61 (1940), S. 1096 ff.

¹⁸ EB, 17 (1941), S. 186 ff., 258 ff.

¹⁹ EB, 14 (1938), S. 242 ff.

²⁰ EB, 11 (1935), S. 78 f.

²¹ EB, 11 (1935), S. 116.

²² SSW, 15 (1935), S. 318.

²³ Organ, 94 (1939), S. 266.

²⁴ VW, 33 (1939), S. 26 f.

ters mit 12 m Y-Beiseil notiert man am Rande. Diese Maße gelten unabhängig vom Kurvenradius.²⁵

Z 8.1.2./2 Beim Ausleger-Stützpunkt mit einem etwa 600 mm langen
 F 8.1.2./1 Stahlrohr-Seitenhalter hängt man nur das Stützrohr am
 Y-Beiseil auf. Ein Mindestmaß zwischen Fahrdraht und
 Stützrohr ist nicht vorgeschrieben; als Höchstgeschwin-
 digkeit notiert man 180 km/h.²⁶ Für die Befestigung des
 Z 8.1.2./3 Seitenhalters am unteren Richtseil bei Querseil-Aufhängung
 F 8.1.2./2 verwendet man den bereits zwischen Augsburg und Nürnberg
 Z 8.1.2./4 eingebauten Rohrkrümmer.²⁷ Im 306 m langen Erlanger Burg-
 bergtunnel baute man eine der freien Strecke ähnliche
 Fahrdrahtaufhängung von 0,75 m Systemhöhe, 7 m Y-Beiseil
 und angelenktem Seitenhalter ein.²⁸ Für den Zwischenstütz-
 punkt der zweifeldrigen Nachspannung sah man zunächst Dop-
 pelseitenhalter wie bei der Einheitsfahrleitung 1931
 vor,²⁹ montierte aber tatsächlich Seitenhalter an 2 Stütz-
 rohren in 1100 mm Abstand.³⁰ Bei der dreifeldrigen Streck-
 kentrennung hat das Mittelfeld eine Spannweite von 60 m;
 die grundsätzliche Anordnung stimmt mit jener der Ein-
 heitsfahrleitung 1931, abgesehen vom Y-Beiseil von 8 m
 bzw. 6 m Länge und dem angelenkten Seitenhalter,
 überein.³¹

Bei der ersten Sitzung der Arbeitsgemeinschaft für die Un-
 terhaltung und Wiederinstandsetzung von Fahrleitungen am
 28.10.1938 in Leipzig stellt Reinicke fest: "Die SSW-Fahr-
 leitung scheint am besten geeignet." Vom 6. bis 9.11.1939
 führte die E 18 050 mit einem Hausmann-Apparat im hinteren
 Führerstand (s. 1.7.) Meßfahrten an neueren Versuchsfahr-
 leitungen im Bezirk der RBD Halle mit Geschwindigkeiten
 bis 150 km/h durch, wobei man erstmals an beiden Stromab-
 nehmern jeweils die Fahrdrahtspannung maß. Zwischen Dessau
 und Raguhn hatte man die vorhandene Fahrleitung mit 75 m
 Spannweite (s. 3.2.2.) zwischen km 29,5 und km 36,8 in die
 SSW-Fahrleitung mit angelenktem Seitenhalter umgebaut.
 Der Bericht der Versuchsanstalt³² notiert hierzu: "Obwohl
 die Fahrleitung gut verlegt war, waren Kontaktunterbre-
 chungen häufig", deren Dauer betrug bis zu 14 Halbwellen
 der Netzfrequenz $16 \frac{2}{3}$ Hz, entsprechend 0,42 s.

Beim Lehrgang Mai/Juni 1942 in München beklagt A. Mos-
 ler³³, daß bei der SSW-Fahrleitung wohl beim Stützpunkt

²⁵ Zeichnung Ezs 2941 Ausgabe vom April 1938.

²⁶ Zeichnung Ezs 2942 Ausgabe vom April 1938;
 Zeichnung Ezs 3201 Ausgabe vom August 1937.

²⁷ Zeichnung Ezs 1501 Ausgabe vom Oktober 1937.

²⁸ Zeichnung Ezs 22.213 Ausgabe vom November 1938.

²⁹ Zeichnung Ezs 2942 Ausgabe vom April 1938.

³⁰ Zeichnung Ezs 3201 Ausgabe vom August 1937.

³¹ Zeichnung Ezs 2943 Ausgabe vom Februar 1938.

³² Bericht B 232/1939 aufgestellt am 20.11.1939.

³³ Vorträge bei den Unterrichtskursen ..., Lehrgang Mai/
 Juni 1942 in München, S. 42 ff.

der freien Strecke Massenanhäufungen am Fahrdraht vermieden werden, diese an Kreuzungen, Überbauten, Streckentrennern, Weichenbespannungen usw. bestehen bleiben. Als weiteres Problem nennt man das nach Gefühl von Hand gespannte Y-Beiseil, wodurch dessen Wirkung an jedem Stützpunkt verschieden war; bei der Einregulierung des Stützrohrs war es ebenso. Den Rohrkrümmer beklagt der Referent als "sehr un schön, sehr wackelig und nicht windfest". Da sich der Rohrkrümmer bei Fahrdrahtwanderung schief stellt, seien hier Bügelanschlüge leichter möglich als bei der Einheitsfahrleitung. Die SSW-Fahrleitung wird als "nicht windfest" bezeichnet, da sich der Zickzack bei Wind nicht unerheblich vergrößert. Dies bestätigten im gleichen Jahr durchführte Untersuchungen der Versuchsanstalt.³⁴ Vor allem beim Stützpunkt L führte eine Windbelastung zu bleibenden Verformungen des Rohrhalters.

Im Jahre 1949 stellt eine Publikation des EZA München³⁵ fest, daß bei dieser Fahrleitung Bügelanschlüge selten sind. "Die wenigen noch vorkommenden Anschläge sind auf das feste Tragseil, den zu kurzen Seitenhalter und die fehlende Kröpfung des Seitenhalters zurückzuführen."

1953 beurteilt A. Mosler in einer bundesbahnternen Publikation³⁶ das Verhalten dieser Fahrleitung bei 120 km/h positiv, jedoch notiert man beim zugehörigen Ausschnitt des Meßstreifens ausdrücklich ein Y-Beiseil von 12 m Länge. Damit hatte man zu jenem Zeitpunkt bereits das Kettenwerk dieser SSW-Fahrleitung der Umbaufahrleitung 1950 (s. 11.4.) angepaßt, jedoch unter Beibehaltung der SSW-Seitenhalter. Die für die Öffentlichkeit bestimmte überarbeitete Form dieses Aufsatzes³⁷ nennt dieses Detail nicht.

8.1.3. Vollelastische Fahrleitung, Bauart BBC

1934 München-Obermenzing - München-Allach
 1939 Bitterfeld - Delitzsch unt Bf (Umbau)
 1940 Saalfeld (Saale) - Rudolstadt (Thüringen)
 1940 Delitzsch unt Bf - Neuwiederitzsch (Umbau)
 1941 Rudolstadt (Thüringen) - Orlamünde

Bereits im Jahre 1924 berichtet A. Schieb³⁸ über eine Kettenfahrleitung mit schrägen Hängedrähten ohne seitliche Festlegung des Fahrdrahts als Vorschlag der Firma BBC. Drei Jahre später betrachtet A. Buchhold³⁹ beim Vergleich

³⁴ Bericht A 271 V/1942 aufgestellt am 31.12.1942.

³⁵ Fortschritte im Fahrleitungsbau, München 1949, S. 24 f.

³⁶ Die Fahrleitung für elektrisch betriebene Strecken der Deutschen Bundesbahn, München 1953, S. 16.

³⁷ EI, 5 (1954), S. 32 ff.

³⁸ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 146 ff.

³⁹ EB, 3 (1927), S. 215 ff.

von Fahrleitungssystemen durch Modellversuche auch windschiefe Weitspannsysteme. Als Ergebnis dieser Entwicklungsarbeit stellte BBC im Jahre 1934 eine vollelastische, windschiefe Fahrleitung vor, die J. Hölzel⁴⁰ ausführlich, G. Naderer⁴¹, K. Sachs⁴² und W. Usbeck⁴³ gerafft darstellen.

- Z 8.1.3./1 Ausgehend von den "Richtlinien für Fahrleitungen für hohe
 Z 8.1.3./2 Geschwindigkeiten" (s. 7.1.) schlägt BBC als Lösung des
 Z 8.1.3./3 Problems eine windschiefe Kettenfahrleitung mit festem
 Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht ohne Seitenhalter
 für die seitliche Festlegung mit elastischer Seitenver-
 spannung des Fahrdrahts durch Einfügen eines besonderen
 Z 8.1.3./4 seitlich verlegten 30 m langen Beiseils vor. Am Stützpunkt
 Z 8.1.3./5 sind Tragseil und Beiseil in gleichem Abstand zur Gleis-
 achse in unterschiedlicher Höhe mit einer Systembreite von
 3,2 m verlegt. Jeweils 3 m beidseits des Stützpunkts ist
 der Fahrdraht durch Hänger am Beiseil befestigt und da-
 durch in der gewünschten Zickzacklage von ± 40 cm elastisch
 festgelegt, die nächsten Hänger in einem Abstand von etwa
 12,5 m beidseits des Stützpunkts dagegen am Tragseil. Die
 übrigen Hänger sind wie bei der Einheitsfahrleitung 1931
 in einem Abstand von etwa 12,5 m bei einer Längsspannweite
 F 8.1.3./1 von 75 m angeordnet. In dieser Weise rüstete man Mitte
 F 8.1.3./2 1934 eine Gleislänge von 3,0 km der neu elektrifizierten
 Strecke München - Dachau versuchsweise im Querfeld aus und
 untersuchte das Temperaturverhalten, den Windantrieb und
 die bei Eisbelastung auftretenden Seilzüge und Fahrdraht-
 lagen.

Der Entscheid, bei der Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig auch windschiefe Fahrleitungsbauarten zu verwenden, ist anscheinend bald nach Erteilung des Bauauftrags gefallen, da G. Naderer⁴⁴ bereits 1937 feststellt: "Die vollnachgiebigen Fahrleitungen der Strecke Nürnberg - Halle/Leipzig werden daher entweder in halbwindchiefer oder in ganzwindchiefer Form ausgelegt."

Während E. Eger⁴⁵ hierzu mitteilt: "Nördlich Saalfeld werden Teile der Strecke in der sogenannten vollelastischen Bauweise erstellt" - auf einem Bild dieses Aufsatz ist die Aufschrift des Kilometersteins wegretuschiert -, notiert A. Schieb⁴⁶, daß auf längeren Streckenteilen auch die vollelastische Fahrleitung von BBC verwendet wird und gibt eine Zeichnung bei, der man immerhin eine Spannweite von 75 bis 80 m und eine Systemhöhe von 2,0 m entnehmen kann.

⁴⁰ EB, 11 (1935), S. 48 ff.

⁴¹ EB, 11 (1935), S. 116 f.

⁴² Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 219 f.

⁴³ EB, 12 (1936), Eh. S. 26 f.

⁴⁴ AEW, 60 (1937), S. 610.

⁴⁵ Organ, 94 (1939), S. 266.

⁴⁶ VW, 33 (1939), S. 27.

Damit läßt sich der Literatur nicht entnehmen, auf welcher Teilstrecke nördlich Saalfeld diese Fahrleitung eingebaut war. Verschiedene Hinweise in bahninternen Publikationen erlauben eine Eingrenzung; eine bei der BD München vorhandene Fotosammlung spricht ausdrücklich von "Vollelastische Fahrleitung (BBC) Strecke Saalfeld - Orlamünde". Noch schwieriger ist es bei den Zeichnungen; das Zeichnungs-Verzeichnis 1947 führt wohl viele 1936 bis 1942 entstandene Zeichnungen auf, jedoch ist bei der DB keine davon im Original erhalten.

F 8.1.3./3

F 8.1.3./4

F 8.1.3./5

Im Jahre 1936 stellt W. Usbeck⁴⁷ fest: "Diese Fahrleitung ist außerordentlich weich und elastisch. Ihr Nachteil ist die verwickelte Bauart, die nicht nur beim Einbau schwieriger ist, sondern auch ihre Unterhaltung bei etwaigen Störungen zeitraubender gestaltet." Dagegen sagt Reinicke zwei Jahre später bei der 1. Sitzung der Arbeitsgemeinschaft für die Unterhaltung und Wiederinstandsetzung von Fahrleitungen aus: "Die BBC-Bauart hat gute Fahreigenschaften, sieht aber schlecht aus. Die Schwierigkeit der Wiederherstellung wird - wie praktische Versuche ergeben haben - überschätzt."

Nach einem Bericht der Versuchsanstalt⁴⁸ befuhr die E 18 050 vom 6. bis 9.11.1939 unter anderem auch die von km 54,2 bis km 59,6 auf die vollelastische BBC-Fahrleitung umgebaute Teilstrecke zwischen Bitterfeld und Delitzsch mit einer Spannweite von 100 m (s. 3.4.) mit bis zu 150 km/h. Dabei registrierte man stärkere Unruhe der Stromabnehmer, wobei sich hinten häufiger Kontaktunterbrechungen von 0,5 bis 2 Halbwellen entsprechend 0,015 bis 0,06 s ergaben, vorn dagegen selten. Vermutlich im folgenden Jahr baute man nach Werkfotos von BBC die Teilstrecke Delitzsch - Neuwiederitzsch in gleicher Weise um.

Vom 8. bis 15.06.1940, damit noch vor Aufnahme des regulären elektrischen Zugbetriebes, führte man mit der E 18 048 Meßfahrten zur Prüfung der Fahrleitung auf der Strecke Saalfeld - Orlamünde⁴⁹ durch, um das Verhalten der dort eingebauten BBC-Fahrleitung aufzuzeichnen. Hierbei erreichte man bei 11 Fahrten die nur zwischen Rudolstadt und Uhlstädt zugelassene Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h. Da die entsprechenden Meßstreifen wohl im Zeichnungs-Verzeichnis 1947⁵⁰ aufgelistet sind, aber nicht mehr im Original vorliegen, sind hierüber keine Aussagen möglich. Im folgenden Jahr führte die Versuchsanstalt auf ihrem Fahrleitungsversuchsfeld mit der BBC-Fahrleitung Untersuchungen durch, um die Anordnung dieses Systems zu berechnen.⁵¹

Z 8.1.3./6

Z 8.1.3./7

⁴⁷ EB, 12 (1936), Eh. S. 27.

⁴⁸ Bericht B 232/1939 aufgestellt am 20.11.1939.

⁴⁹ Bericht B 21/1940 aufgestellt am 1.07.1940.

⁵⁰ Zeichnung Ezsv 190/1...9 Ausgabe vom Juli 1940;
Zeichnung Ezsv 197 Ausgabe vom Juli 1940.

⁵¹ Bericht A 11/1941 aufgestellt am 8.09.1941.

Dabei mußte man bezüglich des Windverhaltens verschiedene Mängel feststellen.

Bei dem Lehrgang 1942 in München äußert sich A. Mosler⁵² ungeschminkt über das Ergebnis dieser Versuche: "Was erreicht nun die BBC-Fahrleitung?"

1. Ausreichende Elastizität,
2. Keine Massenanhäufung von Klemmen,
3. Keine Seitenhalterrohre, sondern leichte Abzüge,
4. Abzüge sind immer auf Zug beansprucht.

Nachteile:

1. Die BBC-Fahrleitung ist schwierig zu berechnen und ebenso schwierig einzubauen.
2. Der Einbau erfordert Spezialkenntnisse und gut eingearbeitetes Personal.
3. Außer der Grundform für die Gerade gibt es noch drei weitere Hauptformen für Kurven. Für Übergangsfelder gibt es keine besondere Typen. Hier muß von Fall zu Fall die richtige Type gewählt werden, wobei die Seilspannungen, Windabtrieb und Zickzack-Maße immer nachgeprüft werden müssen.
4. Die Zugspannungen sind nicht einfach nachzuprüfen. Bereits beim Einbau sind sie sehr schwer richtig herzubringen. Da sowohl die Elastizität als auch der Windabtrieb wesentlich von der richtigen Seilspannung abhängt, erfordert die genaue Einregelung eine zeitraubende und schwierige Arbeit.
5. Die Beiseilhänger können bei Wind schlapp werden und am Bügel anstreifen.
6. Auch in Gleiskrümmungen liegen die Beiseilhänger sehr flach. Der Bügel streift an.
7. Bei verschiedenen Temperaturen und bei Wind ändern sich die Seilspannungen ständig. Infolge der gegenseitigen weitgehenden Verspannung des ganzen Systems ändert sich damit auch die Höhen- und Seitenlage in Feldmitte und an den Stützpunkten. Stark beanspruchte Hänger sind härter. Verzerrungen der Kette sind an der Tagesordnung, z. B. dürfte es kaum möglich sein, die richtige Fahrdrathöhe, die richtige Zickzacklage oder das richtige Zickzackmaß für +5°C und Windstille anzugeben, wenn eine andere Temperatur oder Wind herrschen. In der ganzen Fahrleitung ist überhaupt kein fester Punkt mehr vorhanden.
8. Alle diese Schwierigkeiten steigen in Gleiskrümmungen, Übergangsfeldern, Nachspannfeldern noch an.
9. Es werden etwa 600 Auslegertypen benötigt.
10. Die Seile werden weit aus Gleismitte herausgezogen und können in den Bereich des benachbarten Gleises kommen.
11. Auf Grund der Untersuchungen und Messungen ist das RZA

⁵² Vorträge bei den Unterrichtskursen ..., Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 45 ff.

München zu dem Ergebnis gekommen, daß die BBC-Fahrleitung auf einer dicht belegten Strecke und bei schwankenden Temperaturen und Winden nicht ordnungsgemäß eingebaut werden kann. Wird sie trotzdem eingebaut, kann man sie nicht als vollelastisch und betriebssicher ansehen.

12. Die harten Punkte an Brücken, Kreuzungen, Weichen, Streckentrennern usw. hat die BBC-Fahrleitung nicht beseitigt.

Bei genauer Nachprüfung hat die BBC-Fahrleitung nicht das gehalten, was sie versprochen hat. Für weitere Elektrisierungen in größerem Umfange dürfte sie nicht infrage kommen. Auch für den Umbau von vorhandenen Fahrleitungen mit Weitspannfeldern über 75 m ist sie ungeeignet, weil sie nicht windfest genug ist. 73 m ist die Grenze." F 8.1.3./6

Derselbe Verfasser stellt im Jahre 1953 diese Punkte gestrafft in einer bahnn internen Publikation⁵³ dar. In der für die Öffentlichkeit bestimmten Fassung dieses Aufsatzes⁵⁴ notiert er jedoch lediglich: "Es wurde eine vollelastische BBC-Fahrleitung entwickelt, mit festem Tragseil und Beiseil, die aber wegen verschiedener Nachteile und hohen Kosten nicht mehr verwendet wird."

8.1.4. AEG-Fahrleitung mit Windseil

- 1936 München-Allach - Dachau (Umbau)
 1939 Schkeuditz - Gröbers (Umbau)
 1940 München Hbf - Landshut (Umbau)

H. Nibler⁵⁵ ließ sich im Juni 1935 eine Kettenfahrleitung ohne Seitenhalterrohre für hohe Geschwindigkeiten patentamtlich schützen, daher auch die Bezeichnung "Bauart Nibler". Bei dieser der vollelastischen Fahrleitung von BBC sehr ähnlichen Bauart ist das Tragseil über Gleismitte aufgehängt, das beidseits am festen Tragseil verankerte seitlich herausgezogene Beiseil ist nach der dem Zickzack entgegengesetzten Seite mit 2 Hängedrähten verspannt, wie auch K. Sachs⁵⁶ herausstellt. Den Seitenhalter ersetzt eine von BBC entwickelte Hängerseilklemme am Fahrdraht für schräge Hängerlage, die bei Ausleger-Stützpunkten am Stützrohr für das Beiseil, im Querfeld am unteren Richtseil über ein Bronzeseil befestigt ist. Im Gegensatz zur BBC-Fahrleitung ist damit bei der "Bauart Nibler" der Fahrdraht am Stützpunkt seitlich festgelegt.

⁵³ Die Fahrleitung für elektrisch betriebene Strecken der Deutschen Bundesbahn, München 1953, S. 11 f.

⁵⁴ EI, 5 (1954), S. 35.

⁵⁵ EB, 13 (1937), S. 47 ff.

⁵⁶ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 220.

- F 8.1.4./1 Zunächst baute man im Jahre 1936 ein Streckengleis im
 F 8.1.4./2 Bahnhof München-Allach und der anschließenden freien
 Strecke bis Dachau um; über Meßergebnisse berichtet die
 Literatur nichts. Nach M. Süberkrüb⁵⁷ war für eine Anhe-
 bung der Höchstgeschwindigkeit auf der Strecke Leipzig -
 Halle mit 100 m Längsspannweite der Ausbau der nachträg-
 lich angeordneten Zwischenmasten (s. 5.3.2.1.) erforder-
 lich, weil die dort zur seitlichen Festlegung des Fahr-
 drahts montierten Seitenhalter den Bügellauf verschlech-
 terten und sogar zu Bügelansschlägen führten. Der Umbau
 sollte den Windabtrieb des Fahrdrahts bei 100 m Längs-
 spannweite so klein halten wie bisher bei 70 m Spannweite.
- F 8.1.4./6 Nachdem AEG die Fahrleitung der Strecke Leipzig - Halle
 F 8.1.4./7 von km 104,7 bis km 97,3 zwischen Schkeuditz und Gröbers
 entsprechend dem Vorschlag von H. Nibler umgebaut hatte,
 befuhr nach einem Bericht der Versuchsanstalt⁵⁸ am 28.09.
 1939 die E 04 08 mit den Zügen D132/D131 diese Strecke mit
 120 km/h. Die Aufzeichnung der Höhenbewegung der Stromab-
 nehmer mit dem Hausmann-Apparat ergab bei der alten Fahr-
 leitung Höhenschwankungen von 20 bis 30 cm, bei der umge-
 bauten solche von etwa 10 cm. Nach einem weiteren Bericht
 der Versuchsanstalt⁵⁹ befuhr die E 18 050 vom 6. bis 9.11.
 1939 diese Strecke mit bis zu 150 km/h. Der Bericht no-
 tiert für die hier erstmals als "windfeste AEG-Fahrlei-
 tung" bezeichnete Bauart, daß Stromunterbrechungen selten
 und meist an offensichtlich schlecht verlegten Fahrlei-
 tungsstücken festzustellen sind.
- M. Süberkrüb⁶⁰ legt dar, daß man nach eingehenden mathema-
 tischen Berechnungen und Versuchen an einem Modell 1:50 im
 Jahre 1938 diese windfeste Fahrleitung mit seitlicher Bei-
 seilverspannung im folgenden Jahr mit einer Mastentfernung
 von 100 m neben der Strecke Leipzig - Halle bei Großkugel
 aufbaute und stellt fest: "Durch die 1939 vorgenommenen
 Messungen bei verschiedenen Tragseil- und Windseilspannun-
 gen und bei verschiedenen Temperaturen, bei festverlegtem
 Tragseil und einer Belastung von Tragseil und Fahrdraht
 mit Windkräften wurde der Windabtrieb bei der windfesten
 Fahrleitung bei 100 m Mastentfernung mit 50 cm ermittelt,
 so daß die Zwischenmasten ausgebaut werden konnten."
- F 8.1.4./3 Ein Bericht der Versuchsanstalt⁶¹ "über Versuche an der
 F 8.1.4./4 windfesten Fahrleitung für hohe Geschwindigkeit Bauart AEG
 F 8.1.4./5 in der Nähe von Großkugel" nennt dagegen eine Längsspann-
 weite von 85 m, weiter als Länge des jetzt als Windseil
 bezeichneten Beiseils 36 m, muß jedoch aussagen: "Die Be-

⁵⁷ Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und
 Düsseldorf 1971, S. 96.

⁵⁸ Bericht B 223/1939 aufgestellt am 10.10.1939.

⁵⁹ Bericht B 232/1939 aufgestellt am 20.11.1939.

⁶⁰ Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und
 Düsseldorf 1971, S. 84, 96 f.

⁶¹ Bericht A 202/1939 aufgestellt am 6.10.1939.

hauptung, daß bis zu einem Radius von 2250 m die Bespannung für die Gerade und die Feldweite von 85 m beibehalten werden könne, wurde durch Versuche widerlegt." Gefordert wird ein großzügiger Versuch, den das RZA München im Januar des folgenden Jahres genehmigte.

Stand bei Großkugel nur ein 85 m-Feld mit je einem anschließenden Halbfeld zur Verfügung, konnte die Versuchsanstalt nach einem weiteren Bericht⁶² auf ihrem Fahrleitungs-Versuchsfeld 3 Feldweiten zu je 75 m mit anschließenden Halbfeldern vorsehen, wobei "im Hinblick auf den bevorstehenden Umbau im Bereich der RBD Halle (Tragseil fest)" Windantrieb, Temperaturverhalten und Anhub durch den Bügel bei -30°C, +5°C und +40°C gemessen wurden. Der Bericht fordert eine geeignete Ausbildung des Abzugs, um eine Anschlagung des Kohlebügels an die Fahrdrahtabzüge zu vermeiden.

Auch im süddeutschen elektrifizierten Streckennetz war ein Fahrleitungsumbau erforderlich. Hierzu notiert ein Bericht der Versuchsanstalt⁶³, daß auf der Strecke München - Regensburg die Spannweite 80 bis 90 m beträgt, woraus sich ein Windantrieb von 92 cm ergibt. Entgegen dem Vorschlag der Versuchsanstalt, einen einseitigen Zickzack von +0,5 m vorzusehen, baute man die Strecke München Hbf - Landshut mit einer Längsspannweite von 90 m nach heute noch bei der BD Nürnberg vorhandenen Einbauzeichnungen mit dem Tragseil in Gleismitte um. Nach einer Zeichnung mit der grundsätzlichen Anordnung der windfesten Fahrleitung für den Umbau bestehender Fahrleitungen mit festem Tragseil⁶⁴ sah man für 90 m Längsspannweite eine Windseillänge von 36 m vor, im Gleisbogen windschief mit einer Windseillänge von 30 m. Da man beim Stützpunkt L ein 8 m langes Y-Beiseil für die Aufhängung des Stützrohres anordnete, mußte man nunmehr immer von Windseil anstelle von Beiseil sprechen. Die Zeichnungen des Ausleger-Stützpunktes⁶⁵ sehen anstelle der Hängerseilklemme einen kurzen gekröpften Seitenhalter vor, der sowohl beim Stützpunkt K als auch beim Stützpunkt L über einen Abstandhalter am Stützrohr befestigt ist. Eine weitere Zeichnung⁶⁶ notiert die Seilkräfte, allerdings nur bei durchgehenden Seilen. Grundsätzlich sollte diese Bauart auch bei Querseilaufhängung verwendet werden.⁶⁷

Nach der Einführung des Reichsstromabnehmers mit Kohleschleifstück war bei einer Tagung der Sachdezernenten des

⁶² Bericht A 44/1940 aufgestellt am 13.03.1940.

⁶³ Bericht A 109/1940 aufgestellt am 3.08.1940.

⁶⁴ Zeichnung Ezs 970 Ausgabe vom November 1940.

⁶⁵ Zeichnung Ezs 971 Ausgabe vom November 1940;

Zeichnung Ezs 972 Ausgabe vom November 1940.

⁶⁶ Zeichnung Ezs 981 Ausgabe vom November 1940.

⁶⁷ Zeichnung Ezs 984 Ausgabe vom Dezember 1940.

elektrischen Zugbetriebes 1941 in München⁶⁸ der Umbau von Fahrleitungsanlagen mit größeren Mastabständen dringlich geworden, dies auch, um diese Strecken bei elektrischem Betrieb für Höchstgeschwindigkeiten geeignet zu machen. Deshalb erhielt die Versuchsanstalt im April 1941 den Auftrag, die vollelastische BBC-Fahrleitung mit der windfesten AEG-Fahrleitung zu vergleichen. Der Bericht⁶⁹ hält abschließend fest: "Der Einbau beider Systeme mit festem Tragseil ist auch bei durchgehendem Windseil sehr schwierig und erfordert ein sehr gut eingearbeitetes Personal. ... Nach dem heutigen Stand der technischen Entwicklung der beiden Systeme dürfte für den Umbau von Reichsbahnstrecken mit festliegenden Mastabständen größer als 75 m das AEG-System den Vorzug verdienen."

Da M. Süberkrüb⁷⁰ notiert: "Die auf der Strecke Halle - Leipzig auf 100 m Mastentfernung umgebaute Fahrleitung hat sich in längerem Betrieb bestens bewährt.", ist anzunehmen, daß diese Teilstrecke umgebaut worden ist. Ob dies auch für die Fahrleitung der Strecke Magdeburg - Dessau gilt, läßt sich hier mangels Unterlagen nicht entscheiden. Zwar sagt H. Nibler⁷¹ bei der Dezernenten-Tagung 1941 in München aus: "Die Einbauzeichnungen für den Umbau auf Windseilfahrleitungen wurden den RBD`en zugeleitet, nachdem unsere Vorschläge vorher grundsätzlich vom RVM genehmigt waren.", doch lassen sich hieraus keine weiteren Schlüsse ziehen. So kamen nach der Auflösung der RBD Magdeburg im Jahre 1931 die elektrifizierten Strecken zur RBD Hannover, jedoch verblieben nach Mitteilung der BD Hannover sämtliche Unterlagen über die ortsfesten Anlagen des elektrischen Zugbetriebes beim MA Magdeburg Hbf. Weiter steht fest, daß die Berichte der Versuchsanstalt München ausschließlich von dem "bevorstehenden Umbau im Bereich der RBD Halle" sprechen. Schließlich geben auch bahninterne Unterlagen keinerlei Hinweise auf einen geplanten Umbau der Fahrleitungsanlage der RBD Breslau.

Nach den Ausführungen von R. Wagner⁷² könnte man schließen, als wenn die Fahrleitung der Strecke München - Landshut erst nach dem Zweiten Weltkrieg umgebaut worden wäre, tatsächlich ersetzte man nach 1950 lediglich die Sonderenteile, darunter die leichten Seitenabzüge, zur Vereinfachung der Lagerhaltung durch Normteile der Regelfahrleitung 1950 der DB. Nach F. Fakiner⁷³ befuhr man diese Strecke mit Höchstgeschwindigkeiten bis 140 km/h. Wie die

⁶⁸ Erfahrungsaustausch der Sachdezernenten über Beobachtungen im elektrischen Zugbetrieb, Tagung in München 1941, S. 179.

⁶⁹ Bericht A 37/1941 aufgestellt am 24.04.1941.

⁷⁰ Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und Düsseldorf 1971, S. 97.

⁷¹ Tagung 1941, S. 179.

⁷² DB, 28 (1954), S. 511; EB, 27 (1956), S. 91 f.

⁷³ DB, 43 (1969), S. 559 ff., Bild 5.

BD München mitteilt, ersetzte man diese windfeste Fahrleitung in den Jahren 1973 bis 1977 durch die Oberleitung Re 160.

Es sei angemerkt, daß man die übrigen bis 1925 elektrifizierten Strecken der RBD München mit einer Längsspannweite von 90 m in der Geraden nicht windfest umbaute. So findet man beispielsweise auf der viergleisigen Strecke München-Pasing - Gauting mit Querseilaufhängung auch heute noch zahlreiche 90 m-Felder, da ein Umbau hier sehr teuer gekommen wäre. Zudem liegt dieser Streckenabschnitt größtenteils gegen Westwind geschützt am Waldrand. Von Stromabnehmerentgleisungen ist auf dieser inzwischen mit der Oberleitung Re 160 ausgerüsteten Teilstrecke bei der BD München nichts bekannt.

8.1.5. Windfeste RZA-Fahrleitung

1941 Camburg (Saale) - Weißenfels

Am 13.09.1939 beauftragte das RZA München die Versuchsanstalt, für die Baustrecke Camburg - Großkorbetha - Leipzig Versuche mit der windfesten vollelastischen AEG-Fahrleitung mit nachgespanntem Tragseil durchzuführen. Der Bericht⁷⁴ begründet dies: "Die Maste standen bereits mit einer Spannweite von bis zu 80 m für die Aufnahme einer einfachen Kette mit nachgespanntem Tragseil und Fahrdraht für den Stromabnehmer von 2100 mm Breite (Windabtrieb ± 75 cm), während der Reichsstromabnehmer von 1950 mm Breite nur $\pm 48...55$ cm zuläßt."

Nachdem die Versuche auf dem Gelände der Versuchsanstalt positiv ausgefallen waren, baute man diese Fahrleitung mit 24 m Beiseil von km 78,6 bis km 80,4 der mit nachgespanntem Kettenwerk ausgerüsteten Strecke Niemberg - Halle ein und befuhr sie mit 130 km/h bei guter Stromabnahme (s. 9.3.).

Für das Baulos der AEG Camburg - Leipzig wurde das AEG-System entsprechend den gegebenen Richtungsverhältnissen für den Einbau in Kurven bis zu einem Radius von 400 m erweitert, die Unterlagen für die Stützpunkte festgelegt und sämtliche Maße für den Einbau der Kette ermittelt. Damit handelt es sich bei der RZA-Fahrleitung um eine von der AEG und besonders dem RZA München weiterentwickelte Form der "Bauart Nibler", wie A. Mosler⁷⁵ beim Lehrgang 1942 in München betont.

Gerade von der windfesten RZA-Fahrleitung sind in der z 8.1.5./1 Handausgabe 1947 verschiedene vom RZA München übernommene

⁷⁴ Bericht A 108/1940 aufgestellt am 3.08.1940.

⁷⁵ Vorträge bei den Unterrichtskursen ..., Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 49 ff.

Z 8.1.5./2 Werkzeichnungen der AEG erhalten geblieben. In der Geraden
 Z 8.1.5./3 und bei großen Krümmungsradien hat das Längskettenwerk mit
 Z 8.1.5./4 80 m Stützpunktabstand eine Systemhöhe von 1,75 m und
 eine Länge des Windseils von 30 m, das am Stützpunkt 1,20
 m seitlich der Gleisachse herausgezogen ist; das Stützrohr
 beim Stützpunkt L ist an einem 8,0 m langen Y-Beiseil auf-
 gehängt.⁷⁶ Für die seitliche Festhaltung des Kettenwerks
 sind in Abhängigkeit vom Krümmungsradius vier verschiedene
 Bauarten festgelegt, wobei das Tragseil mit 11 kN, der
 Fahrdraht mit 10 kN und das Windseil mit 3 kN nachgespannt
 sind.⁷⁷

Für die Auslegerstützpunkte übernahm man grundsätzlich den
 Rohrschwenkausleger der AEG für nachgespanntes Tragseil
 (s. 7.5.1.); dabei war besonders die Ermittlung der Rohr-
 längen bedeutsam.⁷⁸ Von den Ausleger-Stützpunkten ist le-
 diglich der Zwischenstützpunkt der zweifeldrigen Nachspan-
 nung erhalten.⁷⁹ Zur seitlichen Festlegung des Fahrdrahtes
 Z 8.1.5./6 ist anstelle eines Rohres von 4 kg Masse ein Bügel von 550
 mm, später 800 mm Länge, aus Leichtmetall vorgesehen, der
 mit einer Seilverlängerung beim Stützpunkt K am Drehausle-
 ger, beim Stützpunkt L am Stützrohr und im Querfeld am un-
 teren Richtseil befestigt ist. Die Zeichnung des Stütz-
 punktes im Quertragwerk der windfesten Fahrleitung mit
 nachgespanntem Tragseil und geerdetem oberem Richtseil mit
 einer Systemhöhe von 2,0 m für Krümmungsradien über 10 000
 m ist wohl noch im Zeichnungs-Verzeichnis 1947 aufgeführt,
 aber nicht mehr erhalten.⁸⁰ Jedoch ist anzunehmen, daß man
 die Längsbeweglichkeit des Tragseils wie bei der AEG-Fahr-
 leitung mit nachgespanntem Tragseil (s. 7.5.1.) mit
 Laschen sicherstellte. Bei der dreifeldrigen Streckentren-
 nung⁸¹ ist vor allem im Gleisbogen die Anordnung des Wind-
 seils komplex. Anstelle des bisher verwendeten Hebel-Span-
 ners verwendete man für die gemeinsame Nachspannung von
 Z 8.1.5./5 Tragseil und Fahrdraht erstmals den Radspanner.⁸²
 Z 8.1.5./7

Kurz nach Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes zwischen
 Rudolstadt und Weißenfels beauftragte das RZA München die
 Versuchsanstalt, auf der Strecke Camburg - Weißenfels an
 der windfesten RZA-Fahrleitung Versuchsfahrten durchzuführen.
 Nach dem Bericht⁸³ untersuchte die Flm Großheringen
 die Fahrleitung zwischen Camburg und Bad Kösen, wobei sich
 einige Mängel zeigten: Die schräg liegenden Hänger ver-
 drehen den Fahrdraht, der 550 mm lange Abzugbügel ist zu
 kurz, so daß die Gefahr des Bügelanschlags besteht. Hier-

⁷⁶ Zeichnung Ezs 894 Ausgabe vom September 1940;

Zeichnung Ezs 891 Ausgabe vom September 1940.

⁷⁷ Zeichnung Ezs 893 Ausgabe vom September 1940.

⁷⁸ Zeichnung Ezs 895/1...4 Ausgabe vom September 1940.

⁷⁹ Zeichnung Ezs 900 Ausgabe vom Februar 1946.

⁸⁰ Zeichnung Ezs 892 Ausgabe vom September 1940.

⁸¹ Zeichnung Ezs 898 Ausgabe vom September 1940.

⁸² Zeichnung EzsN 188/1,2 Ausgabe vom Juli 1942.

⁸³ Bericht A 9 V/1941 aufgestellt am 21.08.1941.

nach könnte man schließen, daß die RZA-Fahrleitung nur zwischen Camburg und Bad Kösen eingebaut gewesen wäre, jedoch spricht das RZA München in einer Fotosammlung F 8.1.5./1 selbst von "Windfeste Fahrleitung Strecke Weissenfels - F 8.1.5./2 Camburg Ausführung AEG", weiter ist eines dieser Bilder nach einem abgebildeten Kilometerstein eindeutig zwischen Naumburg und Leißling zu lokalisieren.

Die Meßfahrten fanden am 26. und 27.06.1941 mit der Z 8.1.5./8 E 18 046 mit Einfach-Kohleschleifleisten statt, wobei man Z 8.1.5./9 zwischen Naumburg und Weißenfels mit dem dazwischen liegenden Bahnhof Leißling 150 km/h erreichte. Die Kontaktunterbrechungen waren wider Erwarten häufiger als vermutet. Als harte Punkte zeigten sich die Mittelstützpunkte der zweifeldrigen Nachspannung und die Übergangsfelder der dreifeldrigen Streckentrennung, weiter erwies sich die Neigung des Fahrdrachts bei Überbauten als zu groß. Im Bahnhof Leißling kam es an jedem Quertragwerk zu Kontaktunterbrechungen, man stellte große Höhenunterschiede zwischen Stützpunkt und Feldmitte fest und schloß auf einen grundsätzlichen Fehler beim Einbau der Kette. Der Bericht schlägt vor, die zweifeldrige Nachspannung durch eine dreifeldrige zu ersetzen.

Nach A. Mosler⁸⁴ ist der Einbau der RZA-Fahrleitung mit nachgespanntem Tragseil wohl schwieriger als bei der Einheitsfahrleitung 1931 und der SSW-Fahrleitung mit Y-Beiseil, da immer die Seilspannungen nachzuprüfen sind, dennoch wesentlich einfacher als bei der windfesten AEG-Fahrleitung mit festem Tragseil. Nach M. Süberkrüb⁸⁵ ist die RZA-Fahrleitung dank ihrer sehr günstigen Elastizität für Höchstgeschwindigkeiten von 150 bis 240 km/h geeignet. Dennoch baute man sie entgegen der ursprünglichen Absicht - die erhalten gebliebenen Zeichnungen der RZA-Fahrleitung tragen den Vermerk: "Zur Ausführung genehmigt für die Fahrleitung Strecke Camburg - Halle/Leipzig" - östlich Weißenfels nicht ein. Aus der Erinnerung notiert E. Rutke, daß diese Fahrleitung wegen der schwierigen Regulierung später nicht mehr verwendet wurde. Auch S. Volpert weiß mitzuteilen, daß sich die RZA-Fahrleitung nicht bewährt hat und begründet dies mit der sehr schwierigen Schadensbehebung.

8.2. Änderung der Einheitsfahrleitung 1931

Bei dem Dezernenten-Treffen 1941 in München stellt H. Nibler⁸⁶ fest: "Ferner stellt das Kohleschleifstück wegen

⁸⁴ Vorträge bei den Unterrichtskursen ..., Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 51 f.

⁸⁵ AEG, 45 (1955), S. 392.

⁸⁶ Erfahrungsaustausch der Sachdezernenten über Beobachtungen im elektrischen Zugbetrieb, Tagung in München 1941, S. 178 f.

seiner um etwa 30 Prozent größeren Masse, wegen des höheren Anpreßdruckes und der größeren Empfindlichkeit der Kohle gegen harte Anschläge höhere Ansprüche an das dynamische und elastische Verhalten der Fahrleitung. Es müssen demnach Forderungen, welche früher nur für hohe Fahrgeschwindigkeiten erhoben wurden, heute allgemein an die Konstruktion der Fahrleitung gestellt werden ... Wir standen daher vor der Aufgabe, die vorhandenen Fahrleitungen für die neuen Forderungen geeignet zu machen und dabei auch Mängel, die aufgrund der bisherigen Erfahrungen zu Betriebsstörungen führten, zu beseitigen." Nach G. Naderer⁸⁷ sollte bei der Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig diese verbesserte Einheitsbauart aus Gründen der Rohstoffersparnis in allen Abschnitten eingebaut werden, in denen die Fahrgeschwindigkeit 100 km/h nicht übersteigt.

8.2.1. Bauart SSW mit angelenktem Seitenhalter

1939 Pressig-Rothenkirchen - Probstzella

E. Eger⁸⁸ notiert, daß man die Hauptgleise der genannten Steilrampenstrecke, die zwischen Förtschendorf und Pressig-Rothenkirchen mit 95 km/h befahren werden, mit der Einheitsfahrleitung 1931 ausrüstete, jedoch den angelenkten Seitenhalter beibehielt, dies auch bei der Nachspannung bzw. Streckentrennung. Auch in den Bahnhöfen verwendete man für Nebengleise mit Ausleger-Stützpunkten diese Bauart, bei Querseil-Aufhängung die Regelausführung der Einheitsfahrleitung 1931. Während die DB später in Hauptgleisen die kurzen SSW-Seitenhalter durch anschlagsichere Leichtmetall-Seitenhalter der Regelfahrleitung 1950 ersetzte, findet sich in Nebengleisen der Bahnhöfe Steinbach am Wald und Ludwigsstadt heute noch die ursprüngliche Bauart.

8.2.2. Bauart BBC mit Y-Beiseil

1934 München Hbf - München-Obermenzing
 1934 München-Allach - Dachau (Teilstrecke)
 1939 Probstzella - Saalfeld (Saale)
 1939 Kufstein - Wörgl (Doppelspurausbau)
 1941 Orlamünde - Camburg

Bei der Elektrifizierung der Strecke München - Dachau hatte BBC nach vorhandenen Fotos den größten Teil der Strecke auch mit Y-Aufhängung am Stützpunkt ausgerüstet, jedoch gegenüber der zwischen Augsburg und Nürnberg verwendeten Ausführung (s. 7.4.) ein kürzeres Y-Beiseil vorgesehen. Für die Stützpunkte konnten damit die Zeichnungen der Ein-

⁸⁷ AEW, 60 (1937), S. 609; s. auch VW, 34 (1940), S. 349.

⁸⁸ Organ, 94 (1939), S. 266.

heitsfahrleitung 1931 weitgehend unverändert übernommen werden.

Die Oberste Bauleitung für Elektrisierungen in Leipzig übernahm zwei heute noch bei der BD Nürnberg vorhandene Zeichnungen⁸⁹ von BBC, die unabhängig vom Krümmungsradius Z 8.2.2./1 ein 6 m langes Y-Beiseil vorsehen, auf freier Strecke mit Z 8.2.2./2 1,5 m Systemhöhe, im Bahnhof das Normmaß 2,0 m. Während man beim Ausleger-Stützpunkt den Seitenhalter direkt am Y-Beiseil aufhängte, ordnete man den Hänger bei Querseil-Aufhängung 0,9 m einseitig neben dem Stützpunkt an. BBC rüstete die Teilstrecken Probstzella - Saalfeld und Orlamünde - Camburg durchgehend mit dieser Bauart aus, weiter die Nebengleise der Bahnhöfe zwischen Saalfeld und Orlamünde. Nach Mitteilung der Elektrostreckenleitung Innsbruck erhielt auch die Strecke Kufstein - Wörgl anlässlich des Doppelspurausbaus diese Bauart, jedoch mit einem Y-Beidraht am Stützpunkt.

Auch von dieser verbesserten Variante der Einheitsfahrleitung 1931 liegt kein Bericht der Versuchsanstalt vor, jedoch stellt H. Nibler⁹⁰ beim Dezernenten-Treffen 1941 in München fest: "Im Altreich konnte die Einheitsfahrleitung mit Y am Stützpunkt im allgemeinen mit nur geringfügigen Änderungen für die Reichsstromabnehmer bei Geschwindigkeiten bis 120 km/h zugelassen werden."

Damit hatten die Firmen BBC und SSW wohl das dynamische Verhalten der Einheitsfahrleitung 1931 verbessert, die Strombelastbarkeit des aus 50 mm² Stahltragseil und 100 mm² Kupferfahrdrabt bestehenden Kettenwerks war jedoch Z 8.2.1./1 unverändert geblieben. Nach den Fahrleitungsrichtlinien Z 8.2.1./2 darf dieses Kettenwerk bei einer Außentemperatur von +15°C Z 8.2.1./3 mit einer Dauerstromstärke von etwa 540 A bei neuem und Z 8.2.1./4 von etwa 440 A bei 20 Prozent abgenutztem Fahrdrabtquerschnitt belastet werden.

Ab 1941 führte der massive Einsatz der Baureihe E 94 zwischen Saalfeld und Pressig-Rothenkirchen zu einem Energiebedarf von bislang bei der DRB unbekannter Größenordnung. Noch im gleichen Jahr rüstete man vom am Scheitelpunkt der Frankenwaldlinie gelegenen Unterwerk Steinbach am Wald aus Speiseleitungen aus 185 mm² Stahl-Aluminium-Seil nach, die jeweils unterhalb der Bahnhöfe Probstzella, Ludwigsstadt, Förtschendorf und Pressig-Rothenkirchen in das Kettenwerk des Berggleises der freien Strecke einspeisten. Nach dem Zweiten Weltkrieg baute man das 2. Streckengleis auf den Teilstrecken Probstzella - Ludwigsstadt und Förtschendorf - Hochstadt-Marktzeuln ab. Seither speist man an den ge-

⁸⁹ Zeichnung Ezs 2098 Ausgabe vom März 1938;
Zeichnung Ezs 2099 Ausgabe vom März 1938.

⁹⁰ Erfahrungsaustausch der Sachdezernenten über Beobachtungen im elektrischen Zugbetrieb, Tagung in München 1941, S. 179.

nannten Orten in das Kettenwerk des verbliebenen Streckengleises. Seit der Demontage der Fahrleitung bei der DR im Jahre 1946 (s. 12.4.1.) speist man anstelle nördlich Probstzella jetzt unmittelbar an der Grenze bei Falkenstein ein.

8.3. Umbau vorhandener Fahrleitungen für den Reichsstromabnehmer

Die Einführung des 1950 mm breiten Reichsstromabnehmers anstelle des bisherigen Einheitsstromabnehmers der DRB von 2100 mm Breite sollte nach der Eingliederung Österreichs als "Ostmark" an das Reich den uneingeschränkten Durchlauf elektrischer Triebfahrzeuge ermöglichen (s. 2.3.). Als Folge zeigte sich nach W. Wechmann⁹¹ bereits im Jahre 1938 die Notwendigkeit, im "Altreich" den Zickzack von bisher ± 500 mm auf ± 400 mm zurückzunehmen. Dies bedeutete, auf vorhandenen Strecken mit zu großen Mastabständen und hohen Windgeschwindigkeiten einerseits die Fahrleitungen in der Geraden windfest umzubauen, andererseits auch im Gleisbogen die Fahrleitungsanlage zu ändern. Bei gegebenem Bogenhalbmesser R und der Längsspannweite a stellt dort weniger die Fahrdraht-Seitenverschiebung am Brechpunkt b , vielmehr die Lage des Fahrdrahtes in der Mitte zwischen den Brechpunkten c das kritische Maß dar, dies zufolge der kinematischen Abweichung der Fahrzeugachse gegenüber der Gleisachse.

Grundsätzlich stand die DRB 1927 vor einem ähnlichen Problem, als man nach G. Naderer⁹² beschloß, den Fahrdrahtzickzack von bislang ± 600 mm auf ± 500 mm zu verringern. Von der RBD Breslau ist durch ein Foto bekannt, daß man auf der Strecke Hirschberg - Polaun mit zahlreichen Gleisbogen bis 200 m Radius⁹³ nach Art von Straßenbahnbetrieben am Hauptstützpunkt einen als Sehne bezeichneten Beidraht anklemmte und diesen an einem zweiten Seitenhalter befestigte. Über entsprechende Anpassungen im süddeutschen Streckennetz ist nichts bekannt.

Es fällt auf, daß man anlässlich der Einführung des Reichsstromabnehmers zwar auf allen Strecken Süddeutschlands die Fahrleitung in der Geraden neu regulierte, im Gleisbogen jedoch nur die Reichsbahndirektionen München und Regensburg größere Umbauten durchführten; bei den übrigen Direktionen die Fahrleitung soweit möglich korrekt justierte, aber nicht mehr investierte. Noch heute sind auf der "Geislinger Steige" zwischen Geislingen und Amstetten die ursprünglichen Masten der Elektrifizierung von 1933 vorhanden; die Seitenverschiebung am Brechpunkt beträgt im Regelfall ± 500 mm, entsprechend die Lage des Fahrdrahtes

⁹¹ EB, 15 (1939), S. 7

⁹² Organ, 83 (1928), S. 337.

⁹³ GA, 108 (1931), S. 127, Abb. 6.

in Feldmitte beim 300 m-Radius für einen Mastabstand a von 46,8 m bei 100 N/mm² Fahrdrahtzug gemäß Fahrleitungsvorschrift 1931 414 mm, ohne daß es hierbei betriebliche Schwierigkeiten gegeben hätte.

8.3.1. Windschiefe Fahrleitung in Gleiskrümmungen

H. Nibler, H. H. Schaefer und F. Rebmann⁹⁴ sprechen davon, bei gegebenen zu großen Mastabständen im Gleisbogen durch seitliches Herausziehen des Tragseils aus der Gleisachse kleinere Zickzackmaße zu gewährleisten. Damit griff man eine Tradition der Firma BBC auf (s. 5.2.4.2. und 7.6.).

Aus folgenden Gründen war auf einem Großteil des damals elektrifizierten Streckennetzes der Direktionen München und Regensburg ein Umbau der Fahrleitungen im Gleisbogen notwendig. Einerseits waren alle bis 1926 dem elektrischen Zugbetrieb übergebenen Strecken für ein Zickzackmaß von ± 600 mm gebaut worden, eine erneute Reduzierung dieses Maßes auf ± 400 mm hätte im Gleisbogen zu einer unzulässigen Lage des Fahrdrahts in Feldmitte geführt. Aber auch auf den neueren bereits für einen Zickzack von ± 500 mm errichteten Fahrleitungen der Strecke München - Kufstein/Freilassing war dies erforderlich, da elektrische Triebfahrzeuge der "Ostmark" mit dem 1746 mm breiten Stromabnehmer und einer Schleifstückbreite von 1200 mm (s. Tabelle 1/1 S. 26) nach München durchlaufen sollten. Nach Mitteilung von O. Janusz war dies für die Strecke Kufstein - München ab Sommerfahrplan 1939 mit den Baureihen E 22.1 und E 22.2 (BBÖ 1670 bzw. 1670.100) der Fall, von 1943 an auch zwischen Salzburg und München mit der Baureihe E 18.2 (BBÖ 1870).

Die Handausgabe des RZA München von 1947 enthält die wesentlichen Berechnungsgrundlagen. Nachdem man im Jahre 1939 die seitliche Festhaltung des Fahrdrahtes in Abhängigkeit vom Bogenhalbmesser und der Windgeschwindigkeit für den Reichsstromabnehmer dargestellt hatte,⁹⁵ weiter die Verringerung der Sicherheit bei Vergrößerung der Mastabstände,⁹⁶ legte man im folgenden Jahr das Maß c in Abhängigkeit von R , a und b sowie der Windgeschwindigkeit fest.⁹⁷ Die Zeichnung der grundsätzlichen Anordnung der windschiefen Aufhängung einer Fahrleitung im Gleisbogen⁹⁸ ist nicht erhalten geblieben, dafür die Bestimmung der Fahrdraht- und Tragseillage bei windschiefer Anordnung des Kettenwerks in Gleiskrümmungen zur Änderung vorhandener

⁹⁴ VW, 34 (1940), S. 350.

⁹⁵ Zeichnung Ezs 834 Ausgabe vom August 1939;
Zeichnung Ezs 838 Ausgabe vom August 1939.

⁹⁶ Zeichnung Ezs 839 Ausgabe vom August 1939.

⁹⁷ Zeichnung Ezs 867 Ausgabe vom Februar 1940;
Zeichnung Ezs 868 Ausgabe vom Februar 1940.

⁹⁸ Zeichnung Ezs 144 Ausgabe vom August 1939.

Fahrleitungen für Reichsstromabnehmer in zahlreichen Kurvenscharen.⁹⁹

Für diese aufwendigen und in kurzer Frist durchzuführenden Umbauten auf freier Strecke und im Bahnhof erhielt die Flm München-Pasing nach H. Nibler und H. Knorr¹⁰⁰ einen gut ausgestatteten Fahrleitungsbauzug mit geschultem Personal, der während des Zweiten Weltkrieges den größten Teil der umfangreichen Kriegsschäden behob und später Fahrleitungen sowohl umbaute als auch neu errichtete.

F 8.3.1./1
F 8.3.1./2

Auf der Hauptabfuhrstrecke München - Kufstein/Freilassing hat man diese windschiefe Fahrleitung in Gleiskrümmungen im Zusammenhang mit der Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf bis zu 140 km/h größtenteils durch die Regeloberleitung für 160 km/h ersetzt; nur auf den Teilstrecken Bergen - Traunstein (90 km/h) und Rückstetten - Teisendorf (100 km/h) ist sie heute noch vorhanden. Nachträglich hatte man ein kurzes Teilstück auf der Bogeninnenseite bei Bergen (Obb.) wieder lotrecht mit Zwischenmasten umgebaut, da sich dies als zu teuer erwies, jedoch nicht weitergeführt. Auf den übrigen eingleisigen Strecken außerhalb des S-Bahn-Bereichs München besteht die windschiefe Fahrleitung heute noch, auch bei Streckentrennungen, die man bei zweigleisigen Strecken in der ursprünglichen Bauart beließ.

8.3.2. Dreipunkt- oder V-Aufhängung der BD Nürnberg

Z 8.3.2./1

F 8.3.2./1
F 8.3.2./2

Während des Zweiten Weltkrieges hatte die RBD Nürnberg die günstig trassierte Strecke Nürnberg Hbf - Pressig-Rothenkirchen auf das Zickzackmaß ± 400 mm umgebaut, nicht jedoch die zahlreichen Gleisbogen der Steilstrecke Pressig-Rothenkirchen - Probstzella. Vermutlich im Zusammenhang mit den ab 1956 angelieferten elektrischen Einheitslokomotiven der DB, deren Stromabnehmer DBS 54 gegenüber dem bis dahin verwendeten SBS 39 kürzere Schleifstücke hat (s. Tabelle 1/1 S. 26), erwog die BD Nürnberg, auch die ihr verbliebene Teilstrecke Pressig-Rothenkirchen - Falkenstein durchgehend auf das Zickzackmaß ± 400 mm umzubauen. Nachdem Versuche mit einem beim Stützpunkt am Fahrdrabt angeklebten Beidraht negativ verlaufen waren, entwarf man selbst einen Fahrleitungs-Stützpunkt in Kurven mit zu großen Mastabständen¹⁰¹ unter ausschließlicher Benutzung genormter Bauteile. 2,5 m beidseits des Stützpunktes befestigte man jeweils einen Seitenhalter am Fahrdrabt; deren Enden sind einerseits am Tragseil aufgehängt, andererseits über ein Bronzeseil von 25 mm² verbunden. Dieses Bronzeseil führt man im Querfeld bzw. bogenaußen bei Ausleger-Stützpunkten je nach Entfernung vom Festpunkt über eine am

⁹⁹ Zeichnung Ezs 833/1...3 Ausgabe vom Juni 1940.

¹⁰⁰ DB, 30 (1956), S. 423.

¹⁰¹ Zeichnung Eb 25/107 Ausgabe vom Mai 1957.

unteren Richtseil bzw. am Stabisolator befestigte Gabelkausche oder Rolle, bogeninnen bei Ausleger-Stützpunkten immer über eine am Stützrohr angebrachte Gabelkausche. Auf diese Weise verkürzt man das für die Zickzackführung entscheidende Maß a zwischen 2 Masten jeweils um 5 m, womit man beispielsweise im Gleisbogen von 300 m Radius von dem in der Fahrleitungsvorschrift 1931 angegebenen Mastabstand 46,8 m annähernd auf die in den Fahrleitungsrichtlinien 1953 (s. 11.2.) vorgeschriebene Längsspannweite von 42,1 m für festes Tragseil kommt.

9. Fahrleitung Bauart 1942

Die der Öffentlichkeit zugängliche Literatur schweigt sich über diese Fahrleitung völlig aus, auch die im "Gutachten über die Wahl des Stromsystems für die Elektrisierung von Fernbahnen"¹ gegebenen Hinweise konnten wegen des Vermerks "Nur für den Dienstgebrauch" Dritte nicht erreichen. Nachdem das RZA München im Jahre 1941 die Sachdezernenten der Reichsbahndirektionen zu einer Tagung nach München eingeladen hatte, veranstaltete man im folgenden Jahr zweitägige Kurse für die Vorstände der Fahrleitungsmeistereien, Betriebsingenieure der Maschinenämter und Sachbearbeiter der Reichsbahndirektionen, wobei Vertreter des RZA München jeweils ausführlich über die neue Fahrleitung referierten. Von jeder dieser Veranstaltungen fertigte das RZA München jeweils Niederschriften an,² die zusammen mit Berichten der Versuchsanstalt München die einzigen Quellen über die intensive und konsequente Entwicklungsarbeit des RZA München im Fahrleitungsbereich sind; leider sind davon nur ganz wenige Exemplare erhalten geblieben.

9.1. Aufgabenstellung zur Entwicklung

Im August 1938 verfügte der Reichsverkehrsminister im Hinblick auf den Zusammenschluß der Fahrleitungsnetze in Süd- und Mitteldeutschland die Einrichtung einer "Arbeitsgemeinschaft für die Unterhaltung und Wiederinstandsetzung von Fahrleitungsanlagen" unter dem Vorsitz von W. Usbeck, wobei unter Punkt 6 "Vorschläge über die Vereinheitlichung der Fahrleitungen auch für hohe Geschwindigkeiten vom Standpunkt der Unterhaltung aus" zu unterbreiten waren.³ Nach den bei der Kraftwerk-Zentralstelle Innsbruck der ÖBB aufliegenden Protokollen dieser Arbeitsgemeinschaft konzentrierten sich die Teilnehmer vermutlich im Hinblick auf den mit 1.02.1939 vorgegebenen Abgabetermin des Abschlußberichts auf die Ausarbeitung von vorläufigen Richtlinien für die Unterhaltung und rasche Instandsetzung von Fahrleitungsanlagen. Es war naheliegend, das RZA München mit der Vereinheitlichung der Fahrleitungen zu betrauen.

Während H. Nibler⁴ bei der Tagung 1941 feststellt: "Wir standen daher vor der Aufgabe ..., für künftige Elektrisierungen eine neue Einheitsfahrleitung unter Berücksichtigung des Reichsstromabnehmers, hoher Fahrgeschwindigkeit

¹ EB, 20 (1944), Eh. S. 17, 105.

² Erfahrungsaustausch der Sachdezernenten über Beobachtungen im elektrischen Zugbetrieb, Tagung in München 1941; Vorträge bei den Unterrichtskursen mit Erfahrungsaustausch über Konstruktion, Bau und Betrieb von Fahrleitungsanlagen, Lehrgang Mai/Juni 1942 in München.

³ RVM-Verfügung - 32 Ez 69 - vom 25.08.1938 Zl. 71092 - 1938.

⁴ Tagung 1941, S. 179.

ten, hoher Stromstärken und des Heimstoffproblems zu entwickeln", legt A. Mosler⁵ beim Lehrgang 1942 zunächst die Vorgaben des Reichsverkehrsministers (RVM) dar: "Das RZA München ist vom RVM beauftragt worden, für die umfangreichen späteren Elektrisierungen die geeignetste Fahrleitung entweder aus der Reihe der vorhandenen Bauarten zu ermitteln oder neu zu konstruieren, zu erproben und für die späteren Elektrisierungen so vorzubereiten, daß die Fahrleitung baureif ist. Als Bedingung wurde gestellt, daß die Fahrleitung für hohe Geschwindigkeiten und für genügend hohe Strombelastungen geeignet sein muß, und zwar soll in Zukunft die Fahrleitungsanlage einer Strecke für die Geschwindigkeit und Belastung ausgelegt werden, für die Strecke und Oberbau vorgesehen sind."

Dieser Auftrag ist nicht nur im Hinblick auf die damals beabsichtigten Neuelektrifizierungen zu sehen, sondern auch auf dem Hintergrund der betrieblichen Erfahrungen während des Zweiten Weltkrieges. Bei den häufig auftretenden Fahrleitungsstörungen gestaltete sich deren Behebung wegen der außerordentlichen Typenvielfalt immer schwieriger. H. Nibler⁶ notiert bei der Tagung 1941 für das elektrifizierte Netz der DRB etwa 25 verschiedene Fahrleitungsausführungen mit größtenteils auch verschiedenen Konstruktionsteilen. Bei der Einführung zum Lehrgang 1942 stellt derselbe Verfasser fest: "... daß nunmehr ausschließlich nach Gesichtspunkten der Betriebssicherheit und der kriegsbedingten Rohstofflage an die Entrümpelung gegangen werden muß."⁷

Nicht nur die Vielzahl unterschiedlicher Fahrleitungsbauarten, sondern auch die Typenvielfalt bestimmter Bauteile gestaltete den Bau, die Unterhaltung und die Behebung von Störungen schwierig, so beispielsweise der Schrägausleger aus ungleichschenkligen Winkeleisen mit gebogenem Vorder- teil. Nach A. Mosler⁸ benötigte man für die Einheitsfahrleitung 1931 im ganzen 84 Typen Schrägausleger, bei der vollelastischen BBC-Fahrleitung über 600 Typen, die alle in der Fabrik hergestellt werden mußten. Nach demselben Verfasser waren für das Fahrleitungsnetz der DRB etwa 7000 verschiedene Bauteile erforderlich.⁹

Weiter führte die Einführung des Kohleschleifstücks zu einer ungewöhnlich hohen Anzahl Stromabnehmerschäden, und dies, obwohl die DRB während des Zweiten Weltkriegs die Höchstgeschwindigkeit der schnellfahrenden Reisezüge reduziert hatte (s. 2.2.). Wieder notiert A. Mosler¹⁰: "Die Anzahl der Bügelschäden in der letzten Zeit spottet ein-

⁵ Lehrgang 1942, S. 58.

⁶ Tagung 1941, S. 178.

⁷ Lehrgang 1942, S. 5.

⁸ Lehrgang 1942, S. 59.

⁹ Lehrgang 1942, S. 27.

¹⁰ Lehrgang 1942, S. 67.

fach jeder Beschreibung. So waren bei 288 Fahrleitungsstörungen von Oktober 1941 bis Ende Januar 1942 nicht weniger als 85 Bügelschäden."

9.2. Leitlinien bei der Konstruktion

Aufbauend auf den im Auftrag des Reichsverkehrsministers genannten Bedingungen und auf der Grundlage der Fahrleitungsvorschrift 1931 stellte das RZA München ein von A. Mosler¹¹ wiedergegebenes Pflichtenheft zusammen:

"Die Bedingungen, die die neue Fahrleitung haben muß, werden nun folgendermaßen festgelegt:

- 1) Sie soll mit Geschwindigkeiten von mehr als 150 ... 200 km/h befahren werden können und zwar sowohl mit 2 als auch mit 1 Stromabnehmer.
- 2) Zu diesem Zweck muß die Fahrleitung elastisch und frei von Massenhäufungen sein. Die harten Stellen an Stützpunkten, Klemmen, Kreuzungen, Weichenbespannungen, Nachspannungen, unter Brücken usw. müssen beseitigt werden.
- 3) Der Bügeldruck soll während der Fahrt 5 kg nicht unterschreiten und 10 kg nicht überschreiten.
- 4) Der Fahrdrahtquerschnitt muß ausreichend sein. Über die bisher vorgeschriebenen Temperaturgrenzen von -30° ... $+40^{\circ}$ hinaus muß mit einer Erwärmung des Fahrdrahtes durch die Stromwärme bis auf $+80^{\circ}$ gerechnet werden.
- 5) Die Fahrleitung soll einfach sein. Beim Einbau sollen auch auf stark belegten Strecken die vorhandenen kurzen Zugpausen gut ausgenützt werden können. Möglichst viel Bauarbeiten müssen in der Werkstatt, im Lager oder auch auf der Strecke ohne Inanspruchnahme von Zugpausen durchgeführt werden können.
- 6) Die Fahrleitung soll möglichst wenig störanfällig sein. Störungen müssen rasch beseitigt werden können.

Die vorhandenen Fahrleitungen genügen diesen Bedingungen nicht oder nicht in vollem Umfange. Alle haben Vorteile, aber auch wesentliche Nachteile, sodaß sie für die künftigen Elektrisierungen ausscheiden müssen. Einige Fahrleitungen waren nicht genügend elastisch, andere zu kompliziert und nicht einheitlich genug durchgebildet. Sie wiesen Mängel und Fehler auf, die ausgemerzt werden müssen."

Wegen der überragenden Bedeutung der Entwicklung dieser als "Bauart 1942" bezeichneten Fahrleitung für die neueren Wechselstromfahrleitungen in Europa seien deren Entwicklungsschritte ausführlicher dargestellt.

¹¹ Lehrgang 1942, S. 58.

9.3. Versuche und Schritte zur Serienreife

Bei der Konzeption einer für hohe Geschwindigkeiten und hohe Primärströme geeigneten neuen Fahrleitung griff das RZA München auf eine auf der Einheitsfahrleitung 1931 aufbauenden Firmenbauart zurück, verbesserte diese jedoch systematisch entsprechend Konstruktionsmerkmalen vollelastischer Fahrleitungsbauarten. Z 9.3./1

Bei der Elektrifizierung Halle - Magdeburg im Jahre 1934 hatte man die Teilstrecke südlich Stumsdorf bis zur Streckentrennung vor Halle einschließlich des Bahnhofs Niemberg für Versuchsfahrten bis zu 160 km/h mit nachgespanntem Kettenwerk ausgerüstet (s. 7.5.1.). Nach L. Hausmann¹² erreichte dort am 21.09.1936 eine Lokomotive der Baureihe E 18 eine Höchstgeschwindigkeit von 186 km/h "ohne nennenswerte Funken", nachdem der Fahrdraht einen Vordurchhang von 8 cm erhalten hatte und am Stützpunkt ein Y-Beiseil von 6 m eingebaut worden war. Z 9.3./2

Im Jahre 1939 richtete das RZA München im Hinblick auf weitere Meßfahrten¹³ zwischen Niemberg und Halle verschiedene Versuchsabschnitte ein, wobei man das Tragseil und den Fahrdraht mit jeweils 10 kN nachspannte und den Fahrdraht ohne Vordurchhang beließ: Z 9.3./3

- km 75,8 bis km 78,6: 6 m Beiseil F 9.3./1
- km 78,6 bis km 79,7: 24 m Beiseil F 9.3./2
- km 79,7 bis km 80,4: 24 m Beiseil, Fahrdrahtzug 11 kN. F 9.3./3

Am 13.04.1940 befuhr ein Triebfahrzeug der Baureihe E 18 mit Kohleschleifstücken diese Strecke mit 130 km/h. Den zugehörigen Meßstreifen veröffentlicht H. Nibler¹⁴ an verschiedener Stelle, interpretiert ihn jedoch nur knapp. Beträgt die Dauer der Spannungsunterbrechungen am Stützpunkt der freien Strecke ohne Beiseil durchschnittlich 12 Halbwellen (0,36 s), so geht diese bei 6 m Beiseil dort auf durchschnittlich 2 Halbwellen (0,06 s) zurück und verschwindet beim 24 m-Beiseil völlig.

Nach einem Bericht der Versuchsanstalt¹⁵ erstellte man zur Dezernenten-Tagung vom 2. bis 4. April 1941 auf dem 300 m langen Fahrleitungsversuchsfeld nach Angaben des RZA München eine Doppelfahrdraktkette mit nachgespanntem Tragseil, 75 m Längsspannweite, 2,0 m Systemhöhe für eine Geschwindigkeit von 150 km/h, wobei sich nach mehreren Versuchen eine Beiseillänge von 12 m als besonders günstig erwies.

H. Nibler¹⁶ legt bei der Dezernenten-Tagung 1941 die Grün-

¹² EI, 11 (1960), S. 300.

¹³ Zeichnung Ezsv 178/1...3 Ausgabe vom Mai 1940.

¹⁴ ETZ, 63 (1942), S. 111; GA, 74 (1950), S. 4.

¹⁵ Bericht A 39/1941 aufgestellt am 6.05.1941.

¹⁶ Tagung 1941, S. 185 ff.

de dar, die dazu führten, bei Strecken mit hohen Verkehrsleistungen künftig Doppelfahrdraht zu verwenden. Nachdem sich damals gezeigt hatte, daß auf machen Strecken die zulässigen Temperaturen im Fahrdraht überschritten werden, mußte man zwischen einer Vergrößerung des Fahrdrahtquerschnitts, des Tragseilquerschnitts, Doppelfahrdraht oder einer Verstärkungsleitung wählen. Da man bei den erstgenannten Lösungen Schwierigkeiten beim Einbau befürchtete und die letztgenannte als zu teuer erschien, entschied man sich für eine Fahrleitung mit Doppelfahrdraht von je 100 mm² Kupfer, zumal Versuche im Windkanal gezeigt hatten, daß der Winddruck auf zwei Fahrdrähte geringer ist als auf einen gleichen Gesamtquerschnitts. Bei Doppelfahrdraht ergibt sich demnach bei 75 m Längsspannweite der gleiche Windabtrieb wie bei Einfachfahrdraht mit 64 m Spannweite.

F 9.3./4 Für den Ausleger-Stützpunkt wählte man grundsätzlich den Schwenkausleger Bauart AEG (s. 7.5.1.), befestigte jedoch das Tragseil oberhalb des Auslegerrohres. Der Doppelfahrdraht wird sowohl beim Stützpunkt K als auch beim Stützpunkt L mit jeweils 2 Fahrdrahtaltern und Rohrkrümmern, die an einem Stützrohr befestigt sind, in die Zickzacklage gezogen. Bereits der erste Bericht der Versuchsanstalt über diese Fahrleitung vermerkt ausdrücklich, daß diese Seitenhalter noch nicht anschlagsicher sind.¹⁷

F 9.3./5 Ein weiterer Bericht "über Versuche mit Doppelfahrleitung mit Beiseil und nachgespanntem Tragseil an Drehauslegern"¹⁸ mit gegenüber dem vorigen Bericht unverändertem Versuchsaufbau legt zunächst die Kräfte fest: Tragseil 11 kN, Doppelfahrdraht je 10 kN, Beiseil 3,5 ... 4 kN. Weiter notiert man, daß die seitliche Festlegung nicht windsteif ist, bei Krümmungsradien unter 1500 m läßt sich das Seitenhalterrohr durch einen Abzug ersetzen, da der Winddruck kleiner ist als der Kurvenzug; unterhalb 900 m wird das Y-Beiseil nicht für nötig gehalten. Anstelle der beiden schweren "Bumerang" schlägt man ein leichteres Gebilde aus Flacheisenstücken vor.

Da infolge der Aufhängung des Stützrohrs am Y-Beiseil der Abstand zwischen Fahrdraht und Stützrohr bei Anhub unverändert bleibt, schlägt man eine Reduzierung dieses Maßes von 300 mm auf 200 mm vor, weiter eine getrennte Aufhängung der Fahrdrähte am Tragseil. Diese hängte man nicht am Stützpunkt selbst am Y-Beiseil, sondern jeweils in einem Abstand von 3 m beidseits des Stützpunkts auf.

Z 9.3./4 Nach einem Bericht der Versuchsanstalt¹⁹ baute man diese
Z 9.3./5 Doppelfahrleitung von km 67,8 bis km 70,5 zwischen Niemberg und Stumsdorf versuchsweise ein - dieser Abschnitt

¹⁷ Bericht A 39/1941 aufgestellt am 6.05.1941.

¹⁸ Bericht A 2 V/1941 aufgestellt am 29.08.1941.

¹⁹ Bericht F 25 V/1941 aufgestellt am 13.12.1941; s. auch Zeichnung Ezsv 313/1...3 Ausgabe vom Februar 1942.

umfaßt auch eine Fahrdrabtabsenkung unter einer Brücke - und führte vom 13. bis 15.11.1941 Meßfahrten mit der E 18 42 bei Geschwindigkeiten bis 160 km/h durch. Bei vier Meßfahrten fuhr man mit zwei Bügeln am Fahrdrab, bei zwei weiteren mit nur einem. Zusammenfassend stellt der Bericht fest: "Die Spannungsunterbrechungsmessungen zeigen im ganzen ein recht günstiges Verhalten der Doppelfahrleitung."

Führt H. Nibler²⁰ bei der Dezernenten-Tagung 1941 noch aus: "In Bahnhöfen soll nur festabgespanntes Tragseil verwendet werden, da hier durch die elastischere Querseilaufhängung die Temperaturänderungen von geringerem Einfluß auf die gleichmäßige Fahrdrablage ist.", so erhält die Versuchsanstalt noch im selben Monat vom RZA München den Auftrag, "Versuche mit Doppelfahrleitung mit Beiseil und nachgespanntem Tragseil im Quertragwerk"²¹ durchzuführen. Diese Änderung ist vermutlich durch die bei höherer zugelassener Endtemperatur möglichen größeren Kettenwerkswanderungen bedingt.²² Das RZA München entschied, die Längsbeweglichkeit des Tragseils im Quertragwerk durch Rollen anstelle von Laschen sicherzustellen, dies mit ausdrücklichem Bezug auf die jahrzehntelangen positiven Erfahrungen im elektrifizierten Netz Mitteldeutschlands. Um die Wanderung des Fahrdrabts ohne zu große Winkelbildung zu ermöglichen, legte man als Länge für den Seitenhalter im Quertragwerk mindestens 1200 mm gegenüber 800 mm am Ausleger fest. Die noch nicht anschlagsicheren Seitenhalter für die beiden Fahrdrabte hängte man an einer Richtseil-Abstandösenklemme ein, die infolge einer bifilaren Aufhängung an einer Öse der Tragseilrollengabel festgelegt ist. Alle Daten für Tragseil, Beiseil und Fahrdrab behielt man bei.

Beim Lehrgang 1942 spricht A. Mosler²³ nicht nur von der Entwicklung einer Fahrleitung mit Doppelfahrdrab, sondern auch einer solchen mit Einfachfahrdrab. Im März 1942 hatte man auf dem Gelände der Versuchsanstalt eine verbesserte Versuchsfahrleitung mit Einfachfahrdrab sowie einem Stützpunkt K, einem Stützpunkt L und einem solchen im Quertragwerk montiert, nachdem im Januar 1942 entsprechende Zeichnungen²⁴ herausgegeben worden waren. Sowohl beim Ausleger-Stützpunkt als auch im Quertragwerk sah man nunmehr anschlagsichere Leichtbau-Seitenhalter vor, in beiden Fällen beträgt der Abstand zwischen Abzug und Rohr 250 mm. Als weitere konstruktive Verbesserungen sind beim Ausleger-Stützpunkt die Tragseildrehklemme und die Windsicherung zu nennen. Weiter gab das RZA München damals eine Zeichnung des Kettenwerks der Fahrleitung mit Doppelfahr-

Z 9.3./9
Z 9.3./10
F 9.3./7
Z 9.3./6
Z 9.3./7

²⁰ Tagung 1941, S. 185.

²¹ Bericht A 71 V/1942 aufgestellt am 31.08.1942.

²² Bericht A 2 V/1941 aufgestellt am 29.08.1941.

²³ Lehrgang 1942, S. 58.

²⁴ Zeichnung Ezsv 311 Ausgabe vom Januar 1942;
Zeichnung Ezsv 312 Ausgabe vom Januar 1942.

draht heraus, wobei in der Draufsicht auch der maximale Windantrieb von 55 cm notiert ist.²⁵

Z 9.3./8

Weitere Untersuchungen zeigten, daß die versetzte Aufhängung der Drähte bei Doppelfahrleitung nicht die gewünschte gleichmäßige Abnutzung der Fahrdrähte bringt. An den Hängern wird der durchhängende Fahrdraht stärker abgenutzt als der aufgehängte.²⁶

Im Jahre 1943 stellte man Versuche mit Hängerrollen und Gleithängern an, wobei man die günstigsten Rollendurchmesser ermittelte,²⁷ weiter berechnete man den statischen Anhub der Kettenfahrleitung, "um für Geschwindigkeiten bis 180 km/h möglichst geringe Höhengschwankungen für den Bügel zu erzielen und einen ruhigen, stoßfreien Lauf zu gewährleisten."²⁸

Noch im Jahre 1944 führte man Höchstlastversuche mit spannungsführenden Schwenkauslegern durch, die sowohl bezüglich der Rohrtypen als auch des Isolators positiv ausfielen.²⁹ Auch zeigte sich bei einem Vergleich zwischen Berechnung und Aufmaß elastischer Biegelinien bei Schrägauslegern eine gute Übereinstimmung.³⁰

Schließlich vermerkt ein Bericht über "Theorie der statischen Beanspruchung von horizontal gespannten Fahrdrähten mit gleichen Hängerabständen" aus demselben Jahr: "Da kriegsbedingt der sehr empfindliche Versuchsaufbau in der ElVersA bei den letzten Terrorangriffen zerstört worden war, wurden diese zurückgestellt."³¹ Man führte deshalb Berechnungen für weitere dynamische Versuche mit extrem hoher Befahrgeschwindigkeit (über 300 km/h) durch. Im November 1944 erschien der letzte Bericht der Versuchsanstalt München vor der Kapitulation.³²

Insgesamt steckt hinter der als "Fahrleitung Bauart 1942" bezeichneten neuen Bauart eine gewaltige Entwicklungsarbeit. Die überragende Leistung der im RZA München für diesen Bereich verantwortlichen Ingenieure A. Mosler und H. Nibler - alle erhalten gebliebenen Meßschriebe tragen beide Unterschriften - besteht darin, daß sie sowohl eine neue Fahrleitung entwickelten als auch durch ein Bündel weiterer Maßnahmen dafür sorgten, daß bei gegebener Höchstgeschwindigkeit an allen Stellen einer elektrifizierten Strecke eine einwandfreie Stromabnahme erfolgt.

²⁵ Zeichnung Ezsv 309/4 Ausgabe vom März 1942.

²⁶ Bericht A 90 V/1942 aufgestellt am 7.09.1942.

²⁷ Bericht A 88 V/1943 aufgestellt am 21.05.1943

²⁸ Bericht A 116 G/1943 aufgestellt am 20.07.1943.

²⁹ Bericht A 136 V/1944 aufgestellt am 16.05.1944.

³⁰ Bericht A 195 V/1944 aufgestellt am 2.08.1944.

³¹ Bericht A 201 U/1944 aufgestellt am 26.08.1944.

³² Bericht A 214 V/1944 aufgestellt am 7.11.1944.

9.4. Weitere Maßnahmen

Nach den Erfahrungen mit den als "vollelastisch" bezeichneten Fahrleitungsbauarten mußte das RZA München die Terminologie ändern. Hierzu führt H. Nibler³³ im Jahre 1941 aus: "Die Bezeichnung "vollelastisch" ist überhaupt irreführend, da es weniger auf die Größe, sondern auf die Gleichmäßigkeit der Elastizität und auf die Massengleichheit ankommt. Eine allzu hohe Elastizität ist sogar mit Rücksicht auf den Fahrdrahtanhub unerwünscht." Konkret äußert sich hierzu A. Mosler³⁴ im folgenden Jahr: "Am ärgsten sieht es noch bei dem nächsten Punkt, Vermeidung von Massenanhäufungen im Fahrdraht aus. Auf diesem Gebiet wurde außer beim Stützpunkt der freien Strecke nur wenig getan. Alle anderen harten Punkte, wie an Kreuzungen, Brückendurchführungen, Streckentrennern, Weichenbespannungen, Stromklemmen usw. blieben bestehen."

Während H. Nibler³⁵ bei der Tagung 1941 nur allgemein ausführt: "Die Fahrleitung muß möglichst gleichmäßig elastisch und vor allem frei von Massenhäufungen sein, d. h. die harten Stellen an Stützpunkten, Klemmen, bei Kreuzungen und Nachspannfeldern, an Aufhängungen und Brücken und in Tunneln usw. müssen beseitigt werden ...", berichtet A. Mosler beim Lehrgang des folgenden Jahres verschiedentlich von Untersuchungen und konkreten Beschlüssen des RZA München.

Bei Geschwindigkeiten bis 100 km/h genügt es, nur den Fahrdraht unter dem Bauwerk durchzuführen und das Tragseil am Bauwerk abzufangen. Für größere Geschwindigkeiten erwies sich diese Aufhängung jedoch als zu hart. Besonders die beiden Hubbegrenzer und die schweren Stromklemmen zeigten sich als harte Stellen, an denen der Bügel abklappt und die Kohleschleifstücke beschädigt werden können. Deshalb beschloß das RZA München, das Tragseil durchzuführen und gegebenenfalls unter dem Bauwerk an einem Querrohr mit Stabisolatoren in Abspannlage aufzuhängen.³⁶

Nach der Fahrleitungsvorschrift 1931 ist die Änderung der Höhenlage des Fahrdrahts in Hauptgleisen mit einer Neigung von höchstens 1:200 auszuführen (s. 6.1.). Es zeigte sich, daß hier Bügel mit Kohleschleifstücken abklappen, ebenso bei Neigungen 1:300 bis 1:600. Eingehende Meßfahrten im Bereich der RBD Nürnberg mit 150 km/h bei Fahrdrachtrampen von 1:200 und 1:600 erwiesen, daß bei einwandfreier Funktion des Stromabnehmers und durchgeführtem Tragseil ohne harten Punkte sorgfältig eingeregelter Rampen mit hohen Geschwindigkeiten gut zu befahren sind.³⁷ Des-

³³ Tagung 1941, S. 189 f.

³⁴ Lehrgang 1942, S. 41.

³⁵ Tagung 1941, S. 181.

³⁶ Lehrgang 1942, S. 55.

³⁷ Lehrgang 1942, S. 55 ff., 75.

halb gab das RZA München damals eine in der Handausgabe 1947 enthaltene Zeichnung für die Einregelung von Fahrdrachtrampen heraus.³⁸

Bei der Überspannung von Weichen oder Kreuzungen hatte man bislang die Näherung von Fahrdrähten zugelassen, wobei zwischen Tragseil und Fahrdraht Stützstreben eingebaut wurden, um den Fahrdraht herabzudrücken.³⁹ Aber auch die bis dahin ausgeführte Kreuzung von Kettenwerken befriedigte nicht, da es durch schlechte Anläufe und Anschlag von Klemmen ständig zu Störungen kam. A. Mosler⁴⁰ formuliert sogar: "Die Kreuzung zweier Fahrdrähte an festen Tragseilen ist nach der bisherigen Bauart einer der schwächsten Punkte der Fahrleitung und eine Störquelle ersten Ranges."

Z 9.4./5 Im Dezember 1941 gab das RZA München Zeichnungen über die Bespannung von Weichen bzw. Kreuzungen heraus,⁴¹ im darauffolgenden Jahr auch solche über die Bespannung der doppelten Kreuzungsweiche.⁴² Im Herbst 1942 baute die Versuchsanstalt München entsprechend den genannten Zeichnungen Fahrdrachtkreuzungen auf ihrem Fahrleitungsversuchsfeld auf und untersuchte sie.⁴³

Z 9.4./7 Für die Bespannung von Weichen bzw. Kreuzungen nennt A. Mosler⁴⁴ verschiedene nachstehend gestrafft wiedergegebene Merkmale:

- Z 9.4./8
Z 9.4./9
Z 9.4./10
- 1) An der Anlaufstelle, d. h. 550 mm von Bügelmitte entfernt und jeweils ein Stück vorher dürfen am ankommenden oder abgehenden Fahrdraht keine Klemmen eingebaut sein.
 - 2) An der Anlaufstelle sind die beiden kreuzenden Fahrdrähte mit Wechselhängern aufzuhängen und genau parallel zum Stromabnehmerschleifstück einzuregeln.
 - 3) Die Zickzackführung soll so sein, daß die Fahrdrähte an der Anlaufstelle auf einer Bügelhälfte liegen, weil dann der Anlauf am sichersten ist.
 - 4) Der nicht befahrene Fahrdraht ist unmittelbar hinter der befahrenen Kreuzung einige Zentimeter hochzuziehen.
 - 5) Scharfe Winkelzüge sind zu vermeiden, in Hauptgleisen darf der Winkel 5° nicht übersteigen, weil sonst der Stützpunkt zu hart wird.

Bei der zweifeldrigen Nachspannung stellte die Fahrdrachtkreuzung mit den beiden Seitenhaltern einen harten Punkt

³⁸ Zeichnung EzsN 182 Ausgabe vom Juni 1941.

³⁹ Lehrgang 1942, S. 57.

⁴⁰ Lehrgang 1942, S. 78.

⁴¹ Zeichnung Ezsv 302/1,2 Ausgabe vom Dezember 1941.

⁴² Zeichnung Ezsv 302/3,4 Ausgabe vom September 1942.

⁴³ Bericht A 172 V/1942 aufgestellt am 19.10.1942;

Bericht A 173 V/1942 aufgestellt am 9.11.1942;

Bericht A 174 V/1942 aufgestellt am 30.11.1942;

Bericht A 175 V/1942 aufgestellt am 28.11.1942.

⁴⁴ Lehrgang 1942, S. 78 f.

dar. Der Übergang zur dreifeldrigen Nachspannung mit Parallelführung der Fahrdrähte ähnlich wie bei der Streckentrennung löste dieses Problem.⁴⁵ Bereits im Jahre 1941 gab das RZA München eine entsprechende Normzeichnung heraus, die in der Handausgabe 1947 enthalten ist.⁴⁶ z 9.5./1

Schließlich versuchte man noch, die Befahrbarkeit des in der Handausgabe 1947 enthaltenen genormten Leichtmetall-Streckentrenners⁴⁷ zu verbessern und führte hierzu im Jahre 1942 im Bahnhof Fürth eine Reihe von Filmaufnahmen durch.⁴⁸ 1950 zeigt H. Nibler⁴⁹ am Beispiel dieser Filmaufnahmen die dynamische Wirkung einer zusätzlichen Masse am Fahrdraht. Im Jahre 1943 befaßte sich die Versuchsanstalt mit grundlegenden Verbesserungen an Streckentrennern.⁵⁰ Bislang hatte man bei der DRB Streckentrenner nur in Weichenstraßen mit Geschwindigkeiten von 50 bis 60 km/h verwendet, jetzt sollten sie auch in Weichenstraßen zwischen Hauptgleisen mit Geschwindigkeiten über 100 km/h eingebaut werden. Die Versuchsanstalt stellt fest, daß hierfür sowohl der SSW-Trenner als auch der AEGU-Trenner des österreichischen Netzes ungeeignet sind, da wegen des bei beiden Konstruktionen erforderlichen Ankerseils die Zugkraft im Fahrdraht bis zwei Drittel reduziert ist, wodurch sich ein Sprungschanzeneffekt ergibt. Ein weiterer Bericht⁵¹ über "Befahrungsversuche an neuentwickelten Streckentrennern in Nürnberg-Dutzendteich im Juli 1943" notiert, daß der SSW-Streckentrenner wegen der neutralen Kufen später nicht mehr verwendet werden soll, während 2 umgebaute Ostmark-Modelle an verschiedenen Stellen des Netzes eingebaut werden, um weitere Erfahrungen zu sammeln. z 6.2./11

A. Mosler⁵² schließt den einen Vortrag beim Lehrgang 1942 in München mit den Worten: "Die Fahrleitung mit Doppelfahrdräht wurde bereits probeweise in zwei Nachspannfeldern in Mitteldeutschland verlegt. Versuchsfahrten zeigten, daß sie mit 160 km/h vollkommen funkenfrei befahren werden konnte. Auch mit einem Bügel war die Stromabnahme einwandfrei. Es ist zu erwarten, daß auch bei noch höheren Geschwindigkeiten der Bügellauf befriedigt. Weitere Versuchsstrecken über etwa 6 km Streckenlänge mit freier Strecke, Bahnhof, Brückenunterführung, Weichen usw. werden den Beweis hierfür liefern." Der weitere Verlauf des Zwei-

⁴⁵ Lehrgang 1942, S. 57, 74.

⁴⁶ Zeichnung EzsN 181 Ausgabe vom Januar 1941.

⁴⁷ Zeichnung EzsN 88 Ausgabe vom Juli 1946.

⁴⁸ Bericht A 176 V/1942 aufgestellt am 30.10.1942;
Bericht A 222 V/1942 aufgestellt am 10.12.1942;
Bericht A 234 U/1942 aufgestellt am 17.12.1942.

⁴⁹ GA, 74 (1950), S. 5 f.

⁵⁰ Bericht A 175 B/1943 aufgestellt am 15.10.1943.

⁵¹ Bericht A 226 V/1943 aufgestellt am 18.01.1944.

⁵² Lehrgang 1942, S. 80.

ten Weltkrieges verhinderte die Ausführung dieses Vorhabens.

Zeitbedingt konnte die Fahrleitung Bauart 1942 damals nicht zur Serienreife entwickelt werden; zahlreiche Bauteile hätten genormt und die Einbauzeichnungen für sämtliche Anwendungsfälle hätten erstellt werden müssen. Für die im Zweiten Weltkrieg weitergeführten Elektrifizierungsvorhaben benötigte man kurzfristig eine aus vorhandenen Bauteilen bestehende einfache Bauart für bescheideneren Geschwindigkeitsansprüche; Bau, Unterhaltung und Störungsbeseitigung mußten zügig durchzuführen sein. Sowohl beim Erfahrungsaustausch der Sachdezernenten 1941 als auch beim Lehrgang Mai/Juni 1942 jeweils in München schweigen sich die Referenten über diese Übergangsbauart aus, obwohl sie ausdrücklich als "Regel-Fahrleitung" bezeichnet wird.

9.5. Regel-Fahrleitung bis 120 km/h

1942 Weißenfels - Großkorbetha - Leipzig Hbf
 1942 Leipzig-Leutzsch - Leipzig-Wahren
 1943 Weißenfels - Abzw. Goseck (- Naumburg) (3. Gleis)
 1943 Leipzig-Leutzsch - Wiederitzsch
 1943 (Camburg -) Abzw. Gs - Großheringen

Z 9.5./1 Sowohl in der Zusammenstellung der Zeichnungen als auch im Zeichnungs-Verzeichnis des RZA München aus dem Jahre 1947 notiert nur eine Zeichnung über die grundsätzliche Anordnung der Nachspannung diese Bezeichnung. Es ist abzuklären, ob überhaupt und gegebenenfalls wo diese Bauart montiert worden ist.

Ursprünglich sollte nach dem Genehmigungsvermerk des RZA München auf den Zeichnungen der RZA-Fahrleitung (s. 8.1.5.) das gesamte Baulos der AEG Camburg - Halle/Leipzig mit dieser Bauart ausgerüstet werden. E. Rutke wies den Verfasser darauf hin, daß die RZA-Fahrleitung östlich Weißenfels wegen der schwierigen Regulierung nicht mehr verwendet wurde, die AEG jedoch weiterhin Rohrschwenkausleger einbaute, bei denen die Isolatoren nicht in der Rauchfahne der Dampflokomotiven liegen.

F 9.5./1 Mehrfach veröffentlicht M. Süberkrüb⁵³ ein Werkfoto der AEG mit der Bildlegende: "Radspanner für Tragseil und Fahrdraht". Im Vordergrund ist eine zweigleisige Eisenbahnstrecke im Flachland mit dem Kilometerstein (Abteilungszeichen) 23,1 zu erkennen, im Mittelgrund ein etwa zur Bahnlinie parallel verlaufender Weg und im Hintergrund eine Siedlung. Zu den wenigen Größen, die sich im Laufe der Jahrzehnte bei Eisenbahnstrecken nicht ändern, gehört

⁵³ Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und Düsseldorf 1971, S. 172, Bild 131; AEG, 45 (1955), S. 397, Bild 35.

die Streckenkilometrierung. Nach einer Karte des Bezirks der Direktion Halle (Saale)⁵⁴ ist dem Bahnhof Köttschau zwischen Leipzig und Großkorbetha als Lage der Betriebsstelle der Streckenkilometer 22,14 zugeordnet. Da nach den "Richtlinien für Beschaffenheit, Beschriftung, Aufstellung und Behandlung der Nummernsteine" der DRB gültig vom 1.10.1939 in der Fassung vom Jahre 1942 die Nummernsteine von km 0,0 ausgehend abwechselnd auf der linken und rechten Bahnseite aufzustellen sind - jene mit geraden Hektometerzahlen links einer Eisenbahnstrecke, jene mit ungeraden dagegen rechts davon -, liegt die Vermutung nahe, daß es sich bei dem abgebildeten Stützpunkt um den einen Abspannmast der Streckentrennung des Bahnhofs Köttschau zur freien Strecke in Richtung Bad Dürrenberg mit dem am Radspanner nachgespannten Kettenwerk des Streckengleises von Köttschau nach Bad Dürrenberg handelt. Unter Berücksichtigung einer abgebildeten Straße bestätigt die Karte des Deutschen Reiches 1 : 100 000⁵⁵ diese Vermutung bis ins Detail.

Der Kilometerstein 23,1 und das Mastfundament sind heute noch vorhanden, jedoch hat man dieses bei der Wiederelektrifizierung der Strecke Leipzig Hbf - Großkorbetha im Jahre 1964 nicht erneut verwendet, da eine Erweiterung der Gleisanlage des Bahnhofs Köttschau eine Verschiebung der Streckentrennung in Richtung Bad Dürrenberg bedingte.

Ein bislang unveröffentlichtes Werkfoto der AEG bildet ein F 9.5./2 Quertragwerk über 3 Gleise mit nachgespanntem Kettenwerk bei Streckenkilometer 23,0 ab, unmittelbar daneben findet sich ein beschränkter Bahnübergang. Obenannte Gründe weisen auch hier auf den Bahnhof Köttschau.

Vermutlich ist in der Zeichnung EzsN 181 vom Januar 1941 des RZA München die einzige Einbauzeichnung der hier als "Regel-Fahrleitung bis 120 km/h" bezeichneten Bauart erhalten geblieben: Die grundsätzliche Anordnung der Nachspannung ist wie bei der Streckentrennung dreifeldrig mit nachgespanntem Kettenwerk ohne angelenkten Seitenhalter am Stützpunkt dargestellt.

Demnach baute die AEG östlich Weißenfels entsprechend dem ursprünglichen Konzept für die Baustrecke Camburg - Großkorbetha - Leipzig⁵⁶ eine der Versuchsfahrleitung Stumsdorf - Halle von 1934 (s. 7.5.1.) sehr ähnliche Bauart mit nachgespanntem Kettenwerk ein: bei Auslegerstützpunkten mit Y-Beiseil ohne angelenkte Seitenhalter am Stützpunkt - nach dem Zeichnungs-Verzeichnis Ausgabe Juni 1947 gab es damals noch keinen anschlagsicheren Seitenhalter -, im Quertragwerk ohne Y-Beiseil mit Laschen unterhalb der

⁵⁴ ETZ, 31 (1910), S. 404, Abb. 23; ETZ, 32 (1911), S. 609, Abb. 1.

⁵⁵ Großblatt 87 Umgebung von Halle (Saale), Berlin 1951.

⁵⁶ Bericht A 108/1940 aufgestellt am 3.08.1940.

Tragisolation und normalen Richtseilösenklemmen und Stahlrohrseitenhaltern der Einheitsfahrleitung 1931. Nachspannung und Streckentrennung sind dreifeldrig ausgeführt. Radspanner für die gemeinsame Nachspannung von Tragseil und Fahrdraht über eine Schwinge hatte AEG bereits bei der windfesten RZA-Fahrleitung zwischen Camburg und Weißenfels eingebaut (s. 8.1.5.).

Nach Aussagen von E. Rutke ist anzunehmen, daß verschiedene zum Baulos der AEG gehörenden Güterzug- oder Verbindungsstrecken dieselbe Bauart erhielten, insbesondere die Teilstrecke Halle (Saale) - Großkorbetha, auf der bis Kriegsende kein elektrischer Regelzugbetrieb mehr zustande kam, lediglich Anfang 1945 ein elektrischer Probetrieb (s. 2.4.). Berichte über Meßfahrten liegen nicht vor.

9.6. Umbaufahrleitung 1942

Bei der Einführung zum Lehrgang 1942 betont H. Nibler⁵⁷: "Ein weiteres wichtiges Problem ist die Vereinheitlichung der Bauarten und vor allem der Einzelbauteile durch allgemeine Einführung der Regelbauteile. Auch diese Maßnahme ist kriegswichtig und liegt im Zuge der allgemeinen Bestrebungen nach Typenbereinigung." A. Mosler⁵⁸ spricht in seinem Vortrag über Fahrleitungsstörungen unter anderem über Seitenhalter. Im Jahre 1941 waren 14 Prozent aller gemeldeten Störungen durch Bügelanschlag ausgelöst worden. Diese Störungen erwiesen sich besonders wegen ihres Umfanges und der langen Störungsdauer des Zugbetriebes als gefährlich, denn in der Regel wurde hierbei das Kettenwerk mit Seitenhaltern abgerissen, Ausleger und Quertragwerk beschädigt.

Z 9.6./1

Unter den Verbesserungsvorschlägen nennt der Referent zunächst regelmäßige gründliche Untersuchungen, wobei besonders die Seitenhalterlage nachzuprüfen und zu berichtigen ist. "Noch besser ist der Ausbau der bisherigen Seitenhalter und ihr Ersatz durch Seitenhalter mit Fahrdrahtabzug nach der Zeichnung Ezs 1001." Diese Zeichnung ist in der Handausgabe von 1947 enthalten.⁵⁹

Das Kettenwerk mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht erhält am Stützpunkt ein 12 m langes Y-Beiseil, woran unter Verwendung von Bauteilen der Fahrleitung Bauart 1942 über ein Stützrohr ein grundsätzlich auf Zug liegender anschlagsicherer Leichtbau-Seitenhalter mit einer Windsicherung in der Geraden und bei Gleiskrümmungen von mehr als 1700 m Radius angebracht wird. Weiter sind Fahrdraktkreuzungen nachzuregeln, Näherungen in Kreuzungen umzubauen, die Weichenbespannung mit wechselseitiger Aufhän-

⁵⁷ Lehrgang 1942, S. 5.

⁵⁸ Lehrgang 1942, S. 88 ff.

⁵⁹ Zeichnung Ezs 1001 Ausgabe vom März 1942.

hängung der Fahrdrähte zu verwirklichen und allgemein harte Stellen zu beseitigen.

Die Literatur und bahninterne Publikationen geben keinerlei Hinweise, ob von 1942 bis 1945 Teilstrecken des vorhandenen elektrifizierten Netzes in dieser Weise tatsächlich umgebaut worden sind. Aus dem Textzusammenhang des Vortrags von A. Mosler ergibt sich, daß die Fahrleitungsmeistereien diesen Umbau durchführen sollten. Da zu jenem Zeitpunkt noch keine Zeichnung für den Umbau des Stützpunkts im Quertragwerk vorlag und die Fahrleitungsmeistereien während des Zweiten Weltkrieges mit dem behelfsmäßigen Wiederaufbau gestörter Fahrleitungen genug zu tun hatten, ist es unwahrscheinlich, daß damals, abgesehen vom Umbau von Fahrdrahtnäherungen in Fahrdrahtkreuzungen, die Stützpunkte selbst geändert wurden.

10. Einfach-Fahrleitungen

Der Kapitalaufwand der Fahrleitungsanlagen an den Gesamtkosten der Elektrifizierung einer hochbelasteten Eisenbahnstrecke mit 15 kV 16 2/3 Hz beträgt nach dem von A. Ganzenmüller erstellten "Gutachten über die Wahl des Stromsystems für die Elektrisierung von Fernbahnen"¹ etwa 9,8 Prozent, 1951 spricht Th. Vogel² von 9 bis 12 Prozent, 1953 nennt die DB hierfür einen Anteil von 11,2 Prozent.³ Mag dieser Anteil relativ niedrig erscheinen, ergeben sich absolut ansehnliche Beträge. Rechnet das "Ganzenmüller-Gutachten"⁴ je Gleiskilometer der freien Strecke mit 9 100 RM, sind es für das Hauptgleis im Bahnhof 14 200 RM. Zum Vergleich sei angeführt, daß dasselbe Gutachten für die Baureihe E 18 mit einem Stückpreis von 417 000 RM rechnet, für die E 44 mit 307 000 RM und die E 94 mit 462 000 RM. Schon in den Anfängen des elektrischen Vollbahnbetriebes versuchte man, den Kapitalaufwand für Fahrleitungsanlagen durch die Verwendung von Einfach-Fahrleitungen zu vermindern.

10.1. Tragseillose Fahrleitung

- 1925 Bw München Hbf
- 1933 Bw Ulm Hbf
- 1934 Großweißandt, Übergabebahnhof
(an der Strecke Magdeburg - Halle)
- 1935 Bw Nürnberg Hbf
- 1937 Bf Ittersbach (2. Elektrifizierung)
- 1937 Geislingen (Steige) - Geislingen-Altenstadt
- 1965 Bronnzell - Welkers (vorübergehend)

Über die Verwendungsmöglichkeit der tragseillosen Fahrleitung bei Vollbahnen äußert sich die Literatur unterschiedlich. R. Baecker⁵ führt in einer Betrachtung über den Stand des elektrischen Vollbahnbetriebes im Jahre 1916 aus, daß die Straßenbahnfahrleitung wegen der Steifheit des ganzen Systems und der hohen Beanspruchung des Fahrdrachts an den Befestigungsstellen für Vollbahnen nicht geeignet ist. Nach E. E. Seefehlner⁶ sind bei hohen Leistungen, hohen Spannungen und gegebenenfalls höheren Geschwindigkeiten die verhältnismäßig geringen Spannweiten und dementsprechend große Zahl der Stützpunkte und damit Isolatoren, weiter der Durchhang der Einfach-Fahrleitung unerwünscht. "Weiter verlangt die öffentliche Sicherheit, daß der Bestand der Leitung nicht einem in bezug auf

¹ EB, 20 (1944), Eh. S. 138.

² Die Eisenbahn in der technischen Entwicklung, Düsseldorf o. J., S. 74

³ EB, 24 (1953), S. 275.

⁴ EB, 20 (1944), Eh. S. 136 ff.

⁵ ZÖIAV, 68 (1916), S. 632.

⁶ Elektrische Zugförderung, Berlin 1922, S. 89.

Bruchlast verhältnismäßig minderwertigen Baustoff - Kupfer - anvertraut wird." K. Sachs⁷ formuliert im Zusammenhang mit der Einfachfahrleitung bereits allgemeiner: "Bei Vollbahnen ist es daher unerlässlich, den Fahrdraht derart aufzuhängen, daß er unter allen Verhältnissen, d. h. möglichst unabhängig von der Temperatur nahezu immer horizontal verläuft, ohne stark ausgeprägte Knickpunkte an den Stützpunkten aufzuweisen."

Während sich die Vorläufigen Fahrleitungsvorschriften 1924 und die Fahrleitungsvorschriften 1926 (s. 5.1.) über Einfach-Fahrleitungen ausschweigen, notiert die Fahrleitungsvorschrift 1931 (s. 6.1.) ausdrücklich: "Bei Privatan-schlußgleisen und sonstigen untergeordneten Gleisen, die mit einer Geschwindigkeit von höchstens 20 km/h befahren werden, kann auf das Tragseil verzichtet werden."⁸

G. Naderer⁹ notiert: "Bei Fernbahnen kommt diese Bauweise, die für Klein- und Straßenbahnen die Regel bildet, nur in Ausnahmefällen über Gleisen von geringer Betriebs- und Verkehrsbedeutung in Frage, so vor Lokomotiv- oder Triebwagenschuppen, untergeordneten Verladeanlagen usw." A. Mosler¹⁰ ergänzt: "Bei der Deutschen Reichsbahn werden solche primitiven Fahrleitungen hier und da, so z. B. bei manchen Anschlußgleisen, Zufahrten zu Schuppen oder dergl. verwendet."

Im Jahre 1905 hatte die mit zunächst 40 km/h befahrene Lokalbahn Murnau - Oberammergau größtenteils eine tragseillose Fahrleitung mit festem Fahrdraht für Betrieb mit 5,5 kV 16 Hz erhalten (s. 3.2.1.). Von Betriebsaufnahmen ist bekannt, daß von 1916 an verschiedene Bahnbetriebswerke mit Ringhalle über der Drehscheibe eine als "Stern" bezeichnete Überspannung mit festem Fahrdraht erhielten, so Freilassing, Rosenheim, Augsburg oder Nürnberg Rbf; lediglich den Fahrdraht des Zufahrtsgleises spannte man einseitig nach und hängte diesen an einem festen Tragseil auf.

G. Naderer¹¹ weist darauf hin, daß man die Fahrleitungen der Gleise vor dem Schuppen des Bw München Hbf in vereinfachter Form ohne Tragseil ausführte. Nach Fotos hängte man den festen Fahrdraht an einem aus spannungsführendem Quertragseil und Richtseil bestehenden Quertragwerk auf, wobei man Bauteile einer Straßenbahn-Fahrleitung verwendete. Noch deutlicher sieht man dies an der Überspannung eines von G. Naderer¹² nicht näher bezeichneten Privatan-schlußgleises bei Garmisch-Partenkirchen.

⁷ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 160.

⁸ EB, 9 (1933), S. 50.

⁹ EB, 17 (1941), Eh. S. 69.

¹⁰ Lehrgang 1942, S. 28.

¹¹ EB, 4 (1928), S. 284.

¹² GA, 101 (1927), Sh. S. 203.

F 10.1./2 Zuletzt verwirklichte man die tragseillose Fahrleitung mit festem Fahrdraht auf einer Schmalspurbahn. Als im Jahre 1937 die DEBG die meterspurige Teilstrecke Busenbach - Ittersbach der Albtalbahn erneut mit 8,8 kV 25 Hz elektrifizierte (s. 7.7.), erhielt der Endbahnhof Ittersbach eine Einfachfahrleitung.

F 10.1./1 Bei den entsprechend der Fahrleitungsvorschrift 1931 erstellten Anlagen mit tragseilloser Fahrleitung verwendete man genormte Bauteile und nachgespannten Fahrdraht. Bei den Quertragwerken der Fahrleitung über der Gleisgruppe vor der Rechteckhalle des Bw Ulm Hbf hängte man im Regelquerfeld den Fahrdraht über 2 Hänger beidseits des unteren Richtseils an einem Stabisolator unterhalb des oberen geerdeten Richtseils auf, sonst vereinfacht an einem aus 2 geerdeten Quertragseilen und einem spannungsführenden Richtseil bestehenden Quertragwerk. Diese heute noch bestehende Anlage erwähnt die Literatur nicht.

Holz¹³ beschreibt die für den Übergabebahnhof zu einer Industriebahn in Großweißandt (zwischen Magdeburg und Halle) gewählte Anordnung. Die Quertragwerke des dreigleisigen Übergabebahnhofs weisen jeweils ein spannungsführendes Quertragseil und ein spannungsführendes Richtseil mit Seitenhaltern auf. Mit Rücksicht auf die Bewegungsmöglichkeit des Fahrdrahts sind die Hänger beim Stützpunkt unten gabelförmig ausgebildet. Anstelle von Stahlmasten verwendete man hier solche aus Holz.

Bei der Überspannung der Gleisgruppe vor der Rechteckhalle des Bw Nürnberg Hbf im Jahre 1935 verwendete man im Querfeld die beim Bw Ulm Hbf montierte Bauart, bei Auslegerstützpunkten hängte man den Seitenhalter über einen Hänger am Stabisolator des Schrägauslegers auf. Auch hierüber finden sich in der Literatur keine Angaben.

F 10.1./3 Im Jahre 1937 elektrifizierte man die 3,1 km lange Teilstrecke Geislingen (Steige) - Geislingen-Altenstadt der eingleisigen Nebenbahn Geislingen (Steige) - Wiesensteig zum Anschlußbahnhof Staufenstolln der Gute-Hoffnungs-Hütte. B. Boehm¹⁴ notiert hierzu: "Die mit einer Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h nur sehr schwach befahrene Strecke wurde mit einer tragseillosen Einfachfahrleitung und Holzmasten ausgerüstet." Nach Fotos verwendete man Holzmasten nur auf der freien Strecke, wobei man den Seitenhalter ähnlich wie bei der von R. Dahlander¹⁵ beschriebenen Versuchsanlage der Schwedischen Staatsbahnen für elektrischen Betrieb über ein Spitzenankerrohr am Mast festlegte. Im Bahnhof Geislingen-Altenstadt baute man ähnlich wie in Großweißandt Quertragwerke mit spannungsfüh-

¹³ EB, 11 (1935), S. 20 f.

¹⁴ DB, 30 (1956), S. 1137.

¹⁵ EKB, 4 (1906), S. 77 ff., 419 f.; EKB, 6 (1908), S. 370 ff.

rendem Quertragseil und spannungsführendem Richtseil ein, jedoch an Stahlmasten. Die Nachspannung mit Hebelspannern erfolgte zweifeldrig, Streckentrenner ersetzen Streckentrennungen. In der Mitte einer Nachspannlänge legte man den Fahrdraht in einem zweifeldrigen Festpunktfeld an einem Ankerseil fest. Nachdem man noch um 1958 die Holzmasten durch solche aus Stahl ersetzt hatte, war die Fahrleitungsanlage nach der Stilllegung der Gute-Hoffnungs-Hütte im Jahre 1963 entbehrlich geworden; man baute sie im darauffolgenden Jahr ab. Kurz darauf installierte die DB bei der vorübergehenden Elektrifizierung einer Nebenbahn erneut eine tragseillose Fahrleitung.

Nach Beisiegel¹⁶ errichtete man im Frühjahr 1965 für den Bau einer Bundesautobahn in Welkers eine Großumschlagstelle für Baumaterialien. Da ein bis eineinhalb Jahre arbeitstäglich bis zu 7000 t Kies aus dem Raum Eschwege angefahren werden sollten, waren jeden Arbeitstag 6 Kieszüge von bis zu 1600 t bespannt mit einer Lokomotive der Baureihe E 50 nach Welkers zu fahren. Durch eine vorübergehende Elektrifizierung der 6 km langen Teilstrecke Bronnzell - Welkers der Nebenbahn Bronnzell - Gersfeld (Röhn) mit zahlreichen Krümmungen und Steigungen bis 16,7 Promille ließen sich die Zugförderungskosten erheblich senken. Da die Höchstgeschwindigkeit der Züge auf diesem Streckenabschnitt unter 50 km/h bleibt, konnte man eine als "Einfachst-Fahrleitung" bezeichnete tragseillose Fahrleitung verwenden, die man zum großen Teil an den von G. Gscheidle¹⁷ näher beschriebenen Pioniermasten aufhängte. Auf der freien Strecke ähnelt der Stützpunkt grundsätzlich jenem zwischen Geislingen (Steige) und Geislingen-Altenstadt, im Bahnhof Welkers überspannte man nur das durchgehende Hauptgleis, wodurch Quertragwerke entfielen. Nach Mitteilung der Flm Fulda erhielten Bahnübergänge festes Tragseil wie bei der Regeloberleitung der DB für 75 km/h. Die Nachspannung war zweifeldrig ausgebildet, Streckentrenner ersetzen Streckentrennungen. Diese Anlage bestand von Oktober 1965 bis zum Abbau im Juni/Juli 1968.

Nach K. Bauermeister¹⁸ sollte die Erprobung dieser Einfachfahrleitung auch der Kostensenkung im Zusammenhang mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen des Zugförderungsdienstes dienen. G. Manz¹⁹ sieht in dieser Bauart die Grundlage einer kostengünstigen Sekundär- oder Flächenelektrifizierung. Tatsächlich verwendet die DB die tragseillose Fahrleitung nur bei äußerst knappen Lichtraumverhältnissen unter Überbauten, so bei der von H. D. Schäfer und E. Meyer zur Heyde²⁰ beschriebenen Fahrdrahtaufhängung unter dem Kreuzungsbauwerk Osnabrück.

¹⁶ EB, 37 (1966), S. 49.

¹⁷ EB, 25 (1954), S. 283 f.

¹⁸ EB, 37 (1966), S. 104 f.

¹⁹ DB, 40 (1966), S. 893 ff.

²⁰ EB, 42 (1971), S. 222 ff.

Schließlich sei darauf hingewiesen, daß das RZA München während des Zweiten Weltkrieges nach zahlreichen im Zeichnungs-Verzeichnis 1947 aufgeführten Zeichnungen intensiv an einer tragseillosen Fahrleitung bzw. einer Fahrleitung mit 15 kV-Oberleitungsstromschiene für die S-Bahn München arbeitete; hier ist keine dieser Zeichnungen erhalten geblieben. Auch finden sich hierüber in der Versuchsanstalt München keine Berichte, obwohl im Zeichnungs-Verzeichnis 1947 von Versuchsanordnungen die Rede ist.

10.2. Tragseilarme Fahrleitung

10.2.1. Kriegszerstörungen und behelfsmäßiger Wiederaufbau

1942 Stuttgart Hbf (Bahnsteigbereich)
1943 Bw München Hbf
1944 Attnang-Puchheim, Umspanngruppe
1945 Ulm Hbf

Nach E. Kreidler²¹ bereiteten die ersten beiden Phasen des Luftkrieges bis Ende März 1942 dem Eisenbahnbetrieb verhältnismäßig geringe Schwierigkeiten. Während der dritten Phase bis Ende 1942 kam es zu massierten Bombenabwürfen auf Eisenbahnanlagen, jedoch erst die vierte Phase des Luftkrieges mit wesentlich gesteigerter Intensität der Einflüge zur Vernichtung militärischer und industrieller Anlagen sowie die Zerstörung des Verkehrssystems beeinträchtigten den Eisenbahnbetrieb in den systematisch bombardierten betrieblichen Schwerpunkten fühlbar, erst recht in der fünften und letzten Phase des Luftkrieges ab Juni 1944 bis Kriegsende.

B. Boehm²² beschreibt die Auswirkungen der Luftangriffe auf die elektrifizierten Bahnanlagen im Württemberg näher: Beim Bombenangriff auf den Hauptbahnhof Stuttgart vom 22.11.1942 waren dessen Bahnhofshallen in Flammen aufgegangen und die gesamte Fahrleitungsanlage zerstört worden. Bereits nach wenigen Tagen konnte der elektrische Vorortsbetrieb wieder aufgenommen werden, indem auf den stehengebliebenen Stahlbetonstützen eine tragseilarme Einfach-Fahrleitung aufgehängt wurde. "Den zunehmenden, fast jede Nacht erfolgenden Angriffen konnte nur durch eine umfangreiche Schulung der Fahrleitungsmannschaften in der möglichst raschen Wiederherstellung der beschädigten Anlagen ... einigermaßen begegnet werden." Entsprechend dem skizzierten Verlauf des Luftkrieges konnte hiervon weder bei der Dezernenten-Tagung 1941 noch beim Lehrgang 1942 in München die Rede sein.

²¹ Die Eisenbahnen im Bereich der Achsenmächte während des Zweiten Weltkrieges, Göttingen 1975, S. 217 ff.

²² DB, 30 (1956), S. 1137 ff.

Im August 1944 gab das RZA München "Richtlinien für behelfsmäßigen Wiederaufbau gestörter Fahrleitungen, sowie für Maßnahmen zur Vereinfachung und Sicherung der Fahrleitung"²³ heraus, die auf nicht näher bezeichneten und datierten Richtlinien Ezs 1004 und Ezs 1006 aufbauen. Unter den Maßnahmen zur Sicherung vorhandener Fahrleitungen sind vor allem die Unterteilung größerer Querspannweiten, eine einfache und übersichtliche Anordnung und Führung der Kettenwerke und die Unterteilung der Fahrleitungsanlagen in Schaltgruppen nach den betrieblichen Erfordernissen zu nennen.

Z 10.2.1./1
Z 10.2.1./2
Z 10.2.1./3
Z 10.2.1./4
Z 10.2.1./5
Z 10.2.1./6

Über eine "Fahrleitung ohne Längstragseil" führen diese Richtlinien aus: "Eine wesentliche Vereinfachung der Fahrleitungsanlage ist die tragseillose Fahrleitung für Nebengleise in Bahnhöfen, die mit geringen Geschwindigkeiten befahren werden. Auf Abstellbahnhöfen, Rangierbahnhöfen können alle Gleise mit tragseilloser Fahrleitung bespannt werden, auf den übrigen Bahnhöfen werden die durchgehenden Hauptgleise und deren Weichenverbindungen wie bisher mit Fahrdraht und Tragseil, alle übrigen Gleise mit Fahrdraht ohne Tragseil ausgerüstet. Bei Streckentrennern ist Tragseil vorzusehen."

Der Stahl- oder KPS-Fahrdraht von 100 mm² (s. 8.1.1.) sollte bei einer höchstzulässigen Spannkraft von 13 kN mit einer zulässigen Längsspannweite von 60 m und einem größten Durchhang von 300 mm bei Einzelstützpunkten am Schrägausleger aufgehängt werden, "damit der spätere Einbau des Tragseiles möglich ist." Etwa 500 mm beidseits des Seitenhalters, damit einer Basislänge von 1 m, ist der Fahrdraht mittels Hänger am Isolator aufzuhängen, beim Festpunkt mit zweifeldrigem Festpunktfeld ersetzt ein 10 m langes Beiseil von 50 mm² diese Hänger.

Bei Querseilaufhängung sah man für einfache Verhältnisse ohne Schaltgruppen 2 spannungsführende Quertragseile für die Aufhängung der Beiseile und ein Richtseil für die Seitenhalter vor. Sofern mehrere Schaltgruppen vorgesehen waren, hängte man die Beiseile jeweils über einen Stabisolator an den beiden geerdeten Quertragseilen auf. In beiden Fällen befestigte man das Beiseil jeweils 1 m beidseits des Stützpunkts am Fahrdraht.

Von Fotos ist bekannt, daß Ende November 1942 der Bahnsteigbereich des Hauptbahnhofs Stuttgart eine solche Fahrleitung mit verlängerter Basislänge und direkter Aufhängung des Seitenhalters am Hängeisolator erhielt, weiter die Gleisgruppe vor dem Bw München Hbf nach dem Bombenangriff vom 9./10.03.1943. Vermutlich 1944 erhielt der Bahnhof Attnang-Puchheim eine viergleisige Umspanngrupe mit einer tragseilarmen Fahrleitung an Holzmasten entsprechend den Richtlinien Ezs 1007; bei der Elektrostreckenleitung

F 10.2.1./1
F 10.2.1./2

²³ Richtlinien Ezs 1007 Ausgabe vom August 1944.

Linz sind hierüber keinerlei Unterlagen mehr vorhanden. Nach B. Boehm²⁴ baute man auch im Hauptbahnhof Ulm eine verbesserte Einfach-Fahrleitung ein, "nachdem erwiesen war, daß sich auch bei Geschwindigkeiten über 60 km/h keinerlei Schwierigkeiten ergaben." Die Flm Ulm weiß zu ergänzen, daß man nach den Bombenangriffen vom Dezember 1944 und Februar 1945 die Nebengleise von Ulm Hbf in dieser Weise behelfsmäßig überspannte, während die durchgehenden Hauptgleise eine Fahrleitung mit Tragseil erhielten. Vermutlich baute man während des Zweiten Weltkriegs beim Wiederaufbau gestörter Fahrleitungen noch in anderen Bahnhöfen diese Einfach-Fahrleitung ein; mangels Unterlagen sind hierüber keine Aussagen möglich.

Während man im Bahnsteigbereich von Stuttgart Hbf diese Kriegsbauart Anfang der siebziger Jahre durch die Regelerleitung der DB ersetzte, besteht sie heute noch vor der Rechteckhalle des Bw München Hbf.

10.2.2. Fahrleitung System Boehm

- 1949 Stuttgart-Bad Cannstatt - Waiblingen
- 1949 Stuttgart-Untertürkheim Pbf - Abzw. Kienbach
(- Waiblingen)
- 1950 Bietigheim - Ludwigsburg (Berggleis)
- 1952/53 Bf Oberammergau (Umbau)
- 1956 Verbindungsgleis Stuttgart Nord
- 1958 Bf Darmstadt-Kranichstein
- 1958 Frankfurt (Main) Eilgutbf
- 1959 Frankfurt (Main) Hauptgüterbf
- 1960 Bf Überherrn
- 1960/62 Stuttgart-Untertürkheim Pbf - Stuttgart Hafen
- 1962 Bf Leverkusen-Schlebusch
- 1966 Neunkirchen (Saar) Gbf
- 1966 Hamburg-Wilhelmsburg Rbf
- 1968 Bochum-Langendreer - Dortmund-Lütgendortmund
- 1968 Minden (Westf) - Bundesbahn-Versuchsanstalt Minden
(Westf)
- 1977 Bf Konstanz, Abstellgruppe

Die Verbilligung von Fahrleitungsanlagen durch Vereinfachungen, insbesondere die als tragseilarme Fahrleitung bezeichnete nachgespannte Einfach-Fahrleitung mit Dreiecksaufhängung, stellt das Lebenswerk des langjährigen Dezerenten 25 bei der BD Stuttgart B. Boehm dar, der aufbauend auf der Einfach-Fahrleitung nach den Richtlinien Ezs 1007 des RZA München eine gegenüber der Einheitsfahrleitung in jeder Hinsicht wirtschaftlichere Bauart schaffen wollte. Da B. Boehm seine Ansichten im Schrifttum häufig dargelegt hat, sei bei den nachfolgend genannten Aufsätzen dieses Verfassers auf die Namensnennung verzichtet.

²⁴ EB, 37 (1966), S. 172.

M. Süberkrüb²⁵ weist darauf hin, daß die dreiecksförmige Aufhängung bereits 1907 bekannt war und unterscheidet die Bauart Boehm von den unabhängig davon entstandenen Einfach-Fahrleitungen mit Dreiecksaufhängung und kleiner Bauhöhe (Schwebeaufhängung) bzw. mit Dreiecksaufhängung und großer Bauhöhe (Kölner System); letztgenannte Bauart beschreibt E. Trauschel²⁶. Eine Stellungnahme von B. Boehm mit zugehöriger Erwiderng von E. Trauschel²⁷ läßt die unterschiedlichen Konzeptionen deutlich erkennen.

Im Frühjahr 1949 hatte das Land Württemberg für die mit 1,6 Millionen DM veranschlagten Elektrifizierungskosten der Strecke Bad Cannstatt - Waiblingen einen Kredit von 1,0 Millionen DM gewährt.²⁸ Deshalb entschloß man sich dazu, "beim Bau der Fahrleitungsanlage den Versuch mit einer vereinfachten Bauweise zu machen, in der Hoffnung, sowohl beim Bau als auch in der laufenden Unterhaltung zu sparen."

Die ED Stuttgart hatte im Sommer 1948 zwischen Neckartailfingen und Bempflingen der Strecke Plochingen - Tübingen zwei Nachspannlängen über 2,87 km von der Einheitsfahrleitung 1931 halbwindchief auf die tragseilarme Fahrleitung System Boehm umgebaut. Am 8. und 9.09.1948 führte dort die Versuchsanstalt München mit der Lokomotive E 18 22 bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten Meßfahrten durch.²⁹ Es zeigte sich, daß die Fahrleitung sehr "weich" mit geschwindigkeitsabhängigem Fahrdrahtanhub ist. Insbesondere stellte man bei 75 m Mastabstand und etwa 90 km/h Geschwindigkeit bzw. 58 m Spannweite und 120 km/h Resonanzerscheinungen fest, die man auf den Stromabnehmer SBS 38 mit senkrecht abgefedertem Kohleschleifstück zurückführte. Nach einem weiteren Bericht³⁰ befuhr die E 18 22 am 7.04.1949 erneut diese Strecke, jedoch mit HISE-Stromabnehmern mit Pendelwippe. Gegenüber den ersten Meßfahrten waren die Höhenschwankungen des Stromabnehmers kleiner, auch zeigten sich keine Resonanzerscheinungen mehr. Weiter erwies sich, daß bei Fahrt mit dem hinteren Bügel allein die Amplituden größer sind als bei Fahrt mit 2 Stromabnehmern.

Gemäß Auftrag des RZA München vom 20.09.1948 erstellte die Versuchsanstalt ein 75 m-Versuchsfeld der Fahrleitung mit unterbrochenem Tragseil mit 2 Stützpunkten, um die Länge des Dreieckseiles und die Anzahl und Bauart der Hänger festzulegen, weiter den Windantrieb sowie Veränderungen

²⁵ Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und Düsseldorf 1971, S. 71 ff.; s. auch AEG, 45 (1955), S. 386 f.

²⁶ EB, 27 (1956), S. 258 ff.

²⁷ EB, 29 (1958), S. 214 f.

²⁸ EB, 21 (1950), S. 27 ff.

²⁹ Bericht E 634/1948 aufgestellt am 14.11.1948.

³⁰ Bericht E 101 G/1949 aufgestellt am 1.07.1949.

der Fahrdrahtlage durch Vereisung zu messen, schließlich Abnützungs- und Ermüdungserscheinungen an der Beiseilklemme für Fahrdraht und Seil beim Stromabnehmerdurchgang abzuklären. Der zugehörige Bericht³¹ schließt: "Die Versuchsfahrleitung kann in ihrer jetzigen Länge, besonders im Hinblick auf die Elastizität, nicht das wirkliche Verhalten eines 1000 bis 1500 m langen Nachspannfeldes im Betrieb darstellen."

Z 10.2.2./1
F 10.2.2./2

Auf der zweigleisigen Strecke Stuttgart-Bad Cannstatt - Waiblingen verwirklichte man nach B. Boehm³² sowohl in der Geraden als auch im Gleisbogen eine windschiefe tragseilarme Fahrleitung; in der Geraden mit einer Längsspannweite von 80 ... 93 m und einer Länge des Beiseils von 34 ... 36 m mit 2 beidseits des Stützpunkts angeordneten Hängern. In der Geraden verwendete man ausschließlich Stützpunkte L mit Schrägausleger und angelenktem Seitenhalter, wodurch der Fahrdraht 46 ... 57 m in Gleismitte lag. W. Banzhaf³³ notiert die Berechnungsgrundlagen dieser Fahrleitung.

Während der Elektrifizierungsarbeiten der vorgenannten Strecke führte die Versuchsanstalt München Untersuchungen über "Windabtriebsmessungen mit unterbrochenem Tragseil im Quertragwerk bei verschiedenen Längen des Querfeldhängers"³⁴ durch. Hierbei geht es um einen Vorschlag der ED Stuttgart, bei Querseilüberspannungen auf das obere Richtseil zu verzichten, ohne daß eine Erhöhung des Windabtriebs zu erwarten ist. Es ergab sich, daß sich je nach Hängerlänge die maximale Entfernung des Fahrdrahts von der Gleismitte um 10 cm auf insgesamt 76 cm vergrößert. Nachdem ein weiterer Bericht³⁵ mit einem Windabtrieb von etwa 56 cm für eine Querfeldhängerlänge von 1 m gegenüber den ersten Messungen wesentlich günstigere Ergebnisse geliefert hatte, sah die ED Stuttgart bei den nächsten Elektrifizierungsvorhaben diese Bauart der Querseilaufhängung vor.

F 10.2.2./3

Noch bevor mit der tragseilarmen Fahrleitung System Boehm zwischen Bad Cannstatt und Waiblingen größere Erfahrungen gesammelt werden konnten, beschloß man, bei der Elektrifizierung Ludwigsburg - Bietigheim das "Berggleis" ebenfalls mit dieser Fahrleitung auszurüsten: "Auf der 9,49 km langen dreigleisigen Strecke Ludwigsburg - Bietigheim mit den beiden Bahnhöfen Asperg und Tamm werden für die Weiterführung des elektrischen Vorortbetriebes im wesentlichen die beiden Ferngleise benötigt. Das 3. Gleis, das im allgemeinen nur die Güterzüge der Bergrichtung aufzunehmen hat,

³¹ Bericht E 73 G/1949 aufgestellt am 24.05.1949.

³² EB, 37 (1966), S. 172 f.

³³ EB, 37 (1966), S. 215 ff., 245 f.

³⁴ Bericht E 178 G/1949 aufgestellt am 11.11.1949.

³⁵ Bericht E 200 G/1949 aufgestellt am 10.12.1949.

soll jedoch gleichfalls mit Fahrleitung überspannt werden, um im Störungsfällen ein Ausweichen zu ermöglichen."³⁶

Die ganze Strecke erhielt eine Querseilaufhängung mit 1 oder 2 geerdeten Richtseilen und Hängestützen. Während man für die beiden Ferngleise eine Kettenfahrleitung mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht - halbwind-schief in der Geraden, windschief im Gleisbogen - vorsah, montierte man über dem mit 65 km/h befahrenen in 10 Promille Steigung liegenden Berggleis eine sowohl in der Geraden als auch im Gleisbogen windschiefe tragseilarme Fahrleitung mit verbesserter Zickzackführung, wobei man sowohl die Nachspannung als auch die Streckentrennung dreifeldrig anordnete.³⁷

Inzwischen hatte man nach K. E. Hahn und F. Hilbig³⁸ angesichts der starken Belastung dieser dreigleisigen Strecke beschlossen, den Wechselbetrieb einzurichten, das mittlere Gleis für den elektrischen Vorortverkehr und die beiden äußeren Gleise im Rechtsverkehr vor allem für die Fernzüge vorzusehen. Entsprechend richtete man das Berggleis zunächst für 90 km/h, später für 100 km/h her. Befahren im Schnellzugsdienst bis 1958 Lokomotiven der Baureihen E 17 und E 18 mit 2 angehobenen Stromabnehmern diese Strecke, waren es nach J. Klingensteiner und E. Ebner³⁹ von da an vor allem solche der Reihe E 10 im Einbügelbetrieb.

B. Boehm⁴⁰ beurteilt das dynamische Verhalten der trag- Z 10.2.2./2
seilarmen Fahrleitung Bad Cannstatt - Waiblingen wie Z 10.2.2./3
folgt: "Zusammenfassend kann festgestellt werden: Z 10.2.2./4

- a) bei 64 km/h bestehen auch in den großen Spannweiten keinerlei bedenkliche Erscheinungen oder Schwierigkeiten in der Stromabnahme,
- b) bei 90 km/h ist das dynamische Verhalten ungünstiger als bei 107 km/h,
- c) die Fahrleitung zeigt insgesamt kräftigere Bewegungen als die Normalfahrleitung, bei Geschwindigkeiten bis 107 km/h aber in keinem Fall irgendwelche Schwierigkeiten in der Stromabnahme."

Tatsächlich notiert der zugehörige Meßschrieb bei 107 km/h im 90 m-Feld Spannungsunterbrechungen von 1/5 Halbwellen entsprechend 6 ms. Besonders wird die geringe Abnutzung des Fahrdrahts betont.

Nach einer bahninternen Publikation von A. Mosler⁴¹ konnte Z 10.2.2./5
man auf derselben Strecke bei 100 km/h Spannungsunterbre-

³⁶ EB, 21 (1950), S. 102.

³⁷ EB, 22 (1951), S. 268 ff.

³⁸ ETR, 3 (1954), S. 89 ff.

³⁹ DB, 32 (1958), S. 1099 ff.

⁴⁰ EB, 37 (1966), S. 192.

⁴¹ Die Fahrleitung für elektrisch betriebene Strecken der Deutschen Bundesbahn, München 1953, S. 37, Bild 16b.

chungen bis 14,2 Halbwellen entsprechend 426 ms messen, damit in derselben Größenordnung wie bei der Einheitsfahrleitung 1931 bei 120 km/h. In der für die Öffentlichkeit bestimmten Fassung dieses Aufsatzes⁴² geht der Autor hierauf nicht ein.

Weiter zeigte sich bei den zwischen Stuttgart Hbf und Waiblingen eingesetzten elektrischen Triebzügen eine sehr ungleichmäßige Abnutzung der Schleifleisten zufolge der windschiefen Beiseilverspannung.⁴³

Während B. Boehm⁴⁴ daran dachte, die tragseilarme Fahrleitung für eine wirtschaftlichere Elektrifizierung von Nebenbahnen verwenden zu können, stellen A. Dormann und J. Sailer⁴⁵ fest, daß diese bei Abstellgleisen, Ladegleisen, Anschlußgleisen und über zusammenhängenden Gleisanlagen, bei welchen die Überspannung auf besonderem Mastgestänge möglich ist, Kostenersparnisse bringt. Auch K. Bauermeister⁴⁶ notiert, daß die tragseillose Einfach-Fahrleitung nur unter bestimmten Voraussetzungen zu verwenden ist, wobei er offen läßt, ob er sich auf die tragseillose Fahrleitung im engeren Sinne oder auf die tragseilarme Fahrleitung bezieht. Damit gehen die Aussagen über die Verwendbarkeit der tragseilarmen Fahrleitung in der Literatur bemerkenswert auseinander.

Für die Situation Mitte der sechziger Jahre ist eine in der Fachliteratur unübliche Vorbemerkung der Schriftleitung der Zeitschrift Elektrische Bahnen zu einem längeren Aufsatz von B. Boehm⁴⁷ charakteristisch, worin diese betont, "daß der Verfasser hier seine persönliche Auffassung zum Ausdruck bringt, die nicht in allen Punkten mit der Auffassung sonstiger Fachleute des Fahrleitungsbaus übereinstimmt."

Zwar kann B. Boehm⁴⁸ notieren, daß 1966 etwa 209 km Vollbahngleise mit der tragseilarmen Fahrleitung ausgerüstet waren, und zwar 115 km bei der BD Stuttgart, 30 km bei der BD Saarbrücken, 61 km bei der BD Frankfurt und 3 km bei der BD München, doch handelt es sich außerhalb der BD Stuttgart nur um mit niedrigen Geschwindigkeiten befahrene Gleise, so den von R. Wagner⁴⁹ beschriebenen Systemwechselbahnhof Überherrn im Mittelteil. Darüber hinaus vermerkt M. Heidinger⁵⁰ über den elektrischen Zugbetrieb im Saarland lediglich: "Zum Teil wurde tragseillose Fahrlei-

F 10.2.2./4

⁴² EI, 5 (1954), S. 32 ff.

⁴³ EB, 37 (1966), S. 193.

⁴⁴ GA, 91 (1967), S. 401 ff.

⁴⁵ GA, 88 (1964), S. 63.

⁴⁶ ETR, 16 (1967), S. 212.

⁴⁷ EB, 37 (1966), S. 171.

⁴⁸ EB, 37 (1966), S. 173.

⁴⁹ EB, 31 (1960), S. 110 ff.

⁵⁰ EB, 38 (1967), S. 104.

tung verwendet ...", wobei die tragseilarme Bauart gemeint ist. Die übrigen aufgelisteten Ausrüstungen beruhen auf Angaben der betreffenden Bundesbahndirektionen.

Außerhalb des Netzes der DB elektrifizierten verschiedene Zechenbahnen im Ruhrgebiet ihre Strecken mit diesem System, so nach H. Freidhofer⁵¹ die Rheinstahl-Bergbau AG, Bottrop, ebenso nach W. Stolze und K. J. Maiss⁵² die Hibernia AG.

Die uneinheitliche Bewertung der tragseilarmen Fahrleitung System Boehm läßt sich nur aus den unterschiedlichen Betriebszuständen der einzelnen elektrifizierten Strecken erklären. Deshalb ist es erforderlich, hier etwas weiter auszuholen. Nach der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes zwischen Bad Cannstatt und Waiblingen im Jahre 1949 befuhren nach B. Boehm⁵³ täglich 93 Dampf-, 6 Dieselezüge und 35 Elektrozüge mit höchstens 85 km/h diese Strecke, darüber hinaus schob man nach Unterlagen der BD Stuttgart verschiedene schwere Eil- und Personenzüge zwischen Bad Cannstatt und Waiblingen mit Elektrolokomotiven nach. Nach der Elektrifizierung der Strecke Waiblingen - Schorndorf im Jahre 1962 führte man sämtliche Personenzüge und die meisten Eilzüge zwischen Stuttgart Hbf und Schorndorf elektrisch, lediglich die durchgehenden D- und Eilzüge der Relation Stuttgart - Nürnberg mit Dampf- oder Diesellokomotiven. Die Überspannung der Strecke Waiblingen - Backnang im Jahre 1965 führte dort zu einer entsprechenden Bespannungsregelung. Dadurch vervielfachte sich zwischen Bad Cannstatt und Waiblingen die Anzahl der täglichen Stromabnehmerdurchgänge von 1962 an.

Die tragseilarme Fahrleitung auf dem Berggleis zwischen Bietigheim und Ludwigsburg wurde schon früher wesentlich stärker befahren und damit abgenutzt. Nach der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes im Jahre 1950 befuhren nach B. Boehm⁵⁴ zunächst nur die Vorortstriebwagen diese Strecke elektrisch. Nach einer Elektrifizierungsfestschrift⁵⁵ konnte man nach Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes bis Mühlacker im Herbst 1951 mehr als die Hälfte aller Züge zwischen Mühlacker und Stuttgart elektrisch fahren.

Die weitere Entwicklung läßt sich den bis 1971 alljährlich erschienenen Aufsätzen von J. Klingensteiner und E. Ebner über den Zugförderungsdienst der DB entnehmen. Ab Sommerfahrplan 1952 führte man mit Ausnahme des "Orient-Express" alle Schnellzüge von bzw. nach Karlsruhe, sämtli-

⁵¹ EB, 40 (1969), S. 66 ff.

⁵² EB, 41 (1970), S. 15 ff.

⁵³ EB, 37 (1966), S. 192.

⁵⁴ EB, 21 (1950), S. 102.

⁵⁵ Elektrisierung Mühlacker - Bruchsal. Festschrift zur Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes am 22. Mai 1954, Karlsruhe und Stuttgart 1954, S. 3.

che Personenzüge und einen Teil der Güterzüge zwischen Mühlacker und Stuttgart bzw. Kornwestheim elektrisch, weitere mit Dampflok geführte schwere Güterzüge Mühlacker - Kornwestheim erhielten Ellokvorspann.⁵⁶ Der Fahrplanwechsel des folgenden Jahres brachte darüber hinaus für einen Teil der Schnellzüge von bzw. nach Heidelberg und weitere Güterzüge das Umspannen auf Ellok, alle übrigen Güterzüge erhielten in Bergrichtung Ellokvorspann.⁵⁷ Das Fahrplanjahr 1954/55 ermöglichte die Weiterführung des elektrischen Zugbetriebes bis Bruchsal, wo man die meisten Schnellzüge, einen Teil der Personenzüge nach Mühlacker und sämtliche Güterzüge auf Ellok umspannte.⁵⁸ Mit der Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes von Bruchsal bis Heidelberg im folgenden Jahr fuhren alle Züge dieser Relation zwischen Heidelberg und Stuttgart elektrisch.⁵⁹ Von 1958 an konnte mit der Überspannung der Strecke Karlsruhe - Mühlacker das letzte F-Zugpaar dieser Relation mit Ellok fahren. Die Elektrifizierung Bietigheim - Heilbronn Hbf zum Sommerfahrplan des Jahres 1959 führte zunächst zur elektrischen Zugförderung des Bezirksverkehrs, der Winterfahrplan 1959/60 weist auch für alle Fernzüge der Relation Würzburg - Stuttgart in Heilbronn Hbf die betrieblich erforderlichen Aufenthaltszeiten für das Umspannen auf. Damit fuhren von diesem Zeitpunkt an alle Regelzüge - von Diesel-Schnelltriebwagen abgesehen - zwischen Bietigheim und Stuttgart elektrisch.

Ansich haben diese Details aus dem Betriebsmaschinendienst nichts mit Fahrleitungsanlagen zu tun, doch wird durch diese Angaben die unterschiedliche Bewertung der tragseilarmen Fahrleitung System Boehm verständlich. Solange die genannten Strecken täglich nur von einer begrenzten Anzahl elektrischer Vororttriebwagen mit relativ geringer Höchstgeschwindigkeit befahren wurden, hielt sich der Fahrdrahtverschleiß in Grenzen. Der zunehmende Verkehr elektrisch geführter schnellfahrender Reisezüge - ab 1958 dazu im Einbügelbetrieb - beschleunigte die Abnutzung.

Der Anlaß zur Normalisierung der Fahrleitungen der BD Stuttgart war eine Fahrleitungsstörung. Nach Mitteilung der BD Stuttgart kam es um 1963 bei Bempflingen zu einem Kurzschluß, der vom Leistungsschalter des Unterwerks Plochingen nicht abgeschaltet wurde, wodurch längere Zeit eine Stromstärke von etwa 1500 A durch die Fahrleitung floß. Als Folge glühte sowohl der Fahrdraht der zwischen Neckartailfingen und Bempflingen versuchsweise eingebauten tragseilarmen Fahrleitung als auch das aus 50 mm² Stahltragseil und auf etwa 80 mm² abgefahrenen Kupferfahrdrat bestehende Kettenwerk des einen Gleises zwischen Wendlingen und Bempflingen aus; bei allen Hebelspannern hingen

⁵⁶ DB, 26 (1952), S. 360.

⁵⁷ DB, 27 (1953), S. 717 f.

⁵⁸ DB, 28 (1954), S. 792 ff.

⁵⁹ DB, 29 (1955), S. 672 f.

die Gewichte herunter. Dagegen zeigte das bereits erneuerte Kettenwerk Plochingen - Wendlingen mit 50 mm² Bronze-Tragseil und 100 mm² Kupferfahrdraht keinerlei Schäden. B. Boehm stimmte zu, bei der Schadensbehebung zwischen Wendlingen und Bempflingen die Fahrleitung zu normalisieren.

Dies gab den Anlaß, die vor allem an der Beiseilklemme für Fahrdraht und Seil extrem abgenutzte Fahrleitung im Berggleis zwischen Bietigheim und Ludwigsburg zu erneuern, um die Betriebssicherheit zu gewährleisten. Hierfür wählte man mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht unter Beibehaltung der Stützpunkte dieselbe Bauart wie auf den beiden anderen Streckengleisen. Diesem Anfang 1964 abgeschlossenen Bauvorhaben folgte der Neubau der in ähnlich desolatem Zustand befindlichen Fahrleitung Bad Cannstatt - Waiblingen auf die Regeloberleitung für 100 km/h (s. 11.3.3.) bis 1965, da nahezu alle Masten neu gegründet werden mußten. Damit war die tragseilarme Fahrleitung System Boehm von allen Streckengleisen der BD Stuttgart verschwunden. Da B. Boehm am 1.10.1964 in Ruhestand ging, mußte er diese Um- bzw. Neubauten noch selbst planen und teilweise durchführen.

Im Zusammenhang mit dem Ausbau der S-Bahn Stuttgart brachte der von J. Wedler⁶⁰ beschriebene viergleisige Ausbau der Strecken Bietigheim - Ludwigsburg und Bad Cannstatt - Waiblingen im Jahre 1981 einheitlich die Regeloberleitung für 160 km/h (s. 11.3.1.), womit die letztgenannte Strecke in etwa 30 Jahren dreimal eine neue Fahrleitung erhielt.

Damit ist die Aussage von B. Boehm⁶¹ "Die tragseillosen Fahrleitungen auf den Strecken Stuttgart-Bad Cannstatt - Waiblingen und Ludwigsburg - Mühlacker haben sich ebenfalls bewährt und zu keinen baubedingten Störungen Anlaß gegeben." - zwischen Bietigheim und Mühlacker war die genannte Bauart nur in Nebengleisen vorhanden - unter den besonderen betrieblichen Bedingungen gewisser elektrifizierter Strecken im Großraum Stuttgart Anfang der fünfziger Jahre zu sehen. Die Einführung des vollen elektrischen Zugbetriebes auf den genannten Strecken Mitte der fünfziger bis Mitte der sechziger Jahre ließ die Schwachstellen der tragseilarmen Fahrleitung System Boehm offenkundig werden. Anlässlich des 50jährigen elektrischen Zugbetriebes im Direktionsbezirk Stuttgart stellt D. Walz⁶² fest: "Heute haben die genannten Oberleitungssonderkonstruktionen der Einheitsfahrleitung 1950 auf sämtlichen Haupt- und Nebenabfuhrstrecken Platz gemacht. Vorherrschend ist die "Regelfahrleitung 160", die bis 160 km/h statisch und dynamisch allen Anforderungen genügt."

⁶⁰ DB, 57 (1981), S. 681 ff.

⁶¹ DB, 30 (1956), S. 1142.

⁶² DB, 59 (1983), S. 382.

Letztmals baute man bei der DB im Jahre 1968 auf dem nur von Güterzügen befahrenen Streckenabschnitt Bochum-Langendreer - Dortmund-Lütgendortmund eine Einfach-Fahrleitung auf freier Strecke ein; nach Mitteilung der BD Essen handelte es sich hier um eine tragseilarme Fahrleitung mit 2 m Beiseil. Das BZA München teilt hierzu mit, daß man hier nochmals die tragseilarme Fahrleitung einbaute, um den Verschleiß zu messen. Auch hier verschwand die Einfach-Fahrleitung im Zusammenhang mit dem S-Bahn-Ausbau.

Von Ausnahmen abgesehen, verwendet die DB seit 1966 auch für die Überspannung von Nebengleisen keine Einfach-Fahrleitungen mehr - im Zeichnungswerk des BZA München waren diese niemals enthalten -, da sich gezeigt hat, daß entscheidende Kosteneinsparungen weniger beim Längskettenwerk, dagegen bei den Stützpunkten möglich sind (s. 11.7.). Eindrucksvoll zeigt dies ein 1961/62 im Rangierbahnhof Ulm mit tragseilarmen Fahrleitung überspanntes einzelnes Gleis, wo man als Stützpunkte eine Querseilaufhängung von etwa 40 m Querspannweite oder Profilausleger von etwa 12 m Länge verwendete.

F 10.2.2./5

F 10.2.2./6

11. Regelfahrleitung 1950 der DB

11.1. Entwicklungsarbeiten an der neuen Einheitsfahrleitung nach Kriegsende

In einem zusammenfassenden Bericht "über alle in der Versuchsanstalt erstellten Messungen und Versuchsfahrten bezüglich Fahrleitungssysteme und Stromabnehmer in mechanischer und elektrischer Hinsicht"¹ stellt man 1947 fest: "Die Versuche stellen wertvolle Vorarbeiten für die zukünftige Fahrleitung und Stromabnehmer dar und sind noch zu keinem Abschluß gekommen. Auch die konstruktive Entwicklung der Bauteile ist noch nicht bis zur betriebsreifen Vollendung gediehen." Dabei hatte das RZA München noch im Jahre 1945 die Ausarbeitung von Normzeichnungen zur neuen Einheitsfahrleitung aufgenommen, wie verschiedene Zeichnungen der Handausgabe 1947 belegen.

Vom Längskettenwerk ist keine Zeichnung erhalten geblieben, jedoch handelt es sich nach Seitenansichten bei Stützpunkten um ein nachgespanntes Kettenwerk mit 1,8 m Systemhöhe. In der Geraden und bei Krümmungen über 800 m sieht man wie bei der Fahrleitung Bauart 1942 (s. 9.3.) 12 m Y-Beiseil mit 2 jeweils 3 m vom Stützpunkt entfernten Hängern vor, bei kleineren Radien als 800 m Y-Beiseil von 6 m Länge mit einem 0,5 m vom Stützpunkt entfernten Hänger. Die Zeichnung der Fahrleitungs-Stützpunkte mit Rohr-Schwenkausleger² notiert beim Stützpunkt K einen am Auslegerrohr angebrachten Rohr-Seitenhalter, beim Stützpunkt L einen am Stützrohr angelenkten Seitenhalter aus Stahlrohr mit Windsicherung. P. Roth³ legt dar, daß nach Kriegsende die Versorgungslage auf dem Gebiet der Nichteisen-Metalle ansich nicht ungünstig war, jedoch traten bei einzelnen Metallarten nur mit größten Schwierigkeiten zu überwindende Mangelerscheinungen auf. Damit war an die Verwendung von Leichtbau-Seitenhaltern, wie sie bereits die Fahrleitung Bauart 1942 vorgesehen hatte, zunächst nicht zu denken. Grundsätzlich in gleicher Weise sah man die Stützpunkte der dreifeldrigen Nachspannung⁴ und jene der dreifeldrigen Streckentrennung⁵, dort mit 4 m Y-Beiseil, vor. Weiter notiert die Zeichnungs-Sammlung 1947 einen Streckentrenner der ELIN mit einem Stabisolator⁶ und einen weiteren mit 2 Stabisolatoren⁷, die jeweils kein Ankerseil benötigen. Die im Zeichnungs-Verzeichnis 1947 aufgelisteten Zeichnungen des Stützpunkts im Quertragwerk mit Bei-

Z 11.1./1

Z 11.1./2

Z 11.1./3

¹ Bericht E 208/1947 aufgestellt am 27.06.1947.

² Zeichnung EzsN 196 Ausgabe vom November 1945.

³ Zehn Jahre Wiederaufbau bei der Deutschen Bundesbahn 1945-1955, Darmstadt 1955, S. 82.

⁴ Zeichnung EzsN 210 Ausgabe vom November 1945.

⁵ Zeichnung EzsN 209 Ausgabe vom November 1945.

⁶ Zeichnung EzsN 212 Ausgabe vom Dezember 1945.

⁷ Zeichnung EzsN 204 Ausgabe vom November 1945.

seilaufhängung⁸ sind beim BZA München nicht erhalten geblieben, jedoch müssen diese nach dem Zeichnungs-Verzeichnis 1947 bereits eine Richtseil-Abstand-Ösenklemme⁹ gehabt haben; ebenso sind die Zeichnungen der Fahrdrachtaufhängung im Tunnel¹⁰ verschollen.

11.1.1. Fahrleitungsrichtlinien 1950, Entwurf

An mehreren Aussagen dieses vermutlich während und nach dem Zweiten Weltkrieges erarbeiteten Entwurfs¹¹ wird der Umbruch von der bisherigen Technologie zu einer neuen erkennbar:

§ 4 Zweck und Beschreibung der Fahrleitung

(2) Die Regelfahrleitung der Deutschen Bundesbahn ist als Kettenfahrleitung mit Vielfachaufhängung des Fahrdrachtes ausgebildet. Gleise, die mit weniger als 65 km/h Höchstgeschwindigkeit befahrbar sind, können auch mit tragseilloser Fahrleitung bespannt werden.

(3) Wegen gleichmäßiger Abnutzung des Stromabnehmer-schleifstückes wird der Fahrdraht im Zickzack geführt; er wird gegen seitliches Ausweichen in gewissen Abständen, in der Regel an den Stützpunkten, durch Seitenhalter oder seitliche Drahtverspannung festgehalten.

(5) Der Fahrdraht wird im allgemeinen beweglich nachgespannt. Das Tragseil wird in der Regel bei Auslegern beweglich, bei Querseilen fest abgespannt. Die Ausleger sind als Schwenkausleger ausgebildet, die bei Temperaturänderungen oder bei Seilriß ohne die Maste auf Verdrehung zu beanspruchen, nachgeben.

§ 5. Allgemeine Bedingungen und Berechnungsgrundlagen

(1) Die Fahrleitungsanlage einer Strecke muß für diejenige Streckenbelastung und Fahrgeschwindigkeit ausgelegt werden, die für Strecke und Oberbau vorgesehen sind.

(2) Die Bauart der Fahrleitung ist abhängig von der Fahrgeschwindigkeit. Es wird im allgemeinen unterschieden zwischen Fahrleitungsbauarten, die bis 40 km/h, bis 65 km/h,

⁸ Zeichnung EzsN 215 Ausgabe vom März 1946;
Zeichnung EzsN 216 Ausgabe vom März 1946.

⁹ Zeichnung EzsN 217 Ausgabe vom März 1946.

¹⁰ Zeichnung Ezs 22 Ausgabe vom Februar 1946;
Zeichnung Ezs 92 Ausgabe vom Dezember 1946.

¹¹ Richtlinien für Berechnung, Konstruktion, Planung und Bau von Fahrleitungen mit 15 kV-Einphasenwechselstrom 16 2/3 Hz (Fahrleiri) gültig ab April 1950, München 1953.

bis 100 km/h, bis 120 km/h und mit über 120 km/h Höchstgeschwindigkeit befahren werden.

(3) Auch beim Befahren mit nur einem Stromabnehmer muß eine gute Stromabnahme möglich sein.

§ 11 Kettenwerk

(2) Gleise, die nicht mit mehr als 65 km/h Höchstgeschwindigkeit befahren werden, z. B. Umfahrgleise, Rangiergleise, Ladegleise, Abstellgleise, Industriegleise sind, soweit es wirtschaftlich ist, mit Fahrleitung ohne Tragseil zu bespannen. Längsspannweiten und Fahrdrahtzugspannung sind hierbei so zu bemessen, daß der Durchhang des Fahrdrahtes zwischen zwei Stützpunkten 300 mm nicht überschreitet. Weitere Vereinfachungen sind zulässig bei Gleisen, die nicht mit mehr als 40 km/h befahren werden.

(3) Für Strecken und Gleise, die mit Geschwindigkeiten Z 11.1.1./1 nicht über 100 km/h befahrbar sind, genügt einfache Aufhängung des Fahrdrahtes am fest abgespannten Tragseil. ... Jedoch ist auch für solche Fahrleitungen die Konstruktion nach § 11 (4) zu empfehlen.

(4) Auf Strecken und Gleisen, die mit Geschwindigkeiten Z 11.1.1./2 nicht über 120 km/h befahrbar sind, ist das Kettenwerk so auszubilden, daß der Fahrdraht innerhalb des Temperaturbereichs von -30°C bis +40°C überall, sowohl an den Stützpunkten als auch in Feldmitte, möglichst parallel zur SO liegt. Wenn dies bei fest abgespanntem Tragseil nicht zu erreichen ist, muß der Fahrdraht bei den Grenztemperaturen wenigstens in einer flachen Wellenlinie liegen, deren Ausschlag zwischen Stützpunkt und Mitte Längsspannweite 100 mm nicht überschreiten soll. Zu diesem Zweck sind an den Stützpunkten Beiseile einzubauen, deren Länge und Zugspannung in Abhängigkeit von der Länge der Längsspannweiten und der Zugspannung des Tragseiles so zu wählen sind, daß eine ausreichende Elastizität des Kettenwerks auch an den Stützpunkten erreicht wird.

(7) Eine bei allen Temperaturen unveränderte Fahrdrahtlage Z 11.1.1./3 und annähernd gleichmäßige Nachgiebigkeit des Kettenwerks wird durch Aufhängung des Fahrdrahtes am nachgespannten Tragseil, Einbau von Beiseilen an den Stützpunkten und Anordnung der Seitenhalter auf Zug erreicht. Diese Bauart mit kurzem y-förmigen Beiseil eignet sich für Fahrgeschwindigkeiten bis etwa 120 km/h. Die gleiche Ausführung mit langem trapezförmigen Beiseil und leichter Ausführung des Seitenhalters eignet sich für Fahrgeschwindigkeiten über 120 km/h bis 160 km/h.

(10) Fahrleitung mit Doppelfahrdraht ist zur Erhöhung des Leiterquerschnitts für stark belastete Strecken, Verringerung der Nachgiebigkeit und Verbesserung des gleichmäßigen elastischen Verhaltens längs des Kettenwerks für Strecken, die mit Geschwindigkeiten über 150 km/h befahren werden,

sowie unter Überbauten und in Tunneln, die nur einen geringen Fahrdrahtanhub zulassen, zu empfehlen.

(12) Senkrechte Streben zwischen Fahrdraht und Tragseil sind nicht zugelassen. Die Seitenhalter dürfen nur bis 85 km/h Fahrgeschwindigkeit auf Druck beansprucht werden.

Bei nachgespanntem Tragseil legte man die Regelfahrdrachthöhe an den Stützpunkten auf 5,75 m über SO fest, bei festem Tragseil die mittlere Fahrdrachthöhe auf 6,00 m über SO. Darüber hinaus nahm man die bereits dargestellten weiteren Maßnahmen zur Fahrleitung Bauart 1942 (s. 9.4.) in diesen Entwurf auf.

11.1.2. Eisenbahndirektionen Nürnberg und Regensburg

1950 Nürnberg-Dutzendteich - Regensburg Hbf

1950 Lichtenfels - Coburg

Nach P. Roth¹² waren die Stahlzuteilungen durch die bis Ende 1949 bestehenden Kontingentierungen völlig unzureichend. E. Eger¹³ notiert, daß man deshalb für die Elektrifizierung Nürnberg - Regensburg eisensparende Bauartänderungen durchführen mußte. Eine auf 1,4 m verringerte Systemhöhe und die Verwendung von Rohrschwenkauslegern führte bei den Flachmasten durch kleinere Profile und eingeschweißte waagerechte Stege zu einer Verringerung der Masse.

F 11.1.2./1

An anderer Stelle beschreibt derselbe Verfasser ausführlich die Fahrleitungsanlage.¹⁴ Auf freier Strecke mußte man für das gemeinsam an einem Radspanner nachgespannte Kettenwerk mit 80 m Längsspannweite in der Geraden Stahlhänger mit Ösen und Klemmenteile aus Kriegsmaterial verwenden. Für die Einzelstützpunkte der freien Strecke übernahm man grundsätzlich die Fahrleitungs-Stützpunkte entsprechend den Zeichnungen vom November 1945, jedoch mit 6 m Y-Beiseil.

F 11.1.2./2

In den Bahnhöfen beließ man grundsätzlich das Tragseil fest; die Quertragwerke mit 1,8 bis 2,0 m Systemhöhe entsprechen der Einheitsfahrleitung 1931, damit ohne Y-Beiseil oder Abstandhalter. Versuchsweise baute man verschiedene Bauarten für nachgespanntes Tragseil im Querfeld ein: verlängerte Laschen, Rollen, Pendelaufhängung. Unter Überbauten führte man das Tragseil grundsätzlich durch. Sowohl

¹² Zehn Jahre Wiederaufbau ... 1945-1955, Darmstadt 1955, S. 80 f.

¹³ DB, 28 (1954), S. 388.

¹⁴ EB, 22 (1951), S. 80 ff.; Festschrift der Eisenbahndirektionen Nürnberg und Regensburg zur Aufnahme des elektrischen Betriebes auf der Strecke Nürnberg - Regensburg, München 1950, S. 23 ff.

die dreifeldrige Nachspannung als auch die dreifeldrige Streckentrennung entsprechen, abgesehen von der Systemhöhe, den Zeichnungen vom November 1945. Schließlich verwendete man anstelle des bisher eingebauten Streckentrenners mit neutralen Kufen den ELIN-Trenner mit einem Isolator. Von den Zeichnungen dieser regionalen Bauart ist lediglich jene des Längskettenwerks¹⁵ bei der BD Karlsruhe Z 11.1.2./1 erhalten geblieben, da man dort auf verschiedenen Teilstrecken die Regeloberleitung für 120 km/h (s. 11.3.2.) einbaute.

Auf Antrag der ED Nürnberg führte die Versuchsanstalt München auf der neu elektrifizierten Strecke Nürnberg - Regensburg Versuchsfahrten durch, um den Bügellauf und die Fahrleitungsimpedanz zu messen und Lastfahrten durchzuführen. Nach dem Bericht der Versuchsanstalt¹⁶ befuhr am 9. und 10.05.1950 die E 94 113 mit 1300 t diese Strecke, am 11.05.1950 die E 18 39 mit 492 t. Leider schweigt sich der Bericht über den Stromabnehmerlauf aus.

Nach Mitteilung der BD Nürnberg betrug die Höchstgeschwindigkeit auf der Strecke Nürnberg - Regensburg zum Zeitpunkt der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes 95 km/h, fünf Jahre später 100 km/h. Buchfahrpläne von 1960 nennen 120 km/h, seit 1968 fährt man auf Teilstrecken 140 km/h. Entsprechend paßte man die Fahrleitung an.

Zunächst baute man die Durchgangsgleise der Bahnhöfe und die diese kreuzenden Kettenwerke auf nachgespanntes Tragseil um. Die Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf 140 km/h führte auf den betreffenden Teilstrecken zu einer Anpassung der Fahrleitung an die Regeloberleitung für 160 km/h. Während man bei der BD Nürnberg auf der freien Strecke die Systemhöhe von 1,40 m beibehielt, vergrößerte man diese bei der BD Regensburg durch Absenkung des Fahrdrabtes auf 1,65 m.

11.1.3. BD München

1950 München-Pasing - Maisach (Umbau)

Der Meßschrieb 2574 Bl 6 vom März 1950 des EZA München Dez 25 notiert hierfür "Umbau 1950". R. Wagner und A. Mosler¹⁷ Z 11.1.3./1 Z 11.1.3./2 sprechen im Zusammenhang mit dem Umbau alter Fahrleitungen davon, daß man auf dem Abschnitt München-Pasing - Maisach wegen der besonderen Bedeutung der Strecke, der sehr dichten Zugfolge und der hohen Fahrgeschwindigkeit die vorhandene Fahrleitung durch die Regelfahrleitung 1950 ersetzte. A. Mosler¹⁸ kommentiert einen Meßstreifen der dort als Z 11.1.3./3

¹⁵ Zeichnung EzsN 220 Ausgabe vom September 1948.

¹⁶ Bericht E 108 G/1950 aufgestellt am 21.06.1950.

¹⁷ EB, 27 (1956), S. 90; s. auch DB, 28 (1954), S. 511.

¹⁸ EI, 5 (1954), S. 38.

F 11.1.3./1 "Regelfahrleitung 1950 Mischbauart für 120/160 km/h" bezeichneten Bauart mit den Worten: "Wegen des unzureichenden Oberbaues und fehlender Lok für hohe Geschwindigkeiten konnten nur 130 km/h erreicht werden. Obwohl in diesem Falle die Regelfahrleitung 1950 - als Umbau einer bestehenden Fahrleitung mit beschränkten Mitteln - nicht ganz der Form für 160 km/h entspricht (der auf Zug liegende Seitenhalter ist nicht unterteilt, die Seitenhalter sind allgemein recht schwer), befriedigen die Meßergebnisse durchaus. Spannungsunterbrechungen sind nicht aufgetreten." Demnach diente der Anfang 1950 erfolgte Umbau der Fahrleitung München-Pasing - Maisach der Komponentenerprobung der künftigen Regelfahrleitung auf einer stark belasteten Strecke in der Nähe des EZA München.

F 11.1.3./2 Zwei in der Urfassung des Aufsatzes von A. Mosler in einer bahnternen Publikation des BZA München¹⁹ abgedruckte Bilder zeigen, daß man für den Auslegerstützpunkt grundsätzlich 12 m Y-Beiseil und angelenkte Leichtbau-Seitenhalter entsprechend der späteren Regelausführung verwendete, bei den Zwischenstützpunkten der Streckentrennung dagegen die zwischen Nürnberg und Regensburg vorhandene Bauart mit 6 m Y-Beiseil, jedoch vergrößerter Systemhöhe. Nach R. Wagner²⁰ erhielten die Stützpunkte der Durchgangsgleise im Quertragwerk 12 m Y-Beiseil und Leichtbau-Seitenhalter an Abstand-Ösenklemmen, gegebenenfalls mit einer Rolle für das Tragseil. Der Festpunkt im Quertragwerk erhielt zwei obere geerdete Richtseile.

F 11.1.3./3

Zwischen München-Pasing und Maisach bestand die Fahrleitung in der beschriebenen Form bis zum erneuten Umbau in die Regeloberleitung für 200 km/h im Hinblick auf die im Zusammenhang mit der Internationalen Verkehrsausstellung München 1965 durchgeführten Schnellfahrten München - Augsburg mit 200 km/h (s. 11.8.).

11.1.4. BD Karlsruhe

1952 Basel Bad Bf - Weil (Rhein) - Efringen-Kirchen

1952 Weil (Rhein) - Lörrach

Während Württemberg nach 1945 bald Elektrifizierungsvorhaben im Großraum Stuttgart unterstützen konnte (s. 10.2.2.), förderte das Land Baden zunächst den Wiedereinbau des als Restitutionsleistung demontierten zweiten Gleises zwischen Offenburg und Freiburg (Breisgau). E. Keßler²¹ stellt dies näher dar. Nach der Beseitigung dieses betrieblichen Engpasses stellte das Land Baden zur

¹⁹ Die Fahrleitung für elektrisch betriebene Strecken der Deutschen Bundesbahn, München 1953, S. 39, Bilder 19a und 19c; s. auch EB, 24 (1953), S. 274, Bild 2.

²⁰ DB, 28 (1954), S. 512 f.

²¹ JdE, 2 (1951), S. 21 ff.

Elektrifizierung von Vorortstrecken im Raum Basel Kredite zur Verfügung. Auch hier mußten die Elektrifizierungskosten so niedrig irgend möglich gehalten werden. Zwar weist F. Gut²² mehrfach auf eine später zu veröffentlichende ausführliche Beschreibung hin, jedoch ist diese nie erschienen. Die Elektrifizierungsfestschrift²³ und Auskünfte der BD Karlsruhe bzw. der Flm Haltingen ermöglichen ein geschlossenes Bild.

Grundsätzlich überspannte man zunächst nur die für den elektrischen Vorortverkehr betrieblich unbedingt notwendigen Gleise, sah jedoch für die Vollektrifizierung der Rheintalstrecke Basel - Mannheim/Heidelberg die Quertragwerke in den Bahnhöfen so vor, daß für die restlichen Gleise nur noch die Längskettenwerke montiert zu werden brauchten. Auf der eingleisigen Strecke Weil (Rhein) - Lörrach mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h ordnete man ein einfaches Kettenwerk mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht an Rohrschwenkauslegern an, wobei man auf angelenkte Seitenhalter verzichtete. Im Tüllinger-Tunnel bei Weil (Rhein) Ost verwendete man Rohrschwenkausleger an Hängesäulen im Tunnelgewölbe. Sowohl die Nachspannung als auch die Streckentrennung bildete man dreifeldrig aus.

Die noch nicht von der Elektrifizierung von 1913 überspannten Gleise des Bahnhofs Basel Bad Bf erhielten Quertragwerke entsprechend der Einheitsfahrleitung 1931 mit festem Tragseil, jedoch mit einem Fahrdraht-Zickzack von ± 20 cm für das spätere Verkehren schweizerischer Elektrolokomotiven. Hieran anknüpfend betont F. Gut in der Elektrifizierungsfestschrift: "Abgesehen hiervon entspricht aber die Fahrleitungsanlage des gesamten Bauvorhabens im übrigen den Normen für Fahrleitungsbau des BZA München." Nach Aussage früherer Mitarbeiter von F. Gut ist dieser Satz eindeutig als Abgrenzung der BD Karlsruhe gegenüber den Sonderbauarten der BD Stuttgart unter B. Boehm (s. 10.2.2. und 11.5.1.) zu verstehen.

Die freie Strecke Basel Bad Bf - Weil (Rhein) rüstete man für eine betrieblich geforderte Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h mit festem Tragseil, nachgespanntem Fahrdraht und 12 m Y-Beiseil am Stützpunkt aus; die Rohrschwenkausleger entsprechen genau der Zeichnung vom November 1945²⁴, wobei nur der Stützpunkt L einen angelenkten Seitenhalter aus Stahlrohr aufweist. Im Bahnhof Weil (Rhein) mit Querseilaufhängung erhielten die Durchgangsgleise festes Tragseil mit 12 m Y-Beiseil, jedoch mit Abstand-Ösenklemme für den anschlagsicheren Seitenhalter aus Stahlrohr. Nur auf der

²² EB, 23 (1952), S. 243; EB, 25 (1954), S. 207; s. auch DB, 28 (1954), S. 397 ff.

²³ Der elektrische Zugbetrieb im Raum Basel, Karlsruhe 1952, S. 5 ff.

²⁴ Zeichnung EzsN 196 Ausgabe vom November 1945.

F 11.1.4./2 Teilstrecke Weil (Rhein) - Efringen-Kirchen baute man eine
 F 11.1.4./3 Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk und 12 m Y-Bei-
 F 11.1.4./4 seil für eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h ein: auf
 der freien Strecke mit angelenktem Seitenhalter aus Stahl-
 rohr bei allen Stützpunkten, im Bahnhof für die Durch-
 gangsgleise Stahlrohr-Seitenhalter an Abstand-Ösenklemmen.

Obwohl die zwischen Weil (Rhein) und Efringen-Kirchen ver-
 wirklichte Fahrleitungsbauart in mehreren Punkten von den
 Einbauzeichnungen der Regelfahrleitung 1950 der DB ab-
 weicht, haben von 1954 bis 1971 zahlreiche Autoren immer
 wieder ein bestimmtes Bild des Stützpunkts mit Ausleger in
 der Geraden zwischen Eimeldingen und Efringen-Kirchen als
 "Einheitsfahrleitung der DB" oder "Regelfahrleitung für
 160 km/h" veröffentlicht, so H. Ebeling²⁵, R. Wagner²⁶,
 Th. Vogel²⁷, A. Peters²⁸, A. Kniffler²⁹, K. Bauermeister³⁰
 und M. Süberkrüb³¹.

Dabei weicht diese Fahrleitung in mehreren Punkten von der
 Regelbauart³² ab:

- Seitenhalterrohr aus Stahl anstelle des Leichtbau-Sei-
tenhalters,
- Schwenkausleger-Gelenk bei der Verankerung des Spitzen-
ankerseils am Aufsetz-Rahmenflachmast anstelle von Ver-
bindungsflaschen,
- Kupferdraht-Hänger mit Ösen anstelle von flexiblen Bron-
zeseilen im Längskettenwerk.

Weiter bildete man sowohl den Sehkeil-Ausleger als auch
 den Festpunkt im Querfeld bei nachgespanntem Tragseil (mit
 2 oberen Richtseilen) abweichend von der Regelfahrleitung
 1950 aus, Tragseil und Fahrdrat spannte man an einem Rad-
 spanner gemeinsam nach.

Wie bei den 1949/50 elektrifizierten Strecken im Großraum
 Stuttgart nahm auch zwischen Basel Bad Bf und Efringen-
 Kirchen im Lauf der Jahre sowohl die Anzahl der elektrisch
 geführten Züge als auch die Höchstgeschwindigkeit zu. Wäh-
 rend die Aufsätze von J. Klingensteiner und E. Ebner den
 Zugförderungsdienst der DB in den einzelnen Fahrplanjahren
 darstellen, kann die BD Karlsruhe die jeweils gefahrenen
 Höchstgeschwindigkeiten mitteilen.

Ab Herbst 1952 befuhren zunächst nur elektrische Triebzüge
 ET 25 mit höchstens 80 km/h diese Strecke, ab Sommerfahr-
 plan 1955 fuhren alle Personenzüge Basel - Freiburg elek-

²⁵ JdE, 5 (1954), S. 61, Abb. 14b.

²⁶ DB, 28 (1954), S. 509, Bild 17.

²⁷ JdE, 7 (1956), S. 60, Abb. 69.

²⁸ JdE, 9 (1958), S. 31, Bild 6.

²⁹ ETR, 12 (1963), S. 273, Bild 18.

³⁰ DB, 42 (1968), S. 648, Bild 21.

³¹ Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und
 Düsseldorf 1971, S. 83, Bild 67.

³² Zeichnung Ezs 476 Ausgabe vom Mai 1955.

trisch³³, die mit E 44 geführten Reisezüge mit maximal 90 km/h. Die Ausdehnung des elektrischen Zugbetriebes bis Offenburg im folgenden Jahr änderte nichts an dieser Regelung.³⁴ Erst der Fahrplanwechsel 1957 brachte die volle elektrische Zugförderung zwischen Basel und Offenburg.³⁵

Für die Teilstrecke Efringen-Kirchen - Weil (Rhein) nennt F. Gut³⁶ im Jahre 1954 eine zulässige Streckenhöchstgeschwindigkeit von 100 km/h. Das "Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten" gültig vom 31. Mai 1959 legt diese für den genannten Abschnitt auf 120 km/h fest. Im Jahre 1979 führte die Verlängerung des Vorsignalabstands nördlich Haltingen von 700 m auf 1000 m zur Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf 140 km/h. Der Fahrplanwechsel 1981 brachte die Festsetzung der Höchstgeschwindigkeit auf 160 km/h.

Zwischen Weil (Rhein) und Efringen-Kirchen konnte man die Fahrleitung konstruktiv unverändert belassen, man ersetzte lediglich die gemeinsame Nachspannung von Tragseil und Fahrdraht durch getrennte Radspanner. Es hatte sich gezeigt, daß bei gemeinsamer Nachspannung bei Riß des Tragseils oder Fahrdrahts allein zufolge des Doppelhebels (Schwinge) der Radkranz des Radspanners nicht immer in die Klinke einrastet, wodurch der intakte Teil des Kettenwerks mit doppelter Kraft gespannt wird. Nach einem heißen Sommer baute man im Jahre 1967 die freie Strecke Basel Bad Bf - Weil (Rhein) auf nachgespanntes Tragseil um, im folgenden Jahr die Durchgangsgleise des Bahnhofs Weil (Rhein) auf die Regeloberleitung für 160 km/h. Unerwartete Schwierigkeiten gab es dagegen bei den Kupferdraht-Hängern mit Ösen durch Funkempfangs-Störungen. Nachdem die Flm Haltingen einen ganzen Sonntagnachmittag nach einem störenden Hänger gesucht hatte, ersetzte die BD Karlsruhe sämtliche Kupferdraht-Hänger durch solche aus flexiblem Bronze-Seil; M. Knörnschild³⁷ konnte dies in seinem Aufsatz über die Verminderung von Funkempfangsstörungen durch elektrische Bahnen noch nicht aufnehmen.

11.2. Fahrleitungsrichtlinien 1953

Nach mehrfacher Überarbeitung des Entwurfs zu den Fahrleitungsrichtlinien 1950 gab das BZA München drei Jahre später eine endgültige Fassung als DV 897b³⁸ heraus, die mit

³³ DB, 29 (1955), S. 673.

³⁴ DB, 30 (1956), S. 846.

³⁵ DB, 31 (1957), S. 1638.

³⁶ DB, 28 (1954), S. 402, Bild 6.

³⁷ EB, 23 (1952), S. 49 ff.

³⁸ Richtlinien für die Errichtung von Fahrleitungen für 15 kV und 25 kV Nennspannung und Regelstromabnehmer (Fahrleitungs-Richtlinien) Gültig vom 1. Februar 1953 an, München 1953.

Verfügung der HVB vom 15.06.1953 eingeführt wurde. Diese Fassung der Fahrleitungsrichtlinien entstand etwa gleichzeitig wie die EzsN- und Ezs-Zeichnungen der Regelfahrleitung 1950 der DB, nach denen in etwa 25 Jahren über 10 000 Streckenkilometer überspannt worden sind. Deshalb sei nachstehend die Ursprungsfassung ohne die 1960 bis 1968 bekanntgegebenen vier Berichtigungsblätter zugrunde gelegt und die unmittelbar die Konstruktion berührenden Abschnitte auszugsweise wiedergegeben.

§ 1 Geltungsbereich

(1) Die Richtlinien gelten für Fahrleitungen (Oberleitungen) von Bahnstrecken, die

- a) mit Einphasenwechselstrom von 15 kV oder 25 kV Nennspannung betrieben werden und
- b) mit Regelstromabnehmer je nach Ausbaugrad bis zu einer Geschwindigkeit von 160 km/h befahren werden können.

(2) Die Richtlinien legen Regelausführungen für Neuanlagen und Umbauten fest. Bei der Unterhaltung und Erneuerung der bestehenden Anlagen ist ein Endzustand anzustreben, der diese Richtlinien erfüllt.

(3) Für die Bauarten, die Einzelteile und die Bauausführung sind die Zeichnungen des BZA München - EzsN und Ezs - verbindlich.

(4) Nur die vom BZA München zugelassenen Fahrleitungsteile und Stoffe dürfen verwendet werden.

§ 4 Allgemeine Bedingungen und Berechnungsgrundlagen

(1) Wichtige Hauptbahnen sind mit der Regelfahrleitung für 160 km/h auszurüsten.

(2) Auf Strecken, Bahnhöfen oder Bahnhofsteilen mit geringer Bedeutung oder Beanspruchung können einfachere Ausführungsformen der Regelfahrleitung verwendet werden.

(3) Unter einfachsten Bedingungen, z. B. bei Abstellgleisen möglichst ohne Weichen, die nur wenig und mit geringer Geschwindigkeit befahren werden, kann auch auf das Tragseil verzichtet werden, wenn das wirtschaftlich ist und die Fahrleitungen nicht in unmittelbarer Nähe von Bahnsteigen sind.

(4) Die Fahrleitung muß eine einwandfreie Stromabnahme durch die Stromabnehmer bei jeder Lufttemperatur von -30°C bis $+40^{\circ}\text{C}$ sowie bei Wind ermöglichen.

(5) Auch beim Befahren mit nur einem Stromabnehmer muß eine einwandfreie Stromabnahme möglich sein.

(6) Bei einem aufwärts gerichteten Prüfdruck eines einzelnen Stromabnehmers von 25 kg muß der Raum für den Stromabnehmer bei einer Geschwindigkeit von 5 km/h oder weniger

noch gewahrt sein. Auf Fahrleitungen von geringer Bedeutung oder Beanspruchung kann die Bundesbahndirektion den Prüfdruck auf 20 kg, bei Bahnhofneben Gleisen auf 15 kg ermäßigen.

(7) Neue Fahrdrähte aus Kupfer sind mit einem Zug von 10 kg/mm² zu spannen. Bei abgenutztem Fahrdraht ist eine Zugspannung bis 12 kg/mm² zugelassen.

(8) Mechanisch gespanntes Kupfer, z. B. Fahrdraht, darf im Betrieb bei einer Zugspannung von 12 kg/mm² nicht über 80°C warm werden.

§ 7 Aufbau des Kettenwerks

(5) Das Tragseil ist möglichst selbsttätig nachzuspannen, vor allem über den stark und rasch befahrenen Hauptgleisen.

(10) Der kürzeste Abstand von Mitte Tragseil bis Mitte Fahrdraht darf 300 mm und bei Geschwindigkeiten über 120 km/h 500 mm nicht unterschreiten.

(11) Die Seitenhalter dürfen nur bis 75 km/h Fahrgeschwindigkeit auf Druck beansprucht werden.

§ 8 Längsspannweiten

(2) Die größte Längsspannweite ist bei nachgespanntem Tragseil auf 80 m und bei festem Tragseil auf 75 m zu begrenzen.

§ 9 Weichen und Kreuzungen

(1). Bei Kreuzung zweier Kettenwerke besteht die Gefahr, daß der nicht befahrene, tiefer liegende Fahrdraht seitlich am Stromabnehmer anschlägt. Deshalb sind vor allem Kreuzungen zweier Fahrdrähte von verschiedenem Gewicht, verschiedener Zugspannung und verschiedener Art der Tragseilabspannung (fest oder beweglich) und von Fahrdrähten ohne Tragseil besondere Gefahrenpunkte. Der seitwärts ankommende Fahrdraht muß stoßfrei vom Schleifstück des Stromabnehmers übernommen werden.

(4) Bei der Kreuzung zweier Kettenwerke soll der Fahrdraht, der in der Hauptfahrrichtung verläuft, an der Stelle, wo der Stromabnehmer den seitlichen Fahrdraht erreicht, auf der Seite des seitlich ankommenden Fahrdrahts liegen. Besonders ist dies in den durchgehenden Hauptgleisen zu beachten.

(5) Vor und hinter der Kreuzung dürfen keine Hängerklemmen, Stromklemmen oder andere Klemmen am Fahrdraht im Auf- und Ablaufbereich des Stromabnehmers liegen.

(6) Bei Fahrgeschwindigkeiten über 90 km/h ist dreifeldrig nachzuspannen.

§ 11 Quertragwerk

(1) Die Kettenwerke der beiden Gleise einer Strecke sind elektrisch und auf der freien Strecke in der Regel auch mechanisch voneinander zu trennen.

(2) Quertragwerke sind im allgemeinen mit geerdeten oberen und spannungsführenden unteren Richtseilen auszuführen. Es sind wenigstens zwei Quertragseile vorzusehen. In Gleisbögen mit einem Halbmesser, der kleiner ist als 800 m, ist das obere Richtseil an Spannung zu legen.

(3) Joche sind nur in Ausnahmefällen zu verwenden.

§ 17 Maste

(1) In Bahnhöfen einschließlich der Streckentrennungen sind in der Regel Aufsetzmaste zu verwenden. Auch auf der freien Strecke können Aufsetzmaste verwendet werden, falls ihre Vorteile die Mehrkosten rechtfertigen.

(2) Maste aus Beton sind auf die freien Strecken zu beschränken.

§ 29 Maststandorte

(3) Bei eingleisigen Strecken sind in Gleiskrümmungen die Maste möglichst auf der Bogenaußenseite zu stellen, falls nicht auf dieser Seite das zweite Gleis vorgesehen ist oder ein anderer Hinderungsgrund vorliegt.

(4) Bei kleinen und mittleren Bahnhöfen werden die Querseilmaste in der Regel zu beiden Seiten außerhalb der Gleisanlage aufgestellt.

(5) Auf großen Bahnhöfen, wo die Querspanweiten unterteilt werden müssen, ist möglichst nach betrieblich zusammengehörenden Gruppen zu unterteilen. Die Länge der Querspanweiten soll in der Regel 80 m nicht überschreiten. Querspanweiten über 80 m muß die Bundesbahndirektion besonders anordnen.

Für die durchgehenden Hauptgleise schrieb man Kupferfahrdraht von 100 mm² Querschnitt vor, für die übrigen Gleise solchen von 80 mm²; als Längstragseil sollte in der Regel Bronzeseil von 50 mm² verwendet werden. Im übrigen berücksichtigte man die bei der Fahrleitung Bauart 1942 beschriebenen weiteren Maßnahmen (s. 9.4.) und die bei Kriegszerstörungen im Zweiten Weltkrieg gemachten Erfahrungen (s. 10.2.1.).

11.3. Bauarten der Regelfahrleitung 1950

Zunächst stellt A. Mosler³⁹ in einer bahninternen Publikation die neue Regelfahrleitung und deren Vorgeschichte vor, etwa gleichzeitig erscheint vom selben Verfasser beim BZA München eine Schrift über die Projektierung der Fahrleitung für elektrisch betriebene Strecken⁴⁰ auf der Grundlage der Regelfahrleitung 1950. Während der erstgenannte Aufsatz im folgenden Jahr leicht gekürzt der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird,⁴¹ überarbeiten A. Mosler und R. Fries⁴² den anderen für den Druck. R. Wagner geht einerseits in einem Aufsatz über die Fahrleitungsanlagen der DB⁴³ auch auf die Merkmale der neuen Einheitsfahrleitung ein, andererseits in einem Beitrag speziell auf die Regelfahrleitung 1950⁴⁴. 25 Jahre später stellt ein Aufsatz ohne Verfasserangabe ausführlich die Regelfahrleitung der DB und deren Weiterentwicklung vor.⁴⁵ Schließlich lassen sich in der Literatur nicht vermerkte Details den von 1956 bis 1974 vom BZA München herausgegebenen fünf Handausgaben der Einbauzeichnungen entnehmen.

Wegen der Vielzahl der mit den einzelnen Varianten der Regelfahrleitung 1950 ausgerüsteten Strecken sind jeweils nur die ersten bzw. besonders charakteristische Streckenabschnitte aufgelistet. Da sämtliche Bauformen aus den gleichen Bauteilen bestehen, werden jeweils nur die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale notiert.

11.3.1. Regeloberleitung für 160 km/h (Re 160)

1954 Fürth Hbf - Würzburg Hbf
 1955 Bruchsal - Heidelberg Hbf
 1955 Efringen-Kirchen - Freiburg (Breisgau) Hbf
 1956 Freiburg (Breisgau) Hbf - Offenburg

Die amtliche Bezeichnung dieser Bauart wechselte mehrfach: Z 11.3.1./1
 1951 "Regelfahrleitung für 160 km/h", 1955 "Regelfahrleitung $v \leq 160$ km/h", 1961 "Regelfahrleitung 1950", 1965 "Regelfahrleitung der DB. Bauart bis 160 km/h (Re 160)", seit 1982 "Regeloberleitung der DB. Bauart bis 160 km/h (Re 160)". Das "Zeichnungs-Verzeichnis der Regelfahrleitung der DB 1950. Ausgabe: August 1952" nennt als älteste Zeichnung von Stützpunkten dieser Oberleitung die Seiten-

³⁹ Die Fahrleitung für elektrisch betriebene Strecken der Deutschen Bundesbahn, München 1953.

⁴⁰ Die Projektierung der Fahrleitung für elektrisch betriebene Strecken der Deutschen Bundesbahn, München o. J.

⁴¹ EI, 5 (1954), S. 32 ff.

⁴² EI, 6 (1955), S. 223 ff.

⁴³ DB, 28 (1954), S. 503 ff.

⁴⁴ EB, 25 (1954), S. 177 ff.

⁴⁵ EB, 77 (1979), S. 175 ff., 207 f.

halteranordnung im Querseil mit Y-Aufhängung (Seitenhalter in Leichtbau)⁴⁶ vom Februar 1950; alle wichtigen Einbauzeichnungen entstanden bis Juli 1952. Die Oberleitung Re 160 ist bei Strecken mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 160 km/h und in den durchgehenden Hauptgleisen der Bahnhöfe solcher Strecken eingebaut und damit auf den weitaus meisten elektrifizierten Strecken der DB vorhanden.

- Z 11.3.1./2 Das ohne Vordurchhang verlegte Kettenwerk mit getrennter Nachspannung von Tragseil und Fahrdraht weist bei Ausleger-Stützpunkten eine Systemhöhe von 1,8 m und 12 m Y-Beiseil auf. Beim Stützpunkt mit Rohrschwenkausleger ist grundsätzlich ein angelenkter Leichtbau-Seitenhalter mit Windsicherung am Stützrohr angebracht, das wiederum am Y-Beiseil aufgehängt ist. Bei Krümmungsradien unter 1200 m befestigt man bogenaußen den Seitenhalter über ein Seil von 25 mm² am Auslegerrohr, seit 1963 bei Krümmungsradien unter 500 m ohne Y-Beiseil.
- Z 11.3.1./3
- Z 11.3.1./4 Beim Stützpunkt im Quertragwerk mit Leichtbau-Seitenhalter an einer Abstand-Ösenklemme legt man die Aufhängung des Tragseils in Abhängigkeit von der Entfernung vom Festpunkt fest, so z. B. bei geerdetem oberem Richtseil: Stützpunkte bis 350 m Entfernung vom Festpunkt normale Aufhängung, über 350 m bis 500 m Entfernung Aufhängung mit 200 mm langen Laschen, die restlichen Stützpunkte Aufhängung mit Rolle.
- Z 11.3.1./5
- Z 11.3.1./6
- Z 11.3.1./7 An Überbauten führt man grundsätzlich das Kettenwerk durch, wobei beidseits die Fahrdraht-Neigung genau festgelegt ist. Sah der Oberleitungsstützpunkt im zweigleisigen Tunnel 1954 auch gedrückte Seitenhalter vor, so liegen diese seit 1961, von Ausnahmen abgesehen, auf Zug. Nachspannung und Streckentrennung sind im Regelfall dreifeldrig ausgebildet, im Bogenhalbmesser unter 600 m die Streckentrennung vierfeldrig. Auf der 1963 bis 1966 von der Einheitsfahrleitung 1931 auf die Oberleitung Re 160 umgebauten Teilstrecke Amstetten (Württemberg) - Ulm (s. 6.2.) behielt die BD Stuttgart im Hinblick auf die damals zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 bzw. 110 km/h die zweifeldrige Nachspannung bei. Auch nach der Anhebung auf bis zu 130 km/h ergeben sich dadurch keine Schwierigkeiten.
- Z 11.3.1./8
- Z 11.3.1./9
- Z 11.3.1./10
- Z 11.3.1./11
- Z 11.3.1./12
- Z 11.3.1./13
- Verwendete man bei der Elektrifizierung Fürth - Würzburg noch Kleinradspanner, bildet seither der Radspanner mit einem Durchmesser der Seiltrommel von 490 mm die Regelbauart. Bei Rohrschwenkauslegern bildet man den Festpunkt in einem zweifeldrigen Festpunktfeld mit Ankerseilen aus, im Quertragwerk verankert man das Tragseil am oberen Richtseil.
- Z 11.3.1./14
- Z 11.3.1./15
- Z 11.3.1./16
- Z 11.3.1./17

⁴⁶ Zeichnung Ezs 602 Ausgabe vom Februar 1950.

Nach Untersuchungen an Streckentrennern⁴⁷ in den Jahren 1950 bis 1952 war es schließlich gelungen, eine vom BZA München entwickelte Bauart mit einem Rillen-Isolator zu finden, die nach R. Wagner⁴⁸ mit 100 bis 120 km/h befahren werden kann. A. Hofner⁴⁹ beschreibt diesen Streckentrenner und die damit durchgeführten Versuche näher. Z 11.3.1./18

Der Fertigstellung der Fahrleitungsanlage zwischen Offen- burg und Freiburg (Breisgau) sah man mit besonderem Interesse entgegen, da nach F. Gut⁵⁰ im Streckengleis Denzlingen - Offen- burg bereits 1954 die zulässige Streckengeschwindigkeit 135 km/h betrug. Auf Antrag der BD Karlsruhe führte die Versuchsanstalt am 29.05.1956 zwischen Freiburg und Offen- burg eine Fahrleitungsmeßfahrt durch. Der zugehörige Bericht⁵¹ notiert große, zum Teil sehr steile Druckspitzen und eine ziemliche Unebenheit der Fahrleitung. An einzelnen Stellen stellte man Höhenunterschiede von 20 bis 30 cm im Mastabstand fest, weiter sehr viele Überschreitungen des Zickzacks, besonders in den Kurven. Der Bericht schließt: "Das Meßergebnis zeigt, daß die neue Fahrleitung besser reguliert werden muß, um einen reibungslosen Schnell-Fahrbetrieb zu gewährleisten."

O. Kasperowski⁵² interpretiert ein Oszillogramm von mechanischen und elektrischen Meßwerten zur Beurteilung der dynamischen Eigenschaften einer Fahrleitung. Da der Verfasser von "Montagefehlern" spricht, handelt es sich vermutlich um eine Abnahmemessfahrt. Offensichtlich muß die Oberleitung Re 160 besonders sorgfältig an Überbauten, Weichen, im Festpunktfeld und im Wechselfeld von Nachspannung oder Streckentrennung reguliert werden. Z 11.3.1./19

Nach der allgemeinen Einführung der Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h bei den meisten TEE-, F- und einzelnen D-Zügen im Jahre 1968 (s. 2.2.) wurde die Beobachtung des Stromabnehmerlaufs zur Überprüfung neuer bzw. umgebauter Oberleitungen immer bedeutsamer. Deshalb legt die von 1970 an gültige Fassung einer Dienstvorschrift der DB über die Unterhaltung der Fahrleitungen⁵³ Fristen für Meßfahrten fest: "Bei neugebauten Fahrleitungen ist sofort, bei Strecken, die mit über 140 km/h befahren werden, längstens alle 4 Jahre eine Meßfahrt durchzuführen." K.-H. Bauer und

⁴⁷ Bericht E 7 G/1950 aufgestellt am 14.01.1950;
Bericht E 109 G/1951 aufgestellt am 3.09.1951;
Bericht E 70 G/1952 aufgestellt am 30.06.1952.

⁴⁸ DB, 28 (1954), S. 513.

⁴⁹ EB, 26 (1955), S. 110 ff.

⁵⁰ DB, 28 (1954), S. 402, Bild 6.

⁵¹ Bericht E 82 G/1956 aufgestellt am 20.07.1956.

⁵² JdE, 17 (1966), S. 147 f.

⁵³ DV 998 Richtlinien für die Unterhaltung der Fahrleitungen. Gültig vom 1. Juni 1970 an, § 6 (5).

W. Radloff⁵⁴ stellen die Bedeutung von Besichtigungen und Meßfahrten zur Erhaltung eines betriebssicheren Zustandes der Oberleitungen dar. Seitdem die DB nach R. Seifert⁵⁵ 1981 einen neuen Oberleitungsmeßwagen in Betrieb nehmen konnte (s. 1.7.), um turnusmäßig zur gezielten Mängelbeseitigung Fahrleitungsanlagen I. Ordnung alle zwei Jahre und auf Strecken mit zulässigen Geschwindigkeiten über 160 km/h zweimal jährlich zu befahren, lassen sich Schwachstellen erhöhter Abnutzung vermeiden oder rechtzeitig finden. Damit ist eine gut einregulierte Oberleitung Re 160 tatsächlich im Regelbetrieb mit der Geschwindigkeit 160 km/h zu befahren. Obwohl sich diese Bauart in über 25 Jahren ausgezeichnet bewährt hat, kam es zu Beginn der GroÑelektrifizierung wegen eines Bauteils zu erheblichen Schwierigkeiten.

Z 11.3.1./20
Z 11.3.1./21

Als um die Mitte der fünfziger Jahre die Überspannung von Hauptabfuhrstrecken der DB mit der Oberleitung Re 160 in vollem Gang war, kam es an neu verlegten Oberleitungsteilen reihenweise zu Schäden, daß eine Panne in der Elektrifizierung drohte. Nach F. Hegenbarth⁵⁶ fanden sich an neuen Leichtbau-Seitenhaltern beim großen Klemmenhalter an den Kuprodur-Bolzen von Klemmenhaltern Anrisse. Zahlreiche Bolzen brachen sogar, wodurch an den Oberleitungen großer Schaden entstand. Die Versuchsanstalt München fand heraus, daß die bis dahin verwendete Sorte Kuprodur zu interkristalliner Reißbildung neigt. Eine sofortige Umstellung auf eine Cu-Ni-Si-Legierung mit anderem Mikrogefüge und eine verbesserte Form des Seitenhalterbolzens vermied einen empfindlichen Rückschlag im Elektrifizierungsprogramm.

11.3.2. Regeloberleitung für 120 km/h (Re 120)

- 1954 Bruchsal - Bretten
- 1954 Lindau Hbf - Staatsgrenze bei Lochau-Hörbranz
- 1955 Güterzugstrecken in den Räumen Basel und Freiburg
- 1956 Heidelberg Rbf - Mannheim Rbf
- 1957 Frankfurt (M)-Louisa - Buchschlag-Sprendlingen
(3. Gleis)
- 1957 Verbindungs- und Güterzugstrecken im Großraum Frankfurt (M)
- 1958 Baden-Oos - Baden-Baden
- 1959 Heilbronn Hbf - Bietigheim

Z 11.3.2./1

Bezeichnete man diese Bauart 1951 als "Regelfahrleitung für 120 km/h", spricht man 1960 von "Vereinfachte Regelfahrleitung für $v \leq 120$ km/h". Amtlich war die Bezeichnung "Regeloberleitung der DB. Bauart bis 120 km/h (Re 120)"

⁵⁴ Elsners Taschenbuch der Eisenbahntechnik 1980, S. 165 ff.

⁵⁵ EB, 81 (1983), S. 341 f.

⁵⁶ JdE, 18 (1967), S. 147 f.; s. auch Bericht E 96 G/1955 aufgestellt am 10.10.1955.

nie eingeführt, ist jedoch seit 1982 bei Bundesbahndirektionen in Gebrauch, bei denen diese Bauart vorhanden ist. Das "Zeichnungs-Verzeichnis der Regelfahrleitung der DB 1950. Ausgabe: August 1952" nennt für Juli 1950 als älteste Zeichnung von Stützpunkten dieser Oberleitung jene der Nachspannung bzw. der Streckentrennung.⁵⁷ Die Oberleitung Re 120 ist bei Strecken oder Streckenabschnitten mit einer Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h, insbesondere bei Güterzugstrecken eingebaut, weiter bei durchgehenden Hauptgleisen solcher Strecken in Bahnhöfen, schließlich in Überholungsgleisen der Bahnhöfe der Rheintalstrecke südlich Offenburg. Beispielsweise war im Jahre 1959 zwischen Bretten und Bruchsal eine Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h zulässig, auf der Güterzugstrecke zwischen Gundelfingen und Leutersberg bei Freiburg im Breisgau 65 km/h.

E. Eger⁵⁸ führt aus, daß die auf der freien Strecke zwischen Nürnberg und Regensburg verwendete Fahrleitungsbauart (s. 11.1.2.) durch das Zentralamt mit kleinen Abänderungen als Regelfahrleitung eingeführt worden ist. Das ohne Vordurchhang verlegte Kettenwerk mit getrennter Nachspannung von Tragseil und Fahrdraht weist bei Ausleger-Stützpunkten eine Systemhöhe von 1,4 m und im Regelfall 6 m Y-Beiseil auf. Beim Stützpunkt K befestigt man den Seitenhalter unmittelbar am Auslegerrohr, beim Stützpunkt L den angelenkten Seitenhalter aus Stahlrohr mit Windsicherung am Stützrohr. Beim Stützpunkt im Quertragwerk mit Stahlrohr-Seitenhalter an einer Abstand-Ösenklemme baut man im Regelfall ebenfalls 6 m Y-Beiseil ein, desgleichen bei der dreifeldrigen Nachspannung bzw. Streckentrennung. Y-Beiseil von 12 m Länge sieht man lediglich an Stützpunkten mit geschnittenem Tragseil vor, so beim Fahrleitungs-Stützpunkt am Bahnsteig mit geerdetem Ausleger oder beim Festpunkt im Quertragwerk.

Diese Bauart verschwand bereits früh aus dem Zeichnungswerk des BZA München. Listet die Handausgabe der Bauteile der Regelfahrleitung 1950 vom März 1960 die "Vereinfachte Regelfahrleitung für $v \leq 120$ km/h" noch auf, ist sie sowohl in der 1. Handausgabe der Einbauzeichnungen vom Januar 1956 als auch in der 2. Handausgabe vom April 1959 verschwunden, lediglich die Stützpunkte im Quertragwerk sind noch abgedruckt; bei der Oberleitung Re 160 sieht man bei Krümmungsradien unter 500 m ursprünglich 6 m Y-Beiseil vor. Im Zuge der Normalisierung von Oberleitungen des Direktionsbezirks Stuttgart baute man die Teilstrecke Heilbronn - Bietigheim auf die Oberleitung Re 160 um, 1984 hob man dort die Höchstgeschwindigkeit auf 130 km/h an. Z 11.3.2./2

⁵⁷ Zeichnungen EzsN 181, EzsN 209, EzsN 210, EzsN 214.

⁵⁸ DB, 28 (1954), S. 388.

11.3.3. Regeloberleitung für 100 km/h (Re 100)

1963	Stuttgart Hbf - Stuttgart-Vaihingen
1965	Letmathe - Iserlohn
1967	Bremen-Burg - Bremen-Vegesack
1967/68	Verden (Aller) - Rotenburg (Han)
1969	Nienburg (Weser) - Minden (Westf)
1971	Kassel-Wilhelmshöhe - Kassel-Bettenhausen
1973	Hamburg-Eidelstedt - Hamburg Hauptgüterbf
1975	(Hornberg -) Bk Schloßberg - Sommerau (Schwarzw)
1975	Coburg - Neustadt (b Coburg)

Z 11.3.3./1 Zunächst bezeichnete man diese Bauart als "Vereinfachte Regelfahrleitung $v \leq 100$ km/h", von 1965 an als "Regelfahrleitung der DB. Bauart bis 100 km/h (Re 100)", seit 1982 als "Regeloberleitung der DB. Bauart bis 100 km/h (Re 100)". Die 3. Handausgabe der Einbauzeichnungen vom Mai 1962 nennt als älteste Zeichnung dieser Bauart den Stützpunkt mit Rohrschwenkausleger⁵⁹ und die Anordnung des Kettenwerks⁶⁰ vom Dezember 1960. Die Oberleitung Re 100 ist bei Strecken oder Streckenabschnitten mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 100 km/h eingebaut, hier auch in den durchgehenden Hauptgleisen der Bahnhöfe, insbesondere zählen hierzu die Güterzugstrecken. Weiter verwendet man diese Bauart in Überholungsgleisen von Bahnhöfen und bei hohen Stromstärken im Kettenwerk anstelle der Oberleitung Re 75 (s. 11.3.5.).

Zum Zeitpunkt der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes fuhr man auf den Strecken Stuttgart Hbf - Stuttgart-Vaihingen, Verden (Aller) - Rotenburg (Han), Nienburg (Weser) - Minden (Westf) jeweils mit 80 km/h, von Coburg nach Neustadt (b Coburg) mit 85 km/h, auf der Teilstrecke Bk Schloßberg (jetzt Überleitstelle Schloßberg) - Sommerau trassierungsbedingt mit 70 km/h. Bei dem 1963 bis 1966 durchgeführten Umbau der Einheitsfahrleitung 1931 auf die Regelfahrleitung 1950 erhielt die Teilstrecke Geislingen West - Geislingen (Steige) ebenfalls diese Bauart, jedoch mit zweifeldriger Nachspannung.

Z 11.3.3./2 Die Oberleitung Re 100 hat die Bauart für 120 km/h ersetzt
 Z 11.3.3./3 und unterscheidet sich von jener nur durch das Weglassen
 Z 11.3.3./4 des Y-Beiseils, wodurch sich eine geänderte Hängerteilung im Kettenwerk ergibt: Die ersten Hänger sind jeweils 2,5 m beidseits des Stützpunkts angeordnet.

⁵⁹ Zeichnung Ezs 711 Ausgabe vom Dezember 1960.

⁶⁰ Zeichnung Ezs 710 Ausgabe vom Dezember 1960.

11.3.4. Vereinfachte Regeloberleitung für 100 km/h (Rev 100)

1970 Groß Gerau-Dornberg - Klein Gerau

Zunächst führte diese Bauart die Bezeichnung "Regelfahrleitung der DB. Vereinfachte Bauart für schwach belastete Strecken $v \leq 100$ km/h (Rev 100)", 1982 ersetzte man den Begriff "Regelfahrleitung" durch "Regeloberleitung". Die 4. Handausgabe der Einbauzeichnungen vom November 1966 datiert die zugehörigen Zeichnungen auf November 1965.⁶¹

1963 führt A. Kniffler⁶² in einem Aufsatz über die weitere Entwicklung der elektrischen Zugförderung bei der DB aus: "Die Fahrleitung ist die Kostenstelle, die bei der Strompreisbildung mit 29 Prozent ebenfalls nennenswert zu Buch schlägt ... Nicht zuletzt wird gegenwärtig auch geprüft, ob nicht bei schwachbelasteten Strecken mit mittleren Fahrgeschwindigkeiten die gesamte Fahrleitungsanlage noch weiter vereinfacht und damit verbilligt werden kann. Verschiedene Möglichkeiten bieten sich hier, wie kleinere Querschnitte in Fahrdraht und Tragseil, leichtere Maste, leichtere Fundamente, Bohrgeräte, größere Nachspannlängen, vereinfachte Schaltung. Ein günstiges Ergebnis gerade bei diesem aufwendigen Teil der gesamten ortsfesten Anlagen würde den Wirtschaftlichkeitsvergleich für die Elektrifizierungswürdigkeit einer Strecke fühlbar beeinflussen."

Im darauffolgenden Jahr notieren A. Dormann und J. Sailer⁶³ ein konkretes Projekt: "Im Zuge der Riedbahn-Elektrifizierung soll in den nächsten Monaten die 13 km lange eingleisige Verbindungsbahn Goddelau-Erfelden - Darmstadt mit einer Fahrleitung für schwach belastete Strecken ausgerüstet werden. Anstelle von Fahrdraht 100 mm² und Tragseil 50 mm² wird hier auch auf den durchgehenden Hauptgleisen nur Fahrdraht 80 mm² und Tragseil 35 mm² verwendet. Die Fahrdrahthöhe wird sowohl in den Bahnhöfen wie auf den freien Strecken von 6,00 m bzw. 5,75 m durchgehend auf 5,50 m ü. SO herabgesetzt, soweit nicht schienengleiche Übergänge eine größere Fahrdrahthöhe erfordern. Auch die Systemhöhe wird von 2,00 m auf 1,40 m verringert. Tragseil und Fahrdraht sollen nicht mehr alle 1500 m, sondern nur noch alle 1800 m nachgespannt werden."

Spricht J. Sailer⁶⁴ anlässlich der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes zwischen Frankfurt und Mannheim zum Winterfahrplan 1964/65 von der "noch in Umstellung befindlichen, künftig eingleisig betriebenen Verbindungsbahn Goddelau-Ehrfelden - Darmstadt", führt A. Kniffler⁶⁵ beim

⁶¹ Zeichnungen Ezs 1202, Ezs 1203, Ezs 1211.

⁶² ETR 12 (1963), S. 272 f.

⁶³ GA, 88 (1964), S. 63.

⁶⁴ EB, 35 (1964), S. 284 f.

⁶⁵ EB, 36 (1965), S. 4 ff.

Jahresbericht über den elektrischen Zugbetrieb der DB im Jahre 1964 diese Strecke nicht mehr unter den in Umstellung befindlichen Strecken auf. Nach Mitteilung der BD Frankfurt (M) überspannte man dafür eine zwischen den Bahnhöfen Groß Gerau-Dornberg und Klein Gerau gebaute einleisige Verbindungskurve mit der Oberleitung Rev 100 und legte die genannte Strecke still.

Z 11.3.4./1
Z 11.3.4./2

Diese vereinfachte Fahrleitung hat, von der Systemhöhe abgesehen, die gleichen Stützpunkte wie die Oberleitung Re 100. Tragseil von 35 mm² ist nur zugelassen, wenn die Kurzschlußstromstärke 5 kA nicht überschreitet, sonst ist solches von 50 mm² zu verwenden. Enthält die 5. Handausgabe der Einbauzeichnungen vom April 1974 noch die Zeichnungen dieser Bauart, spricht eine ausführliche Beschreibung der Regeloberleitung der DB aus dem Jahre 1979⁶⁶ nicht mehr davon, da das BZA München die konstruktive Weiterentwicklung der Regeloberleitung der DB inzwischen in anderer Richtung vorantreibt (s. 11.7.).

11.3.5. Regeloberleitung für 75 km/h (Re 75)

1955 Freiburg Gbf - Freiburg Süd
1956 Müllheim (Baden) - Neuenburg (Baden)
1956 Bf Offenburg
1957 Frankfurt (M) Hbf

Z 11.3.5./1

Das "Zeichnungs-Verzeichnis der Regelfahrleitung der DB 1950. Ausgabe: August 1952" bezeichnet diese Bauart als "Regelfahrleitung für 75 km/h", 1960 spricht man von "Vereinfachte Regelfahrleitung für $v \leq 75$ km/h", die 3. Handausgabe der Einbauzeichnungen vom Mai 1962 notiert "Vereinfachte Regelfahrleitung für Bf-Gleise ausgenommen durchgehende Hauptgleise", seit 1965 heißt es "Regelfahrleitung der DB. Bauart bis 75 km/h (Re 75)", seit 1982 "Regeloberleitung der DB. Bauart bis 75 km/h (Re 75)". Die 1. Handausgabe der Einbauzeichnungen vom Januar 1956 notiert für das Kettenwerk Mai 1953⁶⁷, für die Stützpunkte Mai 1955⁶⁸.

Die Oberleitung Re 75 baut man bei Strecken mit geringer Verkehrsbedeutung bis 90 km/h, ansonsten bis 75 km/h ein; zum Zeitpunkt der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes betrug zwischen Müllheim und Neuenburg die Höchstgeschwindigkeit 60 km/h. Weiter rüstete man große Bahnhöfe mit niedriger Höchstgeschwindigkeit mit dieser Fahrleitung aus, insbesondere Kopfbahnhöfe, z. B. Frankfurt (M) Hbf 40 km/h. Auch überspannte man die Durchgangsgleise mittelgroßer Bahnhöfe mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 75 km/h, wo an niedrigen Überbauten das Tragseil fest abge-

⁶⁶ EB, 77 (1979), S. 175 ff., 207 f.

⁶⁷ Zeichnung Ezs 700 Ausgabe vom Mai 1953.

⁶⁸ Zeichnungen Ezs 701, Ezs 702, Ezs 703.

spannt werden mußte; so in Offenburg mit einer Durchfahr-
geschwindigkeit von 70 km/h, seit 1984 80 km/h. Schließ-
lich sieht man die Oberleitung Re 75 entsprechend der Be-
griffsbildung von 1962 für Bahnhofsgleise, ausgenommen
durchgehende Hauptgleise, vor.

Das Kettenwerk mit festem Tragseil und nachgespanntem
Fahrdraht mit 1,4 m Systemhöhe beim Ausleger-Stützpunkt
und 2,0 m Systemhöhe bei Querseilaufhängung wies ursprüng- Z 11.3.5./2
lich am Stützpunkt nur einen 1,0 m von dort entfernten
Hänger auf, bereits 1956 legte man dort symmetrische Hän-
gerteilung mit jeweils 2,5 m Abstand vom Stützpunkt fest.
Beim Ausleger-Stützpunkt ordnet man für die seitliche Z 11.3.5./3
Festlegung des Fahrdrahts sowohl beim Stützpunkt K als
auch Stützpunkt L einen am Ankerrohr befestigten Seiten-
halter an, dies auch bogeninnen bei Kurvenradien von mehr
als 800 m. Nur bei kleineren Krümmungsradien sieht man bo-
geninnen angelenkte Seitenhalter aus Stahlrohr vor. Im
Quertragwerk übernimmt man die Bauart der Einheitsfahrlei- Z 11.3.5./4
tung 1931 mit am unteren Richtseil angebrachtem Seitenhal- Z 11.3.5./5
ter aus Stahlrohr. Die Nachspannung ist zweifeldrig mit
sich am Zwischenstützpunkt kreuzenden Fahrdrähten ausge-
bildet, die Streckentrennung dreifeldrig. Bei dem 1963 bis
1966 zwischen Stuttgart und Ulm durchgeführten Umbau der
Einheitsfahrleitung 1931 auf die Regelfahrleitung 1950
erhielt die Teilstrecke Geislingen (Steige) - Amstetten
(Württemberg) wegen der dort zulässigen Höchstgeschwindig-
keit von 70 km/h diese Bauart.

Es sei angemerkt, daß es auch Mischbauarten zwischen den
einzelnen Ausführungsformen der Regelfahrleitung 1950
gibt, so sind im Bahnhof Offenburg Leichtbau-Seitenhalter
an Abstand-Ösenklemmen eingebaut; im Bahnsteigbereich von
Heidelberg Hbf findet sich nachgespanntes Kettenwerk bei
Querseilaufhängung mit geerdeten Richtseilen und Hänge-
stützen, wobei nur der Fahrdraht unter dem als Festpunkt
dienenden Querbahnsteig durchgeführt ist.

Ein 1954 von R. Wagner⁶⁹ durchgeführter Kostenvergleich
ergibt, daß für den Kilometer der eingleisigen Strecke die
Oberleitung Re 120 um 1,3 Prozent und die Re 75 um 1,8
Prozent unter den Kosten der Re 160 liegen, während die
Einheitsfahrleitung 1931 mit festem Tragseil 1 Prozent
mehr kostet. K. Bauermeister notiert 1966⁷⁰, daß sich die
Varianten der Regelfahrleitung in den Baukosten um etwa 1
Prozent unterscheiden, wozu weitere etwa 1,2 Prozent durch
den Übergang von der dreifeldrigen zur zweifeldrigen Nach-
spannung kommen; 1967⁷¹ sagt derselbe Verfasser aus, daß
der Unterschied der Baukosten der Regelfahrleitung für 160
km/h gegenüber jener für 100 km/h etwa 2,5 Prozent be-
trägt, wobei den größten Anteil der Übergang von dreifeld-

⁶⁹ DB, 28 (1954), S. 515.

⁷⁰ EB, 37 (1966), S. 105.

⁷¹ ETR, 16 (1967), S. 212.

riger zu zweifeldriger Nachspannung ausmacht. R. Wagner⁷² faßt zusammen: "Aus obigem ist ersichtlich, daß es sich im allgemeinen nicht lohnt, bei der Einheitsfahrleitung 1950 Vereinfachungen zu treffen" und betont an anderer Stelle⁷³: "Man sollte deshalb mit dem Weglassen einzelner Teile bei Geschwindigkeiten unter 120 km/h vorsichtig sein und auch hier die volle Einheitsbauart verwenden. Man gewinnt dadurch erhebliche Reserven, die um so mehr vertretbar sind, als die Kostenersparnis der einfachen Bauformen unerheblich ist."

11.4. Umbaufahrleitung 1950

1950	Stuttgart Hbf - Ludwigsburg	(Ferngleise)
1950-52	München Hbf - Rosenheim - Freilassing	(Umbau)
1950-53	Maisach - Augsburg Hbf	(Umbau)
1950-54	Augsburg Hbf - Neu Ulm	(Umbau)
1950-55	Augsburg Hbf - Nürnberg Hbf	(Umbau)
1952-55	Freilassing - Berchtesgaden	(Umbau)

Hinzu kommen noch verschiedene zeitlich nicht näher festzulegende Strecken, wie: Rosenheim - Staatsgrenze bei Kufstein, Gauting - Garmisch-Partenkirchen - Staatsgrenze bei Scharnitz bzw. Griesen, Nürnberg Hbf - Pressig-Rothenkirchen - BD-Grenze bei Falkenstein.

Nach B. Boehm⁷⁴ konnten auf dem größten Teil der Strecke Stuttgart Hbf - Ludwigsburg für die Überspannung der Ferngleise die vorhandenen Querseile verwendet werden. Das Kettenwerk mit festem Tragseil, nachgespanntem Fahrdraht und 6 m Y-Beiseil hängte man bei Ausleger-Stützpunkten am Schrägausleger auf, wobei der Fahrdraht beim Stützpunkt K über einen am Mast befestigten Seitenhalter, beim Stützpunkt L an einem am Stützrohr angelenkten Seitenhalter festgelegt ist. Erstmals bei der DB baute man im Quertragwerk Abstand-Ösenklemmen mit Rohrseitenhalter ein. Sowohl Nachspannung als auch Streckentrennung wurden dreifeldrig ausgebildet. Bis zum Ersatz durch die Oberleitung Re 160 befuhr man diese Fahrleitung mit höchstens 110 km/h.

Den Anstoß zum Umbau der vor 1940 elektrifizierten Strecken des süddeutschen Netzes gab der Wunsch, ab Winterfahrplan 1949/50 auf der Strecke München - Berchtesgaden Triebzüge der Gattung ET 25 mit einer Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h von München bis Freilassing einzusetzen. Nach einem Bericht der Versuchsanstalt⁷⁵ befuhren am 10.11.1949 der ET 25 017 und am 1.12.1949 die E 18 22 jeweils mit maximal 120 km/h diese Strecke, wobei sich ein sehr schlechtes Bild der Fahrleitung ergab. Bei Geschwin-

⁷² DB, 28 (1954), S. 515.

⁷³ DB, 28 (1954), S. 510.

⁷⁴ EB, 22 (1951), S. 268.

⁷⁵ Bericht E 207 G/1949 aufgestellt am 16.12.1949.

digkeiten über 90 km/h traten an jedem Stützpunkt Spannungsunterbrechungen unterschiedlicher Länge auf, zwischen den Stützpunkten stellte man Höenschwankungen des Fahrdrachtes bis zu 40 cm fest.

Für den Umbau vorhandener Fahrleitungen mit Schrägausleger gab das EZA München im November 1950 zwei Zeichnungen heraus. Die Bauart für 120 km/h⁷⁶ mit 1,65 m Systemhöhe, einer Fahrdrachthöhe am Stützpunkt von 6,0 m und 6 m Y-Beiseil beläßt am Stützpunkt K den vorhandenen Seitenhalter und sieht beim Stützpunkt L einen anslagsicheren Rohrseitenhalter vor. Bei der Bauart für 160 km/h⁷⁷ mit 2,0 m Systemhöhe, ebenfalls 6,0 m Fahrdrachthöhe, jedoch 12 m Y-Beiseil, ordnet man grundsätzlich angelenkte Leichtmetall-Seitenhalter mit gleicher Hängerteilung wie bei der Oberleitung Re 160 an. Hierzu überarbeitete man die für die Umbaufahrleitung 1942 (s. 9.6.) erstellte Zeichnung⁷⁸, indem man die dort vorgesehenen Bauteile durch genormte Bauteile der Regelfahrleitung 1950 ersetzte. Für die Stützpunkte im Quertragwerk griff man auf die vorhandenen Zeichnungen der Oberleitungen Re 120 und Re 160 zurück.

Nachdem R. Wagner⁷⁹ 1954 die Umbaufahrleitung 1950 darstellt, beschreibt er diese zwei Jahre später in einer Gemeinschaftsarbeit mit A. Mosler⁸⁰ ausführlicher. Die Abwicklung des Umbauprogramms findet sich in internen Jahresberichten der DB. Bei allen umgebauten Strecken beließ man die vorhandenen Masten mit Schrägausleger bzw. Querseilaufhängung. Bei den im Gleisbogen nicht windschief umgebauten Strecken nahm man bei kleineren bis mittleren Kurvenradien ein Überschreiten der nach den Fahrleitungsrichtlinien 1953 zulässigen Seitenverschiebung des Fahrdrachtes in Kauf; weiter beließ man die zweifeldrige Nachspannung mit sich kreuzenden Fahrdrächten.

Nach Mitteilung der Flm Freilassing experimentierte man beim Umbau der Strecke München - Rosenheim - Freilassing/Kufstein entsprechend der Bauform für 120 km/h mit der Länge des Y-Beiseils: 6 m Y-Beiseil im Gleisbogen bei windschiefer Fahrleitung mit Schrägausleger, 9 m Y-Beiseil in der Geraden bei Ausleger-Stützpunkten, 12 m Y-Beiseil bei Querseilaufhängung; letzteres Maß baute man später auch in der Geraden bei Ausleger-Stützpunkten ein.

Die Strecken Maisach - Augsburg - Neu Ulm und Augsburg - Nürnberg erhielten die Bauform für 160 km/h. Hier beseitigte man alle sonstigen harten Punkte in der Fahrleitung, indem man die Stützstreben zwischen Fahrdraht und Tragseil entfernte, die Weichenbespannung entsprechend den Fahrlei-

⁷⁶ Zeichnung Ezs 647 Bl. 2 Ausgabe vom November 1950.

⁷⁷ Zeichnung Ezs 647 Bl. 3 Ausgabe vom November 1950.

⁷⁸ Zeichnung Ezs 1001 Ausgabe vom Juni 1950.

⁷⁹ DB, 28 (1954), S. 510 f.

⁸⁰ EB, 27 (1956), S. 88 ff.

tungsrichtlinien 1953 umbaute, an überbauten den ringförmigen Hubbegrenzer beseitigte und die schwere Stromklemme am Fahrdraht durch eine leichtere Bauart ersetzte, schließlich anstelle des Doppelseitenhalters beim Zwischenstützpunkt der zweifeldrigen Nachspannung zwei voneinander getrennte Seitenhalter anordnete. Die Teilstrecke Treuchtlingen - Weißenburg (Bayern) erhielt zunächst Stahlrohr-Seitenhalter.

F 11.4./1
F 11.4./2

Die von der Elektrifizierung 1934/35 vorhandenen Teilstrecken mit nachgespanntem Tragseil Gersthofen - Gablingen (s. 7.5.1.) und Mühlstetten - Georgensgmünd (s. 7.5.2.) baute man in die Oberleitung Re 160 um, behielt jedoch die zweifeldrige Nachspannung bei.

Weder die Literatur noch bahninterne Unterlagen sprechen vom Umbau der Fahrleitung der Strecke Nürnberg - BD-Grenze bei Falkenstein. Nach Mitteilung der BD Nürnberg geschah dies in mehreren Phasen im Anschluß an den Umbau der Fahrleitung Treuchtlingen - Nürnberg. Da die Teilstrecke Nürnberg Hbf - Pressig-Rothenkirchen bei der Elektrifizierung die SSW-Fahrleitung mit Y-Beiseil und angelenktem Seitenhalter erhalten hatte, (s. 8.1.2.), beließ man zunächst die vorhandenen Stützpunkte und baute bis etwa 1965 lediglich das Längskettenwerk entsprechend der Bauart für 160 km/h um. Erst später ersetzte man die vorhandenen nicht anschlagsicheren Seitenhalter in den Hauptgleisen durch angelenkte Leichtmetall-Seitenhalter. Dies geschah auch bei den Ausleger-Stützpunkten in der Geraden der freien Strecke auf dem Steilrampenabschnitt Pressig-Rothenkirchen - BD-Grenze bei Falkenstein, wo man das ursprüngliche Kettenwerk ohne Y-Beiseil (s. 8.2.1.) beibehielt. Der Umbau der Strecke Nürnberg - BD-Grenze bei Falkenstein war etwa 1970 abgeschlossen; seit 1964 fährt man dort bis zu 130 km/h, ab 1968 mit höchstens 140 km/h.

F. Gut⁸¹ spricht davon, daß man nach der Einführung des 1950 mm breiten Regelstromabnehmers auf der Höllentalbahn den 20er Zickzack in den 40er Zickzack umbaute; hierbei erhielt der Stützpunkt L einen angelenkten Rohr-Seitenhalter, die Quertragwerke verschiedener Bahnhöfe Abstand-Ösenklemmen. Seit 1984 wird diese Umbaufahrleitung zwischen Freiburg-Wiehre und Himmelreich mit bis zu 100 km/h befahren.

Über die Fahrleitung der 1913 elektrifizierten Wiesen- und Wehratalbahn (s. 3.1.2. und 3.2.2.) vermerkt F. Gut an gleicher Stelle, daß sich nach etwa 50jähriger Nutzungsdauer stärkere Abnutzungen an den Stahlseilen und an den Stahlkonstruktionen sowie starke Schäden an den Mastfundamenten zeigten. Anstelle eines Umbaus erneuerte man nach Mitteilung der BD Karlsruhe 1959 bis 1962 die Fahrleitung Basel Bad Bf - Zell (Wiesental) und 1962 bis 1964 jene von

⁸¹ JdE, 15 (1964), S. 88 ff.

Schopfheim nach Säckingen, wobei man nach Aufarbeitung noch brauchbare Masten wiederverwendete. Von Basel Bad Bf bis Lörrach baute man die Oberleitung Re 160 ein, auf den übrigen Teilstrecken die Oberleitung Re 100. Nach der Einstellung des Reisezugverkehrs auf der Wehratalbahn zum Sommerfahrplan 1971 kam es dort zu verschiedenen Starkstromunfällen mit Personenschaden, weshalb man zwischen Schopfheim und Säckingen die Fahrleitungsanlage 1978 abtragen mußte.

Schwieriger als beim Schrägausleger gestaltete sich die Anpassung der Fahrleitung für höhere Geschwindigkeiten bei waagerechtem Ausleger. Während auf der Strecke Freilassing - Berchtesgaden mit unterhalb des waagerechten Auslegers montiertem Diabolo-Isolator auch nach dessen Ersatz durch einen Stabisolator und Tieferlegung des Fahrdrahtes auf eine für den Stromabnehmer günstigere Fahrdrathöhe eine hinreichend große Systemhöhe vorhanden war, mußte man bei dem Mitte der fünfziger Jahre begonnenen Umbau der Strecke Gauting - Garmisch-Partenkirchen bei Ausleger-Stützpunkten die waagerechten Ausleger durch Rohrschwenkausleger ersetzen, da nach Ersatz des oberhalb des Auslegers montierten Diabolo-Isolators durch einen hängenden Stabisolator trotz Tieferlegung des Fahrdrahts keine hinreichend große Systemhöhe vorhanden gewesen wäre. Dabei beließ man das feste Tragseil und montierte die Bauart für 120 km/h. In ähnlicher Weise, jedoch ohne Y-Beiseil oder Abstandhalter im Querfeld, baute die BD München die Strecken Tutzing - Kochel, Weilheim - Peißenberg und Staatsgrenze bei Scharnitz - Garmisch-Partenkirchen - Staatsgrenze bei Griesen um. Dagegen behielt man man auf der Teilstrecke Huglfing - Hechendorf die vom Doppelspurausbau 1935 vorhandenen Schrägausleger (s. 6.2.) bei.

Schließlich ersetzte man bei der seit 1940 auf der Strecke München - Landshut vorhandenen AEG-Fahrleitung mit Windseil (s. 8.1.4.) die Sonderteile durch genormte Bauteile der Regelfahrleitung 1950 und spannte das Tragseil nach, wodurch sich eine der windfesten RZA-Fahrleitung (s. 8.1.5.) ähnliche Bauart ergab. F 11.4./4

Nach R. Wagner und A. Mosler⁸² zeigten Meßfahrten auf der Umbaufahrleitung 1950 für 160 km/h bei einer Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h ausgeglichene Anpreßdrücke, wobei nur kurze Spannungsunterbrechungen auftraten. Dieser gegenüber einem Neubau kostengünstige Umbau ermöglichte es, auch auf den zur Reichsbahnzeit elektrifizierten Strecken Süddeutschlands von 1958 an eine Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h zu fahren, ab 1968 bis zu 160 km/h (s. 2.2.). Tatsächlich erwiesen neuere Meßfahrten der Versuchsanstalt München zwischen Treuchtlingen und Weißenburg mit 160 km/h und Stromabnehmer SBS 65 selbst bei Extremtemperaturen eine überraschend gute Stromabnahme. Da-

⁸² EB, 27 (1956), S. 90 f.

gegen verursachten bei der Umbaufahrleitung 1950 auf den Abschnitten Mering - Kissing und Mündling - Fünfstetten starke Winde im Frühjahr und Herbst lotrechte Schwingungen im Kettenwerk mit senkrechten Bewegungen von etwa 50 cm. In einem Bericht⁸³ stellt hierzu die Versuchsanstalt fest, daß eine wirtschaftlich vertretbare Abhilfe nicht möglich ist. Eine Herabsetzung der Schwingungen läßt sich nur dadurch verwirklichen, daß die Hänger im Beiseil nach oben am Stützpunkt bzw. an den Tragseilstücken rechts und links desselben verankert werden.

Über eine von der Umbaufahrleitung 1950 abweichende Bauart berichten R. Wagner und A. Mosler⁸⁴ im Jahre 1956: "Auf dem anschließenden Abschnitt Landshut - Regensburg wird dagegen, weil hier die Spannweiten größer als 75 m sind, 80 m aber nicht überschreiten, die vorhandene Fahrleitung durch die Einheitsfahrleitung 1950 ersetzt. Der Umbau ist im Gange." Nach Mitteilung der Direktionen München und Nürnberg baute man in der Geraden und im Gleisbogen mit großem Krümmungsradius die Oberleitung Re 120 ein. Zwischen Mirskofen und Ergoldsbach behielt man im Gleisbogen mit mittlerem oder kleinerem Radius die seit etwa 1940 vorhandene windschiefe Fahrleitung (s. 8.3.1.) bei, spannte jedoch das Tragseil nach. Nur beim Umbau der zweifeldrigen Nachspannung in die dreifeldrige Bauform setzte man neue Masten. Diese Fahrleitung befuhr man mit einer Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h.

Der gestiegene Energiebedarf und die Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf bis zu 200 km/h führte bei der BD München größtenteils zum Ersatz der Umbaufahrleitung 1950 durch die Oberleitungen Re 160 bzw. Re 200, wobei man in der Geraden oder in Kurven mit großen Krümmungsradien die vorhandenen Masten weiter benutzte, in mittleren und kleineren Radien entsprechend den in den Fahrleitungsrichtlinien genannten Längsspannweiten neu gründete. Abgesehen von zwei Teilstrecken zwischen Bergen (Obb) und Teisendorf (s. 8.3.1.), den Linien südlich Tutzing - die Fahrleitung nach Peißenberg wurde 1982 abgebaut - und dem größten Teil der Strecke Freilassing - Berchtesgaden (s. 11.9.3.), ist die Umbaufahrleitung 1950 von den meisten Strecken der BD München verschwunden; anders bei der BD Nürnberg.

Von Pressig-Rothenkirchen bis Treuchtlingen ist die Umbaufahrleitung für 160 km/h größtenteils noch vorhanden; das Streckengleis Forchheim - Bamberg mit den dazwischen gelegenen Bahnhöfen erhielt verschiedene Versuchsbauarten für 200 km/h (s. 11.8.3.). Nach Überzeugung der BD Nürnberg ist die Stromabnahme und damit der Fahrdrahtverschleiß bei einer sorgfältig regulierten Umbaufahrleitung für 160 km/h keinesfalls schlechter als bei der Oberleitung Re 160, da zufolge der im BD-Bereich auftretenden Temperaturen der

⁸³ Bericht E 19 G/1954 aufgestellt am 26.02.1954.

⁸⁴ EB, 27 (1956), S. 91.

Fahrdraht den größten Teil des Jahres einen Vordurchhang aufweist. Deshalb denkt die BD Nürnberg vorderhand nicht an eine Normalisierung der Fahrleitungsanlage der genannten Strecken.

11.5 Regionale Sonderbauarten der Regelfahrleitung 1950

Obwohl § 1 (3) der Fahrleitungsrichtlinien 1953 für die Bauarten, die Einzelteile und die Bauausführung die Zeichnungen des BZA München verbindlich vorschreibt (s. 11.2.), kam es bei einzelnen Bundesbahndirektionen aus verschiedenen Gründen zu regionalen Sonderbauarten der Regelfahrleitung 1950.

11.5.1. BD Stuttgart

1951 Bietigheim - Mühlacker
 1954 Mühlacker - Bretten
 1958 Mühlacker - Wilferdingen

Anlässlich der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes auf der Strecke Mühlacker - Bruchsal führt F. Gut⁸⁵ aus: "Die Fahrleitung ist auf der freien Strecke und in den durchgehenden Hauptgleisen der Bahnhöfe für eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h mit nachgespanntem Tragseil gebaut worden, wobei auf dem Abschnitt Mühlacker - Bretten (SSW) die bei der BD Stuttgart übliche Anordnung der versetzten Hänger gewählt wurde, während im Bereich der BD Karlsruhe auf dem Abschnitt Bretten - Bruchsal (AEG und BBC) die Fahrleitung an den Stützpunkten mit dem kleinen Ypsilon (6 m) ausgerüstet wurde ... Auf den Überholungs- und Nebengleisen wurde zwischen Mühlacker und Bretten die tragseilarme Fahrleitung und zwischen Bretten und Bruchsal festes Tragseil angewendet."

Nach Mitteilung der BD Stuttgart bedeutet "versetzte Hänger", daß anstelle des Y-Beiseils die Hänger unter Beibehaltung der üblichen Hängerteilung von 10 bis 13 m in der Weise versetzt angeordnet werden, daß die dem Stützpunkt benachbarten Hänger jeweils einen Abstand von einer halben Hängerteilung vom Stützpunkt haben. Um in Krümmungen größere Längsspannweiten zu erzielen, baute man auf freier Strecke eine windschiefe Fahrleitung mit einer Systembreite von 1 m ein, dies auch bei der dreifeldrigen Nachspannung. Ansonsten entsprechen die Auslegerstützpunkte jenen der Oberleitung Re 120. F 11.5.1./2

Bei Querseilaufhängung mit Querspanweiten bis 25 m und nicht mehr als 5 Gleisen entfiel das obere Richtseil, falls dies der Windantrieb zuläßt. Auch in Gleiskrümmungen ist das obere Richtseil geerdet. Für das nachgespannte F 11.5.1./1

⁸⁵ EB, 25 (1954), S. 182; s. auch DB, 28 (1954), S. 400.

Tragseil im Quertragwerk verwendet man nur Pendellaschen; Abstand-Ösenklemmen sah man für die Haupt- und Überholungsgleise vor. Es sei angemerkt, daß beispielsweise die "Richtlinien für die Fahrleitung Mühlacker - Wilferdingen" vom 7.08.1956 auf 8 DIN A 4-Seiten größtenteils Abweichungen von der Regelbauart festschreiben.

Noch im Jahre 1968 notiert F. Fakiner⁸⁶ für die Strecken Bietigheim - Bretten/Wilferdingen eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h. Nach Mitteilung der Flm Mühlacker baute man noch im gleichen Jahr auf der Teilstrecke Bietigheim - Mühlacker die inzwischen bei der BD Stuttgart als "Re 100 (120)" bezeichnete Sonderbauart in die Oberleitung Re 160 um; 1975/76 folgte der Abschnitt Mühlacker - Bretten, wobei man im Gleisbogen den Mastabstand entsprechend den Fahrleitungsrichtlinien 1953 verkürzte. Während man hier die Höchstgeschwindigkeit auf bis zu 140 km/h anheben konnte, beließ man auf der Nebenfernstrecke Mühlacker - Wilferdingen die vorhandene Fahrleitung nahezu unverändert und befuhr sie zwischen Mühlacker und Ersingen mit bis zu 130 km/h.

11.5.2. BD Nürnberg

1952 Feucht - Altdorf (b Nürnberg)

Nach E. Eger⁸⁷ war es der DB nur möglich, die 11 km lange Nebenbahn Feucht - Altdorf zu elektrifizieren, wenn aus den für die Strecke Nürnberg - Regensburg genehmigten Mitteln noch jene für die Elektrifizierung dieser Strecke übrig gelassen werden konnten. Die Fahrleitung dieser Zweiglinie mußte deshalb in einer vereinfachten und verbilligten Bauweise errichtet werden; auch R. Wagner⁸⁸ geht hierauf kurz ein. Hierzu schlug die BD Nürnberg eine Fahrleitung mit windversteiftem Tragseil für eine Spannweite von 120 m in der Geraden vor, die die Versuchsanstalt bezüglich Windabtrieb und Durchhang bei Eislast untersuchte. Der zugehörige Bericht⁸⁹ notiert eine Überschreitung des zulässigen Windabtriebs um 5 cm, die Eisbelastungen ergaben zu große Werte. Dennoch baute man diese Bauart zwischen Feucht und Altdorf ein.

Da es nach der Literatur bei der Elektrifizierung Nürnberg - Regensburg bei der Belieferung von Stahlmasten zu Schwierigkeiten gekommen war (s. 11.1.2.), verwendete man hier Stahlbetonmasten. Das nachgespannte Kettenwerk mit einem Windseil von 60 m Länge befestigte man an Rohrschwenkauslegern, wobei man beim Stützpunkt L einen angelegten Seitenhalter vorsah; die Stützpunkte im Gleisbogen

⁸⁶ DB, 43 (1969), S. 562 f., Bild 5.

⁸⁷ DB, 28 (1954), S. 390 f.

⁸⁸ DB, 28 (1954), S. 512.

⁸⁹ Bericht E 16 G/1952 aufgestellt am 12.02.1952.

montierte man entsprechend der Regelfahrleitung 1950. Weitere Details weiß die BD Nürnberg mitzuteilen.

Während der Bahnhof Winkelhaid teilweise Weitspannfelder erhielt, rüstete man den Endbahnhof Altdorf mit der üblichen Querseilaufhängung aus, vom Hauptgleis abgesehen, mit festem Tragseil. Die Nachspannung bildete man, von einer Ausnahme abgesehen, dreifeldrig aus. Nur beim Bahnhof Feucht baute man eine dreifeldrige Streckentrennung entsprechend der Regelausführung ein, vor dem Bahnhof Altdorf lediglich einen Streckentrenner, um diesen Bahnhof bei Unterhaltungsarbeiten abschalten zu können. Für die auf dieser Nebenbahn zulässige Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h genügte diese Bauart vollauf.

Im Zusammenhang mit der im Bau befindlichen S-Bahn Nürnberg mußte man auch auf der Strecke Feucht - Altdorf Bahnkörper, Oberbau und Oberleitung dem künftigen S-Bahn-Betrieb anpassen.⁹⁰ Nach Mitteilung der BD Nürnberg ersetzte man die vorhandene Fahrleitung mit Weitspannfeldern durch die Oberleitung Re 160 und befährt sie mit 100 km/h.

11.5.3. BD München

1952/53	Murnau - Oberammergau (Umbau)
1960	Höllriegelskreuth-Grünwald - Wolfratshausen
1970	Markt Schwaben - Erding
1971	München Ost Pbf - Deisenhofen
1971	München-Giesing - Kreuzstraße
1971	(Holzkirchen -) Westerham - Rosenheim

Weder der Jahresbericht von W. Klüsche⁹¹ noch die Darstellung von J. Pfeifer⁹² gehen auf die zwischen Murnau und Oberammergau anlässlich der Umstellung von 5 kV 16 Hz auf 15 kV 16 2/3 Hz neu errichtete Fahrleitungsanlage ein.

Nach einem bahninternen Bericht aus dem Jahre 1954 mußte man wegen der stark angefaulten Holzmasten, unzulässiger Abnutzung des Fahrdrahtes, korrodierter Eisenteile und schlechter Isolatoren die vorhandene Fahrleitung aus dem Jahre 1905 (s. 3.2.1.) größtenteils vollständig umbauen. Nach Mitteilung der BD München und der Flm Murnau benutzte man hierfür zwei unterschiedliche Fahrleitungsbauarten: Im Bahnhof Oberammergau und bei einer Nachspannlänge zwischen Grafenaschau und Bad Kohlgrub die tragseilarme Fahrleitung System Boehm (s. 10.2.2.), ansonsten eine von der BD München entworfene Sonderbauart, wobei man vorhandene Bauteile soweit möglich weiterverwendete. Das sowohl auf der freien Strecke als auch im Durchgangsgleis der Bahnhöfe nachgespannte Kettenwerk hängte man in der Geraden an

⁹⁰ DB, 60 (1984), S. 922.

⁹¹ EB, 26 (1955), S. 39.

⁹² EB, 31 (1960), S. 49 ff.

- Schwenkauslegern mit Stabisolatoren in Gleismitte auf, wobei man vorhandene Ausleger mittels Schwenkausleger-Gelenk am Mast befestigte. In längeren Geraden montierte man eine windfeste Fahrleitung mit einer Längsspannweite von 110 m, im Gleisbogen eine windschiefe Fahrleitung ohne Ausleger. Die Nachspannung ist zweifeldrig mit Rohrschwenkauslegern am Zwischenstützpunkt, die Streckentrennung dreifeldrig; bemerkenswert ist die windschiefe dreifeldrige Streckentrennung im Gleisbogen beim Bahnhof Murnau.
- F 11.5.3./1
- F 11.5.3./3
- F 11.5.3./2 Das Tragseil wird über Rollen-Spanner mit Gewichten innerhalb des Gittermasts nachgespannt, der Fahrdraht über Hebel-Fahrdrahtspanner mit Gewichten außerhalb des Masts. Der Festpunkt entspricht der Regelfahrleitung 1950. Diese Fahrleitung ist unverändert im Betrieb, dagegen baute man die zwischen Grafenaschau und Bad Kohlgrub gelegene Nachspannlänge tragseilarmer Fahrleitung auf Kettenfahrleitung mit festem Tragseil um, ebenfalls die Bahnsteiggleise im Bahnhof Oberammergau.

Auch über die Elektrifizierung Höllriegelskreuth-Grünwald - Wolfratshausen notiert W. Klüsche⁹³ keine Details. Nach Mitteilung der BD München montierte man eine vereinfachte Regelfahrleitung 1950 mit nachgespanntem Kettenwerk, in der Geraden ohne Y-Beiseil, einer Spannweite bis 85 m und 1,8 m Systemhöhe, im Gleisbogen windschief mit Seitenhaltern sowohl am Flachmast als auch im Querfeld. Die von H. Müller⁹⁴ beschriebene Anbindung der südlichen Vorortstrecken an die S-Bahn-Stammstrecke in München führte auch hier zum Ersatz der vorhandenen Fahrleitung durch die Regelfahrleitung, größtenteils die Bauart Re 100, auf schneller befahrbaren Teilstrecken die Oberleitung Re 160.

Andererseits führte die im Hinblick auf die Einrichtung des S-Bahn-Verkehrs München erforderliche Elektrifizierung aller Vorortstrecken zu einer weiteren regionalen Sonderbauart der Regelfahrleitung 1950. Hierzu notiert R. Wagner⁹⁵: "Die neu elektrifizierten Strecken München Hbf - Geltendorf und Holzkirchen sowie München Ost - Markt Schwaben wurden mit Regelfahrleitung Re 160 bespannt, da es sich hier um Hauptbahnen handelt, die Geschwindigkeiten teilweise bis zu 160 km/h zulassen; die Vorortzüge werden dort ihre Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h voll ausfahren. Die übrigen zu elektrifizierenden Strecken München Ost - Deisenhofen und München Ost - Kreuzstraße - Holzkirchen, Markt Schwaben - Erding und Grafing - Ebersberg sind z. Zt. Nebenbahnen, deren Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h gehoben wird. Hier wird die vereinfachte Regelbauart für 100 km/h ohne Y-Beiseil genügen, sofern diese Strecken nicht zu Hauptbahnen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h ausgebaut werden. Soweit die Strecken eingleisig

⁹³ EB, 32 (1961), S. 5.

⁹⁴ DB, 57 (1981), S. 321 ff.

⁹⁵ EB, 40 (1969), S. 105 f.

sind, wird in Krümmungen bei Einzelmasten und im Querfeld windschief (bis 45°) gebaut, um die Mastabstände vergrößern zu können."

Nach dem Ableben von R. Wagner⁹⁶ erfolgte unter dessen Nachfolger bei der BD München eine Planänderung, zumal die Strecken München Ost - Deisenhofen, München-Giesing - Kreuzstraße und Markt-Schwaben - Erding zu Hauptbahnen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h aufgewertet wurden. Deshalb baute man hier und auf der Teilstrecke Westerham - Rosenheim eine bei der BD München als "Re 100 v_{max} 120" bezeichnete Sonderbauart ein, die sich nur dadurch von der Oberleitung Re 100 unterscheidet, daß die Hänger beidseits des Stützpunktes davon jeweils einen Abstand von 10 m haben.

11.5.4. BD Saarbrücken

- 1960 Homburg (Saar) Hbf - Saarbrücken Hbf - Staatsgrenze bei Stiering-Wendel
- 1960 Saarbrücken Hbf - Fürstenhausen - Hostenbach - Überherrn
- 1960 Fürstenhausen - Großrosseln
- 1960 Saarbrücken Hbf - Brebach
- 1962 Großrosseln - Warndt Grube
- 1964 Bf Völklingen
- 1965 Saarbrücken-Schleifmühle - Wemmetsweiler
- 1965 Merchweiler - Göttelborn Grube
- 1966 Homburg (Saar) Hbf - Neunkirchen (Saar) Hbf - Wemmetsweiler

Nach dem Zweiten Weltkrieg war das Saarland zunächst von Deutschland politisch unabhängig und wirtschaftlich, zoll- und währungspolitisch an die Französische Republik angeschlossen. Im Jahre 1955 nimmt E. Müller⁹⁷ für einen elektrischen Zugbetrieb der Saareisenbahnen als einzig mögliches Stromsystem 25 kV 50 Hz an. Während Fahrdrabt und Tragseil entsprechend der französischen Norm bezogen werden sollten, sind über die sonstige Ausgestaltung der geplanten Fahrleitungsanlage keine näheren Aussagen möglich, da der Verfasser notiert: "Nun sind die Fahrleitungsbauarten der beiden benachbarten Bahnen einander so ähnlich, daß keinerlei grundsätzlicher Unterschied besteht." Die Eingliederung des Saarlandes in die Bundesrepublik hatte nach A. Meyer⁹⁸ zum 1.01.1957 die Überführung der "Eisenbahnen des Saarlandes" in die DB zur Folge.

Nach R. Wagner⁹⁹ wählte man für die nunmehr mit 15 kV

⁹⁶ EB, 40 (1969), S. 121.

⁹⁷ ETR, 4 (1955), S. 277 ff.; s. auch EB, 83 (1985), S. 265 ff.

⁹⁸ DB, 34 (1960), S. 1077 ff.

⁹⁹ EB, 31 (1960), S. 169 ff.

F 11.5.4./1 16 2/3 Hz zu speisende Fahrleitungsanlage eine aus der Oberleitung Re 120 abgeleitete Variante. Beim Ausleger-Stützpunkt mit 1,4 m Systemhöhe verzichtet man beim Stützpunkt K auf ein Y-Beiseil, ordnet dafür die Hänger nicht unmittelbar am Stützpunkt, sondern jeweils 5 m davon entfernt an; beim Stützpunkt L sieht man 8 m Y-Beiseil und einen angelenkten Rohr-Seitenhalter vor. In den Bahnhöfen der Hauptstrecken ähnelt das Quertragwerk der späteren Oberleitung Re 100, jedoch mit 1,8 m Systemhöhe.

F 11.5.4./3 Auf der eingleisigen Strecke Fürstenhausen - Großrosseln -
 F 11.5.4./4 Warndt Grube ordnete man auf freier Strecke in der Geraden die Masten alternierend auf beiden Seiten des Gleises an, um angelenkte Seitenhalter zu vermeiden. Um auch an Gründungen, Masten und Stützpunkten zu sparen, sah man in der Geraden Weitspannfelder von 110 m Längsspannweite mit Windseil und in den Krümmungen eine windschiefe Fahrleitung mit einer Systembreite von 1,5 m vor, wodurch die Längsspannweiten gegenüber lotrecht verlegtem Kettenwerk um etwa 20 Prozent vergrößert werden konnten. Die Querseilaufhängung des Bahnhofs Großrosseln ähnelt der Oberleitung Re 75, jedoch verwendete man hier grundsätzlich nachgespanntes Kettenwerk. M. Heidinger¹⁰⁰ weist darauf hin, daß man teilweise tragseilarme Fahrleitung verwendete (s. 10.2.2.) und den größtenteils im Gleisbogen liegenden Bahnhof Völklingen windschief mit Querseilaufhängung überspannte.

F 11.5.4./2

Nach Mitteilung der BD Saarbrücken baute man die vereinfachte Regeloberleitung für 120 km/h auch auf der Strecke Saarbrücken-Schleifmühle - Fischbach-Camphausen - Wemmetsweiler - Neunkirchen - Homburg (Saar) Hbf ein, nördlich Neuhaus mit zweifeldriger Nachspannung. Die eingleisige Strecke Merchweiler - Göttelborn Grube erhielt eine Variante der vereinfachten Regeloberleitung für 100 km/h mit 35 mm² Bronzetrage-seil und 80 mm² Kupferfahrdrabt (s. 11.3.4.), Auslegerstützpunkte entsprechend der Norm in der Geraden, jedoch windschief im Gleisbogen.

Die regionalen Sonderbauarten der BD Saarbrücken sind größtenteils unverändert vorhanden, lediglich die Teilstrecke Homburg - St. Ingbert baute man 1972 im Hinblick auf eine Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf bis zu 140 km/h auf die Oberleitung Re 160 um.

11.6. Sonstige Sonderbauarten der Regelfahrleitung 1950

11.6.1. Fahrleitung mit Doppelfahrdrabt

1957 Schwarzkopf-Tunnel
 1961 Schlüchtener-Tunnel
 1965 Rudersdorfer-Tunnel

¹⁰⁰ EB, 38 (1967), S. 104 ff.

1966 Emmerich - Staatsgrenze bei Elten (1500 V =)
 1966 Aachen Hbf - Staatsgrenze bei Welkenraedt (3000 V =)
 1976 Bentheim - Staatsgrenze bei Gildehaus (1500 V =)

Sieht § 11 (10) des Entwurfs der Fahrleitungsrichtlinien 1950 (s. 11.1.1.) Doppelfahrdraht auf Strecken mit Geschwindigkeiten über 150 km/h vor, weiter bei Überbauten, die nur einen geringen Fahrdrahtanhub zulassen, spricht die endgültige Fassung von 1953 in § 22 (7), (9) bei der Umgrenzung des lichten Raumes nur allgemein von der Örtlichkeit angepaßten Sonderbauarten.

Nach R. Wagner und A. Mosler¹⁰¹ verlegte man bei dem 1951/52 durchgeführten Umbau der Fahrleitung München-Pasing - Maisach (s. 11.1.4.) an besonders profilengen Überbauten Doppelfahrdraht. A. Mosler¹⁰² legt dar, daß man für die Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes im Ruhrgebiet im Jahre 1957 infolge der Häufung von Überbauten an Bahnanlagen mit Fahrgeschwindigkeiten über 100 km/h durch Sonderkonstruktionen der Fahrleitung mit reduzierten lichten Höhen auskommen konnte. Besondere Schwierigkeiten traten bei dem 64 m langen Kreuzungsbauwerk in km 61,2 der Strecke Düsseldorf - Duisburg auf, wo anstelle der geforderten lichten Höhe von 5500 mm nur ein Maß von 5200 mm zu erreichen war. Durch den Einbau einer einfachen Fahrleitung mit nachgespanntem Doppelfahrdraht kann dieses Bauwerk mit der geforderten Geschwindigkeit von 120 km/h befahren werden. Allerdings muß die Fahrleitung im Betrieb öfter nachgemessen und bereits bei geringen Änderungen nachgeregelt werden. Im Jahre 1959 nahm das BZA München diese Sonderbauart als Fahrleitungs-Anordnung mit Doppel-Fahrdraht unter niedrigen Bauwerken¹⁰³ in dessen Zeichnungswerk auf. Z 11.6.1./1

Im Zuge der Elektrifizierung Würzburg - Aschaffenburg im Jahre 1957 war auch der zwischen den Bahnhöfen Heigenbrücken und Laufach gelegene 926 m lange in schlechtem Zustand befindliche Schwarzkopf-Tunnel mit Fahrleitung auszurüsten. Nach H. Schreiner¹⁰⁴ mußte man bei der Fahrdrahtaufhängung auf das hohe Alter und den stetig fortschreitenden Verfall des Tunnelgewölbes besonders Rücksicht nehmen sowie die Kräfte an den Sandsteinquadern des Tunnelgewölbes so klein wie möglich halten. Bei dem in der Geraden liegenden Tunnel entschied man sich für nachgespanntes Kettenwerk mit Tragseil und in Tailienform verlegtem Doppelfahrdraht, das in 30 bis 40 m Abstand aufgehängt ist, wobei der Festpunkt in der Mitte des Tunnels liegt. Diese Sonderkonstruktion des mit bis zu 100 km/h befahrenen Tunnels erleichterte die von H. Beiche¹⁰⁵ beschriebene Sa-

¹⁰¹ EB, 27 (1956), S. 90.

¹⁰² DB, 28 (1954), S. 449 f.

¹⁰³ Zeichnung Ezs 769 Ausgabe vom November 1959.

¹⁰⁴ DB, 31 (1957), S. 896 f.

¹⁰⁵ ETR, 28 (1979), S. 189 ff.

nierung des Schwarzkopf-Tunnels wesentlich, da man bei eingeschaltetem Nachbargleis gefahrlos arbeiten konnte.

Z 11.6.1./3

Der 1. Elektrifizierungsabschnitt der Nord-Süd-Strecke Hanau - Fulda umfaßte auch den 3575 m langen Schlüchtener-Tunnel. Da zunächst der Plan bestand, die im Schlüchtener-Tunnel notwendig werdenden Abdichtungsarbeiten wenigstens auf einem Gleis bei elektrischem Betrieb durchführen zu können, um die starken Belästigungen und Behinderungen der Arbeitskräfte im Tunnel durch die Verqualmung bei Dampftrieb zu vermeiden, konnte nach K. Crusius¹⁰⁶ die Tunnel-Regelfahrleitung nicht verwendet werden, weil die Rohrhängesäulen der Fahrleitungsstützpunkte des zu überspannenden Gleises über dem Nachbargleis hätten befestigt werden müssen. Da der Schlüchtener-Tunnel in der Geraden liegt, übernahm man die im Schwarzkopf-Tunnel verwendete Konstruktion, verbesserte jedoch die Aufhängung der tailenförmig verlegten Fahrdrähte, indem man diese nicht unmittelbar an der Spreize, sondern an kurzen Hängedrähten unterhalb derselben befestigte. Die größere Länge des Schlüchtener-Tunnels erforderte etwa in Tunnelmitte eine Nachspannung, wobei die Radspanner in einem Entlüftungsschacht bzw. in kleinen Nischen angebracht wurden. Bei der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h ist der Bügellauf gut.

Im Zusammenhang mit der Elektrifizierung der tunnelreichen Ruhr-Sieg-Strecke war unter anderem der 2651 m lange das Rothaargebirge durchquerende Rudersdorfer-Tunnel mit Fahrleitung auszurüsten. Um dort eine Nachspannung in Tunnelmitte zu vermeiden, erhielt dieser Tunnel nach Mitteilung des BZA München und der Flm Siegen die Regel-Tunnelfahrleitung, jedoch mit Doppelfahrdraht zu je 100 mm², um die Längenänderungen des Kettenwerks zufolge der Stromwärme in der Nähe des Unterwerks Rudersdorf zu vermindern. Versuchsweise sah man für die Aufhängung der beiden Fahrdrähte am Tragseil einerseits alternierende Hänger, andererseits eine gemeinsame Klemme für beide Fahrdrähte vor. Nachdem sich die letztgenannte Bauart besser bewährt hatte, baut die DB bei Kettenwerken mit zwei Fahrdrähten nur noch die Doppelklemme ein.

F 11.6.1./2

Nur am Rande sei auf verschiedenen Gleichstrom-Fahrleitungen auf Grenzstrecken nach Belgien bzw. zu den Niederlanden hingewiesen, die ein nachgespanntes Kettenwerk bestehend aus 150 mm² Kupfertragseil und Doppelfahrdraht von je 100 mm² aufweisen; die Fahrleitung Bentheim - Staatsgrenze bei Gildehaus zusätzlich eine Verstärkungsleitung von 240 mm² Aluminium. W. Klünner¹⁰⁷ beschreibt die Anlage Emmerich - Staatsgrenze bei Elten, H. Scheuffgen¹⁰⁸ jene

¹⁰⁶ DB, 35 (1961), S. 1041 ff.

¹⁰⁷ EB, 37 (1966), S. 126 ff.

¹⁰⁸ EB, 37 (1966), S. 274 ff.

von Aachen Hbf zur Staatsgrenze bei Welkenraedt, schließ- F 11.6.1./1
lich H. D. Schäfer und E. Treytnar¹⁰⁹ die zwischen Bent-
heim und Staatsgrenze bei Gildehaus errichtete Gleich-
stromfahrleitung. Um eine besondere Beschaffung und Lager-
haltung für diese Sonderfahrleitungen unter den sonst
üblichen Oberleitungen der DB zu ersparen, errichtete man
auch die Gleichstromfahrleitung aus Normteilen der Regel-
fahrleitung 1950 der DB; neu zu beschaffen waren lediglich
die bereits im Rudersdorfer-Tunnel verwendeten Fahrdräht-
klemmen für die gemeinsame Aufhängung der Fahrdrähte am
Tragseil, die später auch für die S-Bahn-Oberleitung der
DB vorgesehen wurden.

11.6.2. S-Bahn-Oberleitung

- 1972 München Ost Pbf - München Hackerbrücke
(Tunnelstrecke S-Bahn)
- 1975 Düsseldorf-Unterrath - Düsseldorf-Flughafen
(Tunnelstrecke Flughafen)
- 1978 Frankfurt (M) West - Frankfurt (M) Hbf (tief) -
Frankfurt (M) Hauptwache (Tunnelstrecke S-Bahn)
- 1978 Stuttgart Hbf - Stuttgart Schwabstraße
(Tunnelstrecke S-Bahn)
- 1983 Frankfurt (M)-Hauptwache - Frankfurt (M)-Konstabler-
wache (Tunnelstrecke S-Bahn)
- 1985 Stuttgart Schwabstraße - Stuttgart-Vaihingen
(Tunnelstrecke S-Bahn)

Der Bau der Münchner S-Bahn führte die DB in bislang unge-
wohnte Größenordnungen des Energiebedarfs. Betrug nach K.
Bauermeister¹¹⁰ im Jahre 1969 die Triebfahrzeugleistung je z 11.6.2./1
Streckenkilometer im elektrifizierten Netz der DB 970 kW,
sollte dieser Wert bei der Münchner S-Bahn auf nahezu 1300
kW anwachsen. H. Bachmann¹¹¹ teilt mit, daß sich nach Auf-
nahme des S-Bahn-Verkehrs im Großraum München der Energie-
verbrauch verdoppelte. Da ein aus drei Einheiten der Bau-
reihe 420 bestehender Langzug eine installierte Leistung
von 7200 kW hat, entnimmt ein solcher der Oberleitung in
der Beschleunigungsphase eine Stromstärke von 800 bis 900
A (mit Heizung). R. Wagner¹¹² notiert, daß zwischen den
Bahnhöfen Hackerbrücke und München Ost (Tunnelstrecke) in
eingehenden Untersuchungen für den 2 min-Abstand auf bei-
den Fahrtrichtungen ein Gesamtstrom von 5300 A in der
Spitze und von 3200 A im 2 min-Mittel für den Stoßverkehr
morgens und abends errechnet wurde. Für derart hohe Dauer-
ströme ist ein Querschnitt von mindestens 300 mm² Kupfer
notwendig, der auf dem Abschnitt Pasing - Hackerbrücke
durch Mitführen einer Verstärkungsleitung an den Masten
erreicht wird; schwieriger ist es im S-Bahn-Tunnel.

¹⁰⁹ EB, 47 (1976), S. 86 ff.

¹¹⁰ DB, 43 (1969), S. 1018.

¹¹¹ DB, 46 (1972), S. 337 ff.

¹¹² EB, 40 (1969), S. 100 ff.

F. Gerichten¹¹³ und R. Wagner¹¹⁴ beschreiben die in der Tunnelstrecke zwischen Hackerbrücke und München Ost gewählte Anordnung. Bei gegebener Regel-Fahrdrahthöhe von 4,80 m über SO und einer Höhe des Tunnels von 5,30 m über SO steht bei einem Abstand spannungsführender Teile gegen Erde von 150 mm für die Oberleitung lediglich eine Bauhöhe von 350 mm zur Verfügung. Sowohl eine T-förmige Kupferschiene als auch die Regeloberleitung im Tunnel konnten wegen der hohen Kosten für Isolatoren nicht verantwortet werden. Man entschied sich für ein Oberleitungskettenwerk aus 95 mm² Kupfer-Tragseil und 2 Fahrdrähten von je 100 mm² mit 255 mm Systemhöhe, das durch 2 Radspanner mit 13 kN (Tragseil) bzw. 20 kN (Doppelfahrdraht) nachgespannt ist. Schwenkausleger niedrigster Bauhöhe folgen temperaturbedingten Kettenwerkswanderungen zwischen der im Tunnel anzunehmenden tiefsten Temperatur von +5°C und der höchsten zu erwartender Fahrdrahttemperatur von +70°C von etwa 0,6 m. Bei einem Stützpunktabstand von 25 m wird der Zickzack in der Geraden über 3 Stützpunkte geführt, wobei die Zwischenstützpunkte keine Seitenhalter erhalten; ansonsten liegen die beiden Seitenhalter je Fahrdraht grundsätzlich auf Zug. Nachspannungen liegen in den verbreiterten Tunnelstrecken im Anschluß an Haltepunkte, da im Rundtunnel überhaupt keine Möglichkeit zu einer Abspannung und im Rechtecktunnel nur feste Verankerungen möglich sind; Streckentrenner ersetzen Streckentrennungen. Meßfahrten zeigten, daß sich diese Oberleitung auch bei einer versuchsweise gefahrenen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h - normal 60 km/h - gut befahren läßt.

Z 11.6.2./2

Grundsätzlich übernahm man auch für die Ausrüstung anderer S-Bahn-Tunnels die erstmals in München verwirklichte Tunnelfahrleitung. M. Nöding und S. Zienert¹¹⁵, weiter K. Niekamp¹¹⁶ stellen die Besonderheiten der Frankfurter S-Bahn dar, H. Borgwardt¹¹⁷ und F. Gerichten¹¹⁸ jene der Stuttgarter S-Bahn. Letztgenannter Verfasser weist darauf hin, daß auch die unterirdische Flughafenbahn in Düsseldorf die beschriebene Fahrleitung erhielt, weiter daß diese bei der DB bei Überbauten allgemein verwendet wird. Eine aus der Tunnelfahrleitung für S-Bahnen entwickelte Bauart mit Leichtbau-Seitenhaltern und einfachem Kettenwerk für im Tunnel liegende Anschlußstrecken von Neubaustrecken wurde von der Versuchsanstalt München zwischen Forchheim und Bamberg bis 200 km/h erfolgreich erprobt.

¹¹³ GA, 96 (1972), S. 143 ff.; BBC-Nachrichten, 54 (1972), S. 66 ff.

¹¹⁴ EB, 40 (1969), S. 106 f.

¹¹⁵ EB, 48 (1978), S. 239 ff.

¹¹⁶ EB, 81 (1983), S. 180 f.

¹¹⁷ EB, 77 (1979), S. 127 ff.

¹¹⁸ BBC-Nachrichten, 61 (1979), S. 283 ff.; s. auch EB, 83 (1985), S. 298 ff.

11.7. Konstruktive Weiterentwicklung der Regeloberleitung 1950

Im Laufe der Jahrzehnte regten sowohl Eisenbahner als auch Mitarbeiter von Firmen in verschiedenen Bereichen des Oberleitungsbaus Entwicklungen an, die sich teilweise überlappen und ergänzen. Zunächst war es naheliegend, Bauteile zu ändern oder durch Einsatz anderer Materialien völlig umzugestalten, was am Beispiel der Oberleitungsmasten dargelegt werden soll.

Die Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig veranlaßte die Industrie zur Entwicklung eisensparender Masten (s. 8.1.1.), die bei der Ausrüstung der Strecke Nürnberg - Regensburg zum heute noch verwendeten Flachmast mit eingeschweißten waagerechten Stegen führte (s. 11.1.2.). Die Konstruktion der Gittermasten behielt man dagegen grundsätzlich bei.

Nach K. Bauermeister¹¹⁹, J. Dencker¹²⁰ und A. Kniffler¹²¹ führte die DB Anfang der sechziger Jahre die Vollverzinkung der Oberleitungsmasten ein, wobei nur bei besonders stark aggressiven Bestandteilen in der Luft ein einmaliger Schutzanstrich für notwendig erachtet wurde. J. Fraunholz¹²² beschreibt einen Kostenvergleich von Peiner-Träger gegenüber den normal verwendeten Masten aus Profilstahl, die die BD Mainz bei der Elektrifizierung der linken Rheinstrecke in größerem Umfang einbaute. Erst von etwa 1965 an verwendete man bei der Einzelmast-Ausrüstung von Bahnhöfen mit knappen Gleisabständen wieder Peiner-Träger.

J. Sailer¹²³ geht auf eine erstmals bei der Elektrifizierung Frankfurt - Mannheim probeweise eingebaute gewichts-sparende Neukonstruktion ein, wobei man die waagerechten Querbleche der Normalmasten durch wendelförmig angeordnete Rundeseisen ersetzte und als Maststiel ein Abkantprofil verwendete. Nach K. Bauermeister¹²⁴ hat diese als "Leichtbauflachmast" bezeichnete Konstruktion gegenüber der Normalausführung etwa 40 Prozent geringere Masse. Wegen der geringen Belastbarkeit und damit eingeschränkten Verwendbarkeit baute man nach R. Wagner¹²⁵ letztmals 1968 bei der Elektrifizierung von Vorortstrecken im Raum München Leichtbauflachmasten ein.

Wie die RBD Breslau (s. 3.4., 4.2., 5.3.2.1.) und die RBD München (s. 4.1.) hatte auch die RBD Nürnberg (s. 8.1.1.) bereits vor dem Zweiten Weltkrieg umfangreiche Erfahrungen

¹¹⁹ ETR, 11 (1962), S. 449.

¹²⁰ EB, 34 (1963), S. 147.

¹²¹ DB, 35 (1961), S. 1025.

¹²² DB, 31 (1957), S. 880.

¹²³ EB, 35 (1964), S. 284 f.

¹²⁴ EB, 37 (1966), S. 105 f.

¹²⁵ EB, 40 (1969), S. 136, Bild 4.

mit Betonmasten sammeln können. Für die Elektrifizierung Feucht - Altdorf (s. 11.5.2.) verwendete man erneut Schleuderbetonmasten, jedoch bewehrte man nur mehr die gezogene Seite des Betonmastes stärker, wodurch der Herstellungspreis gesenkt werden konnte und die Masten ein schlankeres und gefälligeres Aussehen erhielten. Nach E. Eger¹²⁶ rüstete man bei der Elektrifizierung Fürth - Würzburg die freie Strecke erstmals ausschließlich mit Betonmasten aus, die man in vorbereitete Hohlfundamente stellte, in der richtigen Lage verkeilte und anschließend mit Beton ausgoß. R. Fries¹²⁷ beschreibt die Verwendung von Schleuderbetonmasten als Einsetzmasten in Blockfundamente näher. Bei der von K. Bauermeister¹²⁸ erwähnten Elektrifizierung der Strecke Gemünden - Waigolshausen - Bamberg verwendete man nach Mitteilung der BD Nürnberg auf der freien Strecke erstmals Betonmasten mit eingeschleuderten Dübeln, die auf gerammte Rohre aufgesetzt und anschließend mit einer Vergußmasse befestigt werden; E. Goepfert¹²⁹ beschreibt dies näher. D. Fichter und J. Grepmaier¹³⁰ legen dar, daß man bei der Elektrifizierung der Donautalbahn Regensburg - Ingolstadt - Donauwörth - Neuoffingen sowohl auf freier Strecke als auch in Bahnhöfen mit wenig Gleisen Schleuderbetonmasten stellte, nach E. Treytnar¹³¹ ebenso bei der Elektrifizierung Bremen - Hude - Oldenburg/Nordham.

1966 spricht K. Bauermeister¹³² von "Mechanisierung im Fahrleitungsbau", im folgenden Jahr derselbe Autor von "Rationalisierung im Fahrleitungsbau"¹³³; hier sei die Herstellung der Mastfundamente und die Montage des Kettenwerks näher betrachtet. Bis in die fünfziger Jahre gründete man die Masten in der gleichen Weise, wie A. Schieb¹³⁴ dies bereits 1941 beschreibt, indem man die Gruben für die Mastfundamente von Hand schachtete und den Beton am Maststandort mischte. 1957 betonen F. Gut¹³⁵ und W. Klüsche¹³⁶ den Zeitgewinn, der durch Einsatz von Krangeräten, Baggern und Betonierzügen zu erzielen ist. Nach K. Bauermeister¹³⁷ versuchte man von 1962 an, Mastlöcher zu bohren. J. Sailer¹³⁸ weist zwei Jahre später die Grenzen des Einsatzes von Bohrgeräten beim Fahrleitungsbau auf und notiert erstmals die Anlieferung von Fertigbeton mittels Straßenfahr-

¹²⁶ DB, 28 (1954), S. 391.

¹²⁷ EI, 4 (1953), S. 118 ff.; EI, 5 (1954), S. 272 ff.

¹²⁸ EB, 43 (1972), S. 6.

¹²⁹ EI, 29 (1978), S. 555 ff.

¹³⁰ EB, 77 (1979), S. 293 f.; EB, 78 (1980), S. 190 ff.

¹³¹ EB, 78 (1980), S. 254 ff.

¹³² EB, 37 (1966), S. 106.

¹³³ ETR, 16 (1967), S. 212.

¹³⁴ EB, 17 (1941), Eh. S. 79.

¹³⁵ DB, 31 (1957), S. 871.

¹³⁶ DB, 31 (1957), S. 779.

¹³⁷ ETR, 11 (1962), S. 448.

¹³⁸ EB, 35 (1964), S. 284 f.

zeugen für das Betonieren von Fundamenten in Bahnhöfen. 1966 nennt K. Bauermeister¹³⁹ die Vorteile, die der Einsatz eines hydraulischen Baggers beim Fahrleitungsbau bringt, wenn dieser als Zwei-Wege-Fahrzeug sowohl auf der Schiene als auch auf der Straße mit eigener Kraft fahren kann.

Bei der Elektrifizierung von Strecken in Norddeutschland mußte man nach L. Selz und D. Wittke¹⁴⁰ wegen der schlechten Tragfähigkeit der Böden Peiner-Profile rammen, auf die armierte Betonköpfe zur Aufnahme von Stahlmasten aufgegossen wurden. Nach Mitteilung der BD Hamburg erhielt auf der Strecke Hamburg-Harburg - Bremen etwa die Hälfte aller Stützpunkte Rammpfähle, während auf der Strecke nach Stade alle Masten auf Pfählen stehen. Dagegen mußte man die etwa 2000 Mastfundamente der Neckartalbahn nach G. Welte¹⁴¹ größtenteils von Hand schachten, konnte jedoch die dafür benötigten etwa 8100 m³ Fertigbeton mit auf dem Bauzug verladenem Straßenfahrzeug an die Baustelle fahren. Für die Baustrecke Hausach - Villingen der Schwarzwaldbahn verfuhr man nach demselben Verfasser in gleicher Weise.¹⁴²

Z 11.7./1

F 11.7./2

F 11.7./1

Hatte man nach Mitteilung der BD Nürnberg von der Elektrifizierung Bamberg - Waigolshausen - Gemünden/Würzburg an die Betonmasten auf gerammte Rohre gesetzt und anschließend mit einer Vergußmasse befestigt, mußte man bei der Elektrifizierung der Hamburger Güterumgebungsbahn nach P. Lisson¹⁴³ wegen der schlechten Bodenbeschaffenheit Peiner-Träger für die Rammpfahlgründungen der Oberleitungsmasten verwenden, auf die für die Aufnahme der runden Betonmasten Stahlrohre aufgeschweißt wurden. Auch bei der Elektrifizierung der Strecke Landshut - Plattling gründete man nach E. H. Wenk und J. Grepmaier¹⁴⁴ sämtliche Betonmasten der freien Strecke in dieser Weise, wobei als besondere Vorteile der für die feste Verbindung zwischen Betonmast und Peiner-Träger verwendeten Kunststoffmischung deren Erstarrungszeit von etwa 20 Minuten und das Arbeiten bis -20°C genannt werden.

Z 11.7./2

D. Fichter und J. Grepmaier¹⁴⁵ legen dar, daß man bei der Elektrifizierung der Donautalbahn ausschließlich ins Erdreich gerammte Peiner-Träger verwendete. Auch hier sind die Schleuderbetonmasten über aufgeschweißte Rohre auf die Peiner-Träger aufgesteckt; die Stahlgittermasten in größeren Bahnhöfen wurden über vorgefertigte Betonfertigköpfe mit dem Peiner-Träger verbunden. K.-H. Bauer und W.

¹³⁹ EB, 37 (1966), S. 107 f.; s. auch ETR, 16 (1967), S. 213.

¹⁴⁰ EB, 39 (1968), S. 182 ff.

¹⁴¹ ETR, 20 (1971), S. 236.

¹⁴² ETR, 22 (1973), S. 385.

¹⁴³ EB, 46 (1975), S. 28 f.

¹⁴⁴ EB, 47 (1976), S. 89 f.

¹⁴⁵ EB, 77 (1979), S. 293 f.

Stotz¹⁴⁶ legen in einem Aufsatz über Rammrohrgründungen dar, daß bis 1980 etwa 30 000 Betonmasten mit Rammgründungen erstellt wurden, wodurch sich sowohl die Bau- als auch die Unterhaltskosten der Oberleitung erheblich senken ließen.

Ein weiterer Bereich zur Mechanisierung im Fahrleitungsbau ist die Montage der Hänger im Kettenwerk. K. Bauermeister¹⁴⁷ beschreibt das zunächst angewendete Verfahren, indem man beim Tragseilzug zunächst Bindedrähte entsprechend Markierungen an den Schienen anband, die beim Tragseilzug um den Fahrdraht geschlungen wurden. Die genaue Höhenlage des Fahrdrahtes regelte man von einer fahrbaren Leiter durch Verändern der Drahtbindung ein. Nach diesem Maß fertigte man die endgültigen Hänger entweder an Ort und Stelle oder im Baulager. Derselbe Verfasser¹⁴⁸ beschreibt später straff, E. Rutke¹⁴⁹ ausführlich das Berechnungsverfahren und die Planung des Arbeitsablaufes des 1964 bis 1966 entwickelten Verfahrens, die Länge der Hänger rechnerisch zu bestimmen, so daß die Oberleitung praktisch ohne Regulierarbeit gezogen werden kann. Leider findet sich in der neueren Literatur kein Hinweis, daß man bereits 1928 bei der Elektrifizierung Breslau - Königszelt gerechnete Hänger einbaute (s. 5.3.2.1.).

F 11.7./3

F 11.7./4

A. Hinkelbein¹⁵⁰ legt dar, daß Vergleichsversuche beim Umbau der vorhandenen Fahrleitung Reutlingen - Tübingen in die Oberleitung Re 160 gezeigt haben, daß sich die Umbaudauer für ein Nachspannfeld von einer Woche auf 4 h 40 min reduzieren läßt; beim Neubau auf die Hälfte. Nach R. Wagner¹⁵¹ erprobte man bei den 1968 elektrifizierten Strecken München-Pasing - Geltendorf und München-Solln - Holzkirchen unterschiedliche Verlegungsarten des Kettenwerks mit gerechneten Hängern, wobei man in der Regel ein Nachspannfeld von 1500 m in einem Tag fertig verlegte. E. Rutke¹⁵² stellt fest: "Die bisher durchgeführten Messungen haben gezeigt, daß mit vorgefertigten Hängern eine qualitativ befriedigende, den bisherigen Anforderungen vollkommen genügende Fahrleitung erstellt werden kann. Unregelmäßigkeiten regulierter Fahrleitungen, wie sie für den jeweiligen Monteur vielfach ganz spezifisch waren, sind nicht mehr zu erwarten." Seither verlegt man bei der DB die Regelfahrleitung 1950 von der Re 100 über die Re 160 bis zur Re 200 mit gerechneten Hängern. In folgenden Fällen ist weiterhin eine Regulierung von Hand erforderlich: Übergangsfelder von Nachspannung und Streckentrennung, Fahrdrahtabsenkung

¹⁴⁶ EB, 78 (1980), S. 260 ff.

¹⁴⁷ EB, 37 (1966), S. 109.

¹⁴⁸ EB, 48 (1977), S. 120 f.

¹⁴⁹ EI, 20 (1969), S. 217 ff.

¹⁵⁰ DB, 42 (1968), S. 684 f.; s. auch EB, 40 (1969), S. 210 ff.

¹⁵¹ EB, 40 (1969), S. 136 f.

¹⁵² EI, 20 (1969), S. 221.

bei Überbauten, Bespannung von Weichen, Kettenwerke bei Querseilaufhängung.

Weitere Änderungen in der Überspannung von Strecken mit der Regelfahrleitung 1950 ergaben sich durch eine andere Ausbildung des Quertragwerks, damit bereits bei der Planung der Maststandorte. Die erstmals bei der Fahrleitungsvorschrift 1931 getroffene Festlegung, daß das Quertragwerk ein- oder zweigleisiger Strecken und in Bahnhöfen mittels Querseilaufhängung zu verwirklichen ist (s. 6.1.), übernahmen die Fahrleitungsrichtlinien 1953 (s. 11.2.).

Die Fahrleitungsrichtlinien 1953 lassen Joche nur in Ausnahmefällen zu. H. Bürklen¹⁵³ nennt die aus geschweißter Rohrkonstruktion erstellten Joche auf der Westseite in Dortmund Hbf, G. Henrici¹⁵⁴ spricht über Jochkonstruktionen in Güterbahnhöfen Hamburgs, "die als billigere Ausführung gegenüber einer teureren Mastgasse vorgezogen wurden." Probeweise rüstete man nach E. Treytnar¹⁵⁵ bei der Elektrifizierung Hannover - Altenbeken den Bahnhof Langeland mit Querjochen aus, um das untere Richtseil zu vermeiden, bei dessen Beschädigung alle Gleise in einem Querfeld betroffen sind. Es zeigte sich, daß Joche bei kleinen Spannweiten wirtschaftlich sind, da kleinere Fundamente und Masten genügen, zumal die Montage mit Jochen schneller durchzuführen ist als mit Querseilaufhängung. Als Nachteil erwies sich, daß Joche die Sicht auf Formsignale behindern können. Auch der etwa gleichzeitig überspannte Messebahnhof Hannover erhielt einige Joche.¹⁵⁶ Später beschränkte man Joche wieder auf Sonderfälle, so 1969 beim neuen Hauptbahnhof Ludwigshafen (Rhein), 1975 den Reichenbach-Viadukt in Hornberg und 1976 die Okerbrücke Süd bei der Einfahrgruppe des Rangierbahnhofs Braunschweig. Weiter verwendet man Jochkonstruktionen mit Pendelstützen auf Schwemmböden. G. Welte¹⁵⁷ weist auf eine Jochkonstruktion aus Hohlkastenprofilen mit Zwischenmasten in Singen (Hohentwiel) hin; gleichzeitig rüstete man die seit 1962 im Bahnhof Konstanz nach SBB-Normen vorhandenen Joche (s. 15.) entsprechend den Normalien des BZA München um.

Ein anderer Weg zur Vermeidung der teureren Querseilaufhängung ist die Verwendung von Auslegern über mehrere Gleise. R. Wagner¹⁵⁸ sagt aus, daß er schon 1960 leichte Ausleger über 2 Gleise im Raum Saarbrücken angewendet hat - nach Mitteilung der BD Saarbrücken geschah dies in Saarbrücken Rbf - und bei der Elektrifizierung von Vorortstrecken im Raum München 1968 erneut in Bahnhöfen verwendete. Obwohl dieser besonders leichte und damit preisgünstige Ausleger

¹⁵³ DB, 31 (1957), S. 889.

¹⁵⁴ GA, 89 (1965), S. 79.

¹⁵⁵ EB, 42 (1971), S. 276.

¹⁵⁶ EB, 42 (1971), S. 258, Bild 1.

¹⁵⁷ EB, 49 (1978), S. 105 f.

¹⁵⁸ EB, 40 (1969), S. 136.

- F 11.7./8 nicht im Zeichnungswerk des BZA München aufgeführt ist, baut die BD München diesen bei Nebengleisen weiterhin ein. Ansonsten verwendete man für die Überspannung mehrgleisiger Strecken oder von Bahnhöfen seit etwa 1969 soweit möglich Profilausleger mit Hängesäulen. K. Bauermeister beschreibt die auf einem Teil der viergleisigen Strecke Brackwede - Bielefeld¹⁵⁹ und in den Bahnhöfen des Streckenabschnitts Böblingen - Horb¹⁶⁰ montierte Bauart. Anscheinend nahmen verschiedene Dezernenten den weitgehenden Verzicht auf Querseilaufhängung widerwillig auf, da beispielsweise K. Koch¹⁶¹ über die Elektrifizierung der Strecke Herford - Himmighausen aussagt: "Weisungsgemäß wurden Querfelder in Bahnhöfen möglichst vermieden und stattdessen Einzelmaste oder Winkelmaste mit Mehrgleisenauslegern aufgestellt." Im gleichen Sinne bezeichnen M. Heiding, U. Behmann und O. Zillessen¹⁶² Ausleger über 2 Gleise mehrfach als "Fahrleitungsmast-Sonderkonstruktion".
- F 11.7./9 Ausleger aus Hohlkastenprofilen verwendete man vermutlich erstmals bei der Elektrifizierung der Strecke Coburg - Neustadt (b Coburg) 1975¹⁶³, weiter im folgenden Jahr bei der von H. D. Schäfer und E. Treytnar¹⁶⁴ beschriebenen Elektrifizierung der Ost-West-Verbindung Helmstedt - Bentheim in größerem Umfang. Seither baut man diese Ausleger nicht nur bei der Elektrifizierung von Strecken, sondern auch bei der Auflösung von Querfeldern bereits überspannter mehrgleisiger Strecken oder Bahnhöfe ein, ansonsten soweit möglich Einzelmasten.
- F 11.7./10

Nach der Literatur rüstete man erstmals bei der DB 1961 den Bahnhof Elm Seite Schlüchtern mit Einzelmasten aus, da einzelne Teile des Bahnhofs nach K. Crusius¹⁶⁵ in einem Rutschgebiet liegen. 1966 spricht K. Bauermeister¹⁶⁶ davon, auch in Bahnhöfen soweit möglich Einzelmasten anstelle der Querseilaufhängung zu verwenden, da diese 60 bis 70 Prozent teurer ist; R. Wagner¹⁶⁷ spricht von etwa 75 Prozent. Zwar sei bei Einzelmasten die Störanfälligkeit bei Unregelmäßigkeiten, wie z. B. Entgleisungen, größer, die Wahrscheinlichkeit größerer Auswirkungen auf den elektrischen Zugbetrieb jedoch entscheidend geringer. Nach Aufsätzen von W. Klünner¹⁶⁸ und E. Treytnar¹⁶⁹ verwendeten zunächst durch Traditionen weniger vorbelastete Bundes-

¹⁵⁹ EB, 40 (1969), S. 7 f.

¹⁶⁰ EB, 46 (1975), S. 7.

¹⁶¹ GA, 99 (1975), S. 226.

¹⁶² EB, 44 (1973), S. 250 f.

¹⁶³ EB, 47 (1976), S. 8, Bild 10.

¹⁶⁴ EB, 47 (1976), S. 86 ff.

¹⁶⁵ DB, 35 (1961), S. 1047 ff.

¹⁶⁶ EB, 37 (1966), S. 106; s. auch ETR, 16 (1967), S. 211 f.

¹⁶⁷ EB, 40 (1969), S. 136.

¹⁶⁸ EB, 41 (1970), S. 279 ff.

¹⁶⁹ EB, 42 (1971), S. 275 ff.

bahndirektionen in Norddeutschland bei der Elektrifizierung von Eisenbahnstrecken in Bahnhöfen Einzelmasten. R. Gladigau und D. Mielke¹⁷⁰ legen dar, daß der 1977 eröffnete Rangierbahnhof Maschen soweit möglich Einzelstützpunkte erhielt; lediglich in den Einfahrgruppen mußten wegen der Signalsicht Querfelder angewendet werden.

Bei der Ausrüstung von Bahnhöfen mit Einzelmasten anstelle von Querfeldern ging es zunächst um eine Reduzierung der Elektrifizierungskosten und um eine Verminderung der Auswirkungen bei Betriebsstörungen. Neuerdings kommt noch ein weiteres Phänomen hinzu, das E. Treytnar¹⁷¹ bereits 1971 vermutet: "Falls bei hohen Geschwindigkeiten etwa über 200 km/h das dynamische Verhalten der Fahrleitung bei Einzelstützpunkten besser sein sollte als bei Aufhängung im Querfeld, werden auch dort zwangsläufig Joche verwendet werden müssen." Zwar baut man heute Joche, wie bereits dargestellt, nur noch ausnahmsweise ein, doch sieht man soweit möglich Einzelstützpunkte an Einzelmasten oder an Auslegern aus Hohlkastenprofilen vor und wählt die Maststandorte entsprechend; aber auch andere Gründe führten hier unter bestimmten Bedingungen zu einer Neufestsetzung.

Die Fahrleitungsrichtlinien 1953 schreiben für den Regelstromabnehmer von 1950 mm Breite die Längsspannweite in Abhängigkeit vom Bogenhalbmesser für eine maßgebende Windgeschwindigkeit von 26 m/s vor und die DB elektrifizierte danach Tausende von Streckenkilometern, ohne daß Schwierigkeiten bekannt geworden wären. Erstmals spricht H. D. Schäfer¹⁷² 1980 davon, daß sich auf der seit 1968 elektrisch betriebenen Strecke Osnabrück - Bremen Stromabnehmerentgleisungen ereignet haben, die vermutlich auf die im Küstenraum herrschenden gelegentlichen Stürme zurückzuführen sind. Da der Küstenbereich bei Emden und auch das Emsland noch häufigere und stärkere Spitzenböen erwarten lassen, verringerte man bei der Elektrifizierung der Emslandstrecke vorsorglich den Mastabstand: von Salzbergen bis Lathen auf 70 m, nördlich davon 65 m entsprechend maßgebenden Windgeschwindigkeiten von 29,8 m/s bzw. 32,1 m/s. Eine unmittelbare Folge dieser Maßnahme war der Übergang zur vierfeldrigen Streckentrennung, da die Parallelführung der beiden Kettenwerke über nur ein Feld nicht mehr ausreicht. E. Treytnar¹⁷³ notiert auch für die Oberleitung der Strecke Bremen - Hude - Nordenham eine höhere Windbelastung. Nach Mitteilung der BD Hannover reduzierte man die Längsspannweite zwischen Osnabrück und Bremen bis jetzt an keiner Stelle, dagegen war dies auf einer Teilstrecke in Süddeutschland erforderlich.

¹⁷⁰ EB, 48 (1977), S. 302 f.

¹⁷¹ EB, 42 (1971), S. 276.

¹⁷² EB, 78 (1980), S. 268; ETR, 29 (1980), S. 564.

¹⁷³ EB, 78 (1980), S. 255.

Wie die BD München mitteilt, kam es um die Jahreswende 1982/83 zwischen Röhrmoos und Dachau an einer bestimmten Stelle bei Sturm mehrfach zu Bügelentgleisungen. Dort liegt die Eisenbahnlinie in Nord-Süd-Richtung im Gleisbogen von 800 m Radius auf einem 6 bis 8 m hohen Damm; die trichterförmige Bodenform begünstigt starke Seitenwinde. Bei der Elektrifizierung im Jahre 1960 hatte die Strecke Dachau - Ingolstadt die Oberleitung Re 160 mit einer Längsspannweite von 62,5 m in dem genannten Gleisbogen erhalten. Im Jahre 1983 verringerte man an jener Stelle die Längsspannweite auf 42 m und baute die dort vorhandene dreifeldrige Nachspannung vierfeldrig um. Seither sind dort keine Bügelentgleisungen vorgekommen.

Z 11.7./3 Schließlich war die Regelfahrleitung 1950 der DB dem in den vergangenen 30 Jahren stark angestiegenen Energieverbrauch anzupassen. W. Harprecht und W. Klein¹⁷⁴ nennen als Ursachen die Verdichtung der Fahrpläne, die Anhebung der Geschwindigkeit, vor allem aber die immer größer werdende installierte Leistung in den Triebfahrzeugen. Bei gleichen Querschnitten von Fahrdrabt und Tragseil mußte man die Oberleitung gegenüber früher um das Zehnfache stärker belasten können, woraus sich Änderungen für die Speisung, Schaltung und die Bemessung einzelner Bauteile ergaben.

Z 11.7./4 Aus energiewirtschaftlichen Gründen führt die DB nach G. Krienitz¹⁷⁵ zwischen zwei Unterwerken in einer Kuppelstelle eine Längs- und Querkupplung der Kettenwerke durch. Entsprechend einer Anweisung für den Einbau elektrischer Verbinder¹⁷⁶ waren auch bei Verwendung von Bronzetrageil in Abständen von etwa 200 m Ausgleichsverbinder zwischen Tragseil und Fahrdrabt anzubringen, bis zu einer Entfernung von 5 km vom Unterwerk in Abständen von etwa 100 m. Nach R. Wagner¹⁷⁷ sah man bei der Elektrifizierung von Vorortstrecken im Raum München angesichts der sehr hohen Kurzschlußströme stromfeste Hänger mit gegenüber den Ausgleichsverbindern etwa doppelt so großem Querschnitt vor. Es sei darauf hingewiesen, daß bereits bei dem Lehrgang 1942 in München¹⁷⁸ im Zusammenhang mit der Heimstoff-Fahrleitung ein stromfester Hänger vorgestellt wurde, eine andere Ausführung aus dem Jahre 1938 zeigt eine bei der BD Nürnberg aufliegende Zeichnung¹⁷⁹.

Aus Gründen der Vereinheitlichung und der höheren Kurzschlußsicherheit ist im Längskettenwerk nur noch Bronze-

¹⁷⁴ EB, 83 (1985), S. 5 f.

¹⁷⁵ EB, 24 (1953), S. 97 ff.

¹⁷⁶ Zeichnung Ezs 889 Ausgabe vom November 1958.

¹⁷⁷ EB, 40 (1969), S. 137.

¹⁷⁸ Vorträge bei den Unterrichtskursen mit Erfahrungsaustausch über Konstruktion, Bau und Betrieb von Fahrleitungsanlagen, Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 107, Bild 35.

¹⁷⁹ Zeichnung Ezs 4705 Ausgabe vom April 1938.

tragseil von 50 mm² zu verwenden, der Kupferfahrdrabt von 80 mm² Querschnitt ist nicht mehr einzubauen. Ebenfalls im Hinblick auf die Kurzschlußfestigkeit, weiter zur Beschleunigung der Montagearbeiten, verwendet die DB nach K. Bauermeister¹⁸⁰ anstelle von Schraubklemmen wartungsfreie und kurzschlußfeste Preßklemmen geringer Masse. E. Rutke¹⁸¹ beschreibt deren Aufbau und Eigenschaften.

Ebenfalls Anfang der siebziger Jahre führte die DB nach K. Bauermeister¹⁸² die Querkupplung der Oberleitungen einer zweigleisigen Strecke in den Bahnhöfen ein. Die Streckenbelastung verteilt sich damit auf zwei parallel geschaltete Oberleitungen, was ohne Aufwand zur fühlbaren Entlastung der einzelnen Oberleitung und gegenüber der Längs- und Querkupplung der Kettenwerke in einer Kuppelstelle zu einer weiteren Verminderung des Spannungsabfalls zwischen zwei Unterwerken führt. Zur Steigerung der Kurzschlußfestigkeit sieht man bei der Oberleitung Re 160 seit 1976 auch bei Kurvenradien unter 1200 m bogenaußen den am Stützpunkt angelenkten Seitenhalter anstelle an einem Bronzeseil von 25 mm² vor. F 11.7./13

Nach H. H. Schaefer¹⁸³ steigen in den Kernbereichen der S-Bahn-Netze die Kurzschlußströme durch den geringen Abstand der Unterwerke und die hohe installierte Umspannerleistung auf 40 bis 50 kA an. Selbst wenn die Abschaltung der Kurzschlüsse im ersten Nulldurchgang des Stromes mittels eines elektronischen Überstromrelais mit einer Kommandozeit von 1 ms mit großer Sicherheit erreicht wird, sind bei Oberleitungsnetzen mit Kurzschlußströmen von mehr als 25 kA besondere Maßnahmen erforderlich. Seit etwa 1980 schreibt das BZA München in solchen Fällen beim Auslegerstützpunkt anstelle des Spitzenankerseils grundsätzlich Spitzenankerrohr und beim Hänger anstelle des Bronzeseils von 10 mm² solches von 16 mm² vor.

Der angestiegene Energieverbrauch forderte nicht nur eine Anpassung der Regeloberleitung an hohe Kurzschlußströme, sondern auch an höhere Dauerströme. Nach den Fahrleitungsrichtlinien 1953 muß die Oberleitung eine einwandfreie Stromabnahme durch die Stromabnehmer bei jeder Lufttemperatur von -30°C bis +40°C sowie bei Wind ermöglichen (s. 11.2.). Damit ist die Regeloberleitung der DB für eine Temperaturdifferenz von 70 K konstruiert, was nach Mitteilung des BZA München bei einer Fahrdrabtabnutzung von 20 Prozent einer Dauerstromstärke von 420 A entspricht. Die von -30°C bis +70°C ausgelegte verbesserte 100 K-Oberlei-

¹⁸⁰ EB, 48 (1977), S. 121.

¹⁸¹ EB, 42 (1971), S. 230 ff.

¹⁸² EB, 42 (1971), S. 7; EB, 45 (1974), S. 88 f.; EB, 46 (1975), S. 54.

¹⁸³ Ortsfeste Anlagen der elektrischen Zugförderung, Starnberg ³1975, S. 256 f.

tung läßt dagegen unter den gleichen Bedingungen dauernd eine Stromstärke von 560 A zu.

Schließlich ist über die konstruktive Weiterentwicklung der Regeloberleitung zur Störungsverminderung zu sprechen. H. Borgwardt¹⁸⁴ nennt in einer Analyse von Störungen und Störungsauswirkungen im Oberleitungsnetz der DB die hierbei gesetzten Schwerpunkte:

- Konsequentes Einhalten der mechanischen Trennung der Kettenwerke - soweit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar - durch Verwenden von Stützpunkten an Einzelmasten oder Auslegern über zwei Gleise, damit Störungen möglichst auf ein Gleis beschränkt bleiben.

- Vermeiden oder Unterteilen von langen und über mehrere Hauptgleise geführten Weichenkettenwerken.

- Vermeiden, daß Kettenwerksabspannungen und Richtseile über unbespannte Gleise oder Ladestraßen geführt werden.

- Vermeiden von sogenannten "Stromabnehmerfällen" beim Übergang von überspannten zu unbespannten Gleisen.

Über eigens bereitgestellte Wirtschaftsmittel erhöht man die Zuverlässigkeit bestehender Oberleitungsanlagen durch Auflösen von Quertragwerken mit Seilen in Einzelstützpunkte oder Mehrgleisenausleger, Änderung der Kettenwerksführung und Schutz der unteren Richtseile von Quertragwerken über Ladestraßen durch Einbau von Warnblenden. Darüber hinaus dienen schaltungstechnische Maßnahmen und solche der Betriebsführung der Störungsminde rung.

11.8. Regeloberleitung für 200 km/h (Re 200)

In den fünfziger Jahren beschäftigt sich die Literatur zunehmend mit den Höchst- und Durchschnittsgeschwindigkeiten elektrischer Züge in Europa, so W. Biedenkopf¹⁸⁵. Th. Vogel¹⁸⁶ betont in einem Ausblick im Zusammenhang mit dem Jubiläum "125 Jahre deutsche Eisenbahn" die Bedeutung hoher Reisegeschwindigkeiten im Reisezugverkehr und weist hierbei auf die SNCF hin.

Nach D. Caire¹⁸⁷ hatten die Schnellfahrversuche der SNCF unter der verstärkten Verbundfahrleitung für 1500 V Gleichspannung (s. 3.2.2.) vom Februar 1954 bis 243 km/h grundsätzlich deren Eignung für hohe Geschwindigkeiten gezeigt. Nach demselben Verfasser ergaben sich bei Schnellfahrten vom Dezember 1954 bis 210 km/h unter der leichte-

¹⁸⁴ EB, 85 (1987), S. 71 ff.

¹⁸⁵ JdE, 8 (1957), S. 149 ff.

¹⁸⁶ JdE, 11 (1960), S. 157 ff.

¹⁸⁷ Chemins de fer, N° 185, mars-avril 1954, S. 29 ff.

ren fest abgespannten Fahrleitung des Réseau Midi, bestehend aus 79 mm² Stahltragseil, 100 mm² Zwischentragdraht aus Kupfer und 150 mm² Kupferfahrdrabt an den Stützpunkten, häufig Spannungsunterbrechungen.¹⁸⁸ Mit einer leichteren Stromabnehmerwippe erreichte die SNCF im März 1955 dort schließlich 331 km/h, wobei die Stromabnahme die entscheidende Grenze festlegte;¹⁸⁹ M. F. Nouvion¹⁹⁰ geht ausführlich auf die bei dieser Versuchsfahrt aufgetretenen Probleme ein. Nachdem die genannten Schnellfahrten ergeben hatten, daß bei Gleichstrombetrieb eine befriedigende Stromabnahme im oberen Geschwindigkeitsbereich bei der leichten Fahrleitung des Réseau Midi nicht möglich ist, führte die SNCF im Oktober und November 1961 zwischen Strasbourg und Mulhouse unter der von M. A. Crépet¹⁹¹ beschriebenen Regelfahrleitung der SNCF für 25 kV 50 Hz Schnellfahrversuche bis 225 km/h durch. Nach der ausführlichen Darstellung von P. Boissonnade und R. Dupont¹⁹² zeigten diese Meßfahrten, daß es bei geeigneter Abstimmung von Fahrleitung und Stromabnehmer möglich ist, auch unter der leichten Wechselstrom-Fahrleitung solche Geschwindigkeiten bei guter Stromabnahme zu fahren.

H. Geitmann¹⁹³ vermerkt, daß die Schnellfahrversuche der SNCF die Diskussion außerordentlich angeregt haben, mit Regelzügen planmäßig rascher als 160 km/h zu fahren. Th. Vogel¹⁹⁴ legt dar, daß bei der 18. Tagung der Internationalen Eisenbahn-Kongreßvereinigung 1962 in München festgestellt wurde, daß die technischen Voraussetzungen für einen künftigen Eisenbahnverkehr mit Geschwindigkeiten von 200 km/h und mehr grundsätzlich erfüllt sind. A. Kniffler¹⁹⁵ betont allerdings, daß das dynamische Zusammenspiel von Fahrdrabt und Schleifstück umfangreiche Studien und Versuche erfordert; die damals bei der DB verwendete Doppelwippe mit Kohleschleifleisten hatte eine weit größere Masse als jene der SNCF für Wechselstromtriebfahrzeuge.

Nach E. Gierth¹⁹⁶ gab der Entscheid, anläßlich der Internationalen Verkehrsausstellung 1965 zwischen München und Augsburg Züge planmäßig mit 200 km/h verkehren zu lassen, den Anlaß zu konstruktiven Änderungen an der Fahrleitung und den Stromabnehmern.

¹⁸⁸ Chemins de fer, N° 190, janvier-février 1955, S. 5 ff.

¹⁸⁹ Chemins de fer, N° 191, mars-avril 1955, S. 25 ff.

¹⁹⁰ Bulletin de la Société française des Électriciens, 7^e Série, Tome V, N° 56 (Août 1955).

¹⁹¹ RGCF, 74 (1955), S. 497 ff.; s. auch SNCF. Direction des installations fixes, Lignes aériennes de traction électrique en courant monophasé 25 kV - 50 Hz. Matériel et équipements, Édition 1963.

¹⁹² RGCF, 81 (1962), S. 369 ff; EB, 33 (1962), S. 125 ff.

¹⁹³ DB, 37 (1963), S. 1 f.

¹⁹⁴ JdE, 15 (1964), S. 123 ff.

¹⁹⁵ DB, 37 (1963), S. 24.

¹⁹⁶ EB, 36 (1965), S. 138.

11.8.1. Untersuchungen in der Versuchsanstalt München

Am 26.07.1961 erteilte das Dezernat 25 des BZA München der Versuchsanstalt den Auftrag, eine "Versuchsfahrleitung für Höchstgeschwindigkeiten" mit einer Spannweite von 80 m zu entwickeln. Der zugehörige Bericht¹⁹⁷ notiert hierzu: "Für den Umbau der Regelfahrleitung 1950 für 200 km/h ist die günstigste Bauform an der Versuchsfahrleitung der VersA zu ermitteln. Mit den Erkenntnissen soll ein Streckenabschnitt zwischen Mannheim und Freiburg umgebaut, befahren und dynamisch überprüft werden." 10 Versuchsanordnungen unterschieden sich in der Länge und Zugkraft des Y-Beiseils sowie im Hängerabstand, 4 weitere durch eine gesonderte Aufhängung des Stützrohres. Die Versuchsanstalt empfahl beim Stützpunkt K eine Beiseil-Länge von 18 m und eine Zugkraft von 2,3 kN, beim Stützpunkt L 14 m bzw. 1,7 kN mit möglichst gleichem Hängerabstand, da eine Staffe- lung ohne Einfluß ist. Für diese Anordnung ergab sich eine Differenz der Elastizität von $\pm 14,2$ Prozent.

Im September 1961 führte die Versuchsanstalt statische An- hupversuche an einer Versuchsfahrleitung für Höchstge- schwindigkeit mit 65 m Längsspannweite durch. Die Diffe- renz der Elastizität ergab hier sehr günstige Werte von $\pm 4,4$ Prozent.¹⁹⁸

Eine weitere Versuchsreihe über Stützpunkte im Quertrag- werk am 80, 65 und 50 m-Feld¹⁹⁹ ergab, daß die starre Auf- hängung des Seitenhalters im Querfeld die Elastizität des Y-Beiseils wesentlich vermindert, was nur durch ein ver- hältnismäßig langes Y-Beiseil ausgeglichen werden kann: 20 m im 50 m-Feld, 24 m im 65 bzw. 80 m-Feld. Der Hänger am Seitenhalter ist dort nur einseitig mit 1 m Abstand anzu- bringen.

Weiter ermittelte die Versuchsanstalt an der Regelfahrlei- tung 1950 der Strecke Regensburg - Plattling im Hinblick auf die Neukonstruktion einer Oberleitung bis 200 km/h die Eigenschwingungen des Kettenwerks.²⁰⁰ Die Möglichkeit von Resonanzschwingungen ergab sich für folgende Geschwindig- keiten: 177 km/h für 80 m-Längsspannweite, 193 km/h für 65 m Mastabstand und 199 km/h in Wechselfeldern von Nach- spannung bzw. Streckentrennung unabhängig vom Mastabstand.

Am 11.07.1962 erteilte das BZA München der Versuchsanstalt den Auftrag, weitere Bauarten von Längskettenwerken durch Anhubmessungen auf deren Versuchsgelände zu erproben, so eine verbesserte Regelfahrleitung 1950 mit 120 mm² Kupfer- fahrdraht, eine Fahrleitung mit jeweils 80 mm² Doppelfahr- draht und eine Verbundfahrleitung mit Hilfstragseil. Der

¹⁹⁷ Bericht E 90 G/1961 aufgestellt am 16.08.1961.

¹⁹⁸ Bericht E 104 G/1961 aufgestellt am 30.09.1961.

¹⁹⁹ Bericht E 111 G/1961 aufgestellt am 25.10.1961.

²⁰⁰ Bericht E 12 G/1963 aufgestellt am 22.02.1963.

Bericht²⁰¹ schließt: "Die günstigsten Bauformen sind bereits auf der Schnellfahrstrecke zwischen Bamberg und Forchheim eingebaut."

11.8.2. Versuche Kenzingen - Lahr

Bereits im Dezember 1961 hatte man im Gleis Freiburg - F 11.8.2./1
Offenburg der freien Strecke zwischen Ringsheim und Kippenheim über jeweils eine Nachspannlänge die vorhandene Regelfahrleitung umgebaut:

- Regelfahrleitung 1950 mit 6 cm Vordurchhang
- BZA-Versuchsfahrleitung ohne Vordurchhang
- BZA-Versuchsfahrleitung mit 6 cm Vordurchhang

Weder in der Literatur noch in bahninternen Unterlagen finden sich hierüber Hinweise, jedoch teilte damals ein beim Umbau beteiligter Firmenangehöriger dem Verfasser diese Daten mit.

Nach einem von Th. Vogel²⁰² ausgewählten Meßdiagramm müssen diesem Umbau Versuchsfahrten bis 160 km/h mit unterschiedlicher Größe des Vordurchhangs vorangegangen sein, wobei sich ein solcher von 6 cm als besonders günstig erwiesen hatte. Eine bahninterne Unterlage weist darauf hin, daß noch 1961 Fahrleitungsmeßfahrten bis 180 km/h zwischen Kenzingen und Lahr begannen, wegen der hohen Zugdichte der Rheintalstrecke jedoch aufgegeben werden mußten. Z 11.8.2./1

Neun Jahre später wählte man diesen Streckenabschnitt erneut für Schnellfahrversuche aus. Nach einem Aktenvermerk der BD Karlsruhe vom 25.02.1970 war bei einem Treffen der Dezernenten für Bahnstromtechnik vom 21.01.1970 in Frankfurt (M) der Vorschlag unterbreitet worden, bei Meßfahrten festzustellen, bis zu welcher Geschwindigkeit über 160 km/h die Oberleitung Re 160 mit Stromabnehmer DBS 54 mit Wanisch-Wippe B 12 einwandfrei befahrbar ist. Zum Vergleich baute man zwischen Ringsheim und Kippenheim drei Nachspannlängen auf die inzwischen in Ezs-Zeichnungen vorliegende Oberleitung Re 200 um und führte im Oktober 1970 zwischen Riegel und Friesenheim mit Lok 103 Meßfahrten bis 200 km/h durch. Es erwies sich als sinnvoll, die den einzelnen Oberleitungsbauarten zugeordneten Geschwindigkeiten zu belassen.

²⁰¹ Bericht E 53 G/1963 aufgestellt am 19.06.1963.

²⁰² JdE, 15 (1964), S. 159, Bild 11.

11.8.3. Versuche Forchheim - Bamberg

Z 11.8.3./1 Nach einem Bericht der Versuchsanstalt²⁰³ und einem darauf aufbauenden Aufsatz von O. Dorenberg²⁰⁴ richtete man einen etwa 20 km langen Abschnitt der seit 1945 verhältnismäßig schwach belasteten Strecke Nürnberg - Probstzella (s. 8.1.2.) zwischen Forchheim und Bamberg für Schnellfahrten bis 200 km/h her. Für jede der verfügbaren 16 Nachspannlängen des Streckengleises Forchheim - Bamberg mit 75 m Längsspannweite baute man eine andere Fahrleitungsbauart ein:

- Regelfahrleitung 1950 ohne und mit verschiedenem Vordurchhang
- F 11.8.3./1 - Verbesserte Regelfahrleitung 1950 ohne und mit Vordurchhang
- F 11.8.3./2 - Neuartige Bauformen, wie Doppelfahrdraht oder Verbund-
- F 11.8.3./3 fahrleitung mit Hilfstragseil

Bei allen 16 Versuchsbauarten spannte man das Kettenwerk nach und sah am Stützpunkt Y-Beiseil vor. Erstmals verlangte man hier für die Höhenlage des Fahrdrahtes eine Einbaugenauigkeit von ± 5 mm.

F 11.8.3./4 Eine Nachspannlänge erhielt Kupferfahrdraht von 120 mm². In vier Nachspannlängen von Bahnhöfen mit Querseilaufhängung baute man Varianten der Regeloberleitung mit Y-Beiseilen von 12 und 18 m mit und ohne Vordurchhang ein. An drei Stellen konnte man das Verhalten der unter Überbauten abgesenkten Fahrleitung untersuchen.

Vom 28.11. bis 13.12.1963 führte die Versuchsanstalt München mit der Lokomotive E 10 299 und Stromabnehmer DBS 54 eine erste Meßreihe durch. Nachdem diese Versuche mit der verbesserten Regeloberleitung mit Vordurchhang auch bei Geschwindigkeiten bis 200 km/h erfolgreich verlaufen waren und nach E. Gierth²⁰⁵ nach der Internationalen Verkehrsausstellung 1965 auch zwischen Hannover und Hamburg Züge mit 200 km/h Höchstgeschwindigkeit verkehren sollten, erhielt eine Nachspannlänge der freien Strecke diese Bauart mit dem Regelmastabstand von 80 m und einem Vordurchhang von 3 cm und zum Vergleich eine weitere Nachspannlänge die gleiche Bauart mit einem Mastabstand von 65 m ohne Vordurchhang. Vom 19.03. bis 10.04.1964 schloß sich eine zweite Meßreihe mit der Lokomotive E 10 300 an.

Zusammengefaßt ergab sich, daß die in Bau und Unterhaltung wesentlich aufwendigeren Fahrleitungsbauarten mit Doppelfahrdraht bzw. Zwischentragseil für einen planmäßigen elektrischen Eisenbahnbetrieb mit einer Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h nicht erforderlich sind. Die verbesserte Regeloberleitung mit Vordurchhang bei Einzelstützpunkten, ohne Vordurchhang bei Querseilaufhängung, ergab bei

²⁰³ Bericht E 69 G/1964 aufgestellt am 24.08.1964.

²⁰⁴ EB, 36 (1965), S. 148 ff.

²⁰⁵ EB, 36 (1965), S. 138.

einem Mastabstand von 80 m Amplituden der periodischen Höhenbewegungen des Stromabnehmers von 5 cm; die Güte der Stromabnahme war durch durchschnittlich 1,3 Spannungsunterbrechungen/km mit einer Gesamtdauer von 10 ms/km gekennzeichnet. Diese Daten nennt auch Th. Vogel²⁰⁶ im Zusammenhang mit dem SchnellfahrSYMPOSIUM 1968 in Wien, spricht sich jedoch für eine für die Regelausführung abgelehnte Vergrößerung des Fahrdrabtquerschnitts aus und notiert als "alte Meinung der Fahrleitungsbauer", daß man "mit doppelter Fahrleitung" - gemeint ist Doppelfahrdrabt - "jede Geschwindigkeit fahren kann". Die verbesserte Regeloberleitung sah man für den Einbau auf den Strecken vor, die nach dem von F. Fakiner²⁰⁷ erläuterten "Leitprogramm der DB für höhere Geschwindigkeiten auf Hauptbahnen" mit mehr als 160 km/h befahren werden sollten.

11.8.4. Merkmale der Regeloberleitung für 200 km/h

1964 München-Pasing - Augsburg-Hochzoll (Umbau)
 1965 Hannover Hbf - Uelzen
 1968 Lünen Hbf - Münster (Westf) Hbf
 1968 Osnabrück Hbf - Bremen Hbf - Buchholz (Nordheide)
 1968 Hamm (Westf) - Bielefeld - Minden (Westf) - Wunstorf

Führte diese Bauart zunächst die Bezeichnung "Regelfahrleitung der DB. Bauart bis 200 km/h (Re 200)", setzt man seit 1982 anstelle von "Regelfahrleitung" den Begriff "Regeloberleitung". Die 4. Handausgabe der Einbauzeichnungen vom November 1966 datiert sämtliche Zeichnungen auf Januar 1964. Die Oberleitung Re 200 ist bei Strecken oder Streckenabschnitten mit einer Höchstgeschwindigkeit von mehr als 160 km/h bis 200 km/h eingebaut, weiter dort, wo künftig mit dieser Geschwindigkeit gefahren werden soll, so Teilstrecken zwischen Offenburg und Freiburg (BrsG) oder (Augsburg -) Jettingen - Neu Ulm.

G. Henrici²⁰⁸, A. Hinkelbein²⁰⁹ und ein nicht genannter Verfasser²¹⁰ beschreiben diese Oberleitungsbauart, weiter geht W. Breyer²¹¹ hierauf ein. Das aus 50 mm² Bronzetrage-seil und 100 mm² Kupferfahrdrabt bestehende nachgespannte Kettenwerk ist bei Querseilaufhängung ohne Vordurchhang, bei Einzelstützpunkten mit einem solchen von 3 cm verlegt. Beim Stützpunkt K sieht man ein mit 2,3 kN gespanntes Y-Beiseil von 18 m Länge mit 4 symmetrisch zum Stützpunkt angeordneten Hängern vor, beim Stützpunkt L ein mit 1,7 kN gespanntes Y-Beiseil von 14 m mit 2 Hängern. Diese Anordnung gilt in der Geraden bzw. im Gleisbogen mit einem Ra-

²⁰⁶ JdE, 21 (1970), S. 146 ff.

²⁰⁷ DB, 43 (1969), S. 559 ff.

²⁰⁸ EB, 37 (1966), S. 57 f.

²⁰⁹ DB, 42 (1968), S. 683 f.

²¹⁰ EB, 77 (1979), S. 179 f.

²¹¹ EB, 43 (1972), S. 30 ff.

Z 11.8.4./4

dius von mehr als 1200 m, darunter verwendet man das Kettenwerk der Oberleitung Re 160. Bei Querseilaufhängung sieht man bei Spannweiten über 50 m ein mit 2,3 kN gespanntes Y-Beiseil von 18 m mit 4 zum Stützpunkt symmetrischen Hängern vor, bei kleineren Spannweiten ein mit 1,7 kN gespanntes Y-Beiseil von 14 m mit 3 asymmetrisch zum Stützpunkt angeordneten Hängern. Sowohl die Einzelstützpunkte mit Rohrschwenkauslegern als auch jene im Quertragwerk entsprechen grundsätzlich der Oberleitung Re 160, ebenfalls die Anordnung von Nachspannung und Streckentrennung. Die Anordnung der Oberleitung Re 200 an Überbauten legte man bezüglich der abgestuften Steigung des Fahrdrabtes neu fest.

Nach dem Umbau der Teilstrecke München-Pasing - Augsburg-Hochzoll im Hinblick auf die Internationale Verkehrsausstellung 1965 erhielt erstmals die Strecke Hannover - Uelzen neu diese Schnelloberleitung. Nach G. Henrici²¹² baute man auf der Teilstrecke Hannover - Celle Fahrdrabt von 100 mm² Querschnitt ein, von Celle nach Uelzen dagegen solchen von 120 mm².

Es lag nicht an der Oberleitung, daß der Schnellverkehr mit Regelzügen zwischen München und Augsburg bald darauf abgebrochen und zwischen Hannover und Hamburg zunächst nicht aufgenommen werden konnte. Nach H. Lagershausen²¹³ fuhren im Sommer 1965 zwischen München und Augsburg zunächst die Ausstellungszüge planmäßig mit 200 km/h, weiter der TEE 56/55 "Blauer Enzian". Da damals die Linienzugbeeinflussung noch nicht hinreichend den Belangen des Schnellverkehrs entsprach, reduzierte man die zulässige Höchstgeschwindigkeit der Regelzüge wieder auf 140 km/h, seit 1968 160 km/h (s. 2.2.).

H. Delvendahl²¹⁴ stellt 1971 ein Ausbauprogramm für das Netz der DB vor, das nach demselben Verfasser 1973 in die neue Unternehmenskonzeption der DB aufgenommen wurde²¹⁵ und unter anderem den Ausbau von Hauptabfuhrstrecken für 200 km/h vorsieht; 1977 beschloß die Bundesregierung dessen Verwirklichung. Seit Fahrplanwechsel 1977 fahren zwischen München und Augsburg Reisezüge wieder mit 200 km/h,²¹⁶ seit 1978 nach bahninternen Unterlagen auch auf Teilstrecken zwischen Hamburg und Bremen, Hannover und Uelzen und der Strecke Augsburg - Donauwörth. Bei der Einführung des IC-Studentakts im darauffolgenden Jahr geht die Literatur nicht mehr auf die Stromabnahme ein, da eine sorgfältig regulierte Oberleitung Re 200 bei der Geschwindigkeit 200 km/h einwandfrei mit dem Stromabnehmer SBS 65

²¹² EB, 37 (1966), S. 57 f.

²¹³ ETR, 22 (1973), S. 423 ff.

²¹⁴ ETR, 20 (1971), S. 7 ff.

²¹⁵ JdE, 25 (1974), S. 46 ff.

²¹⁶ ETR, 26 (1977), S. 825 ff.

zu befahren ist. Nach W. Bethge und R. Seifert²¹⁷ ergeben sich mit dem Stromabnehmer DBS 54 und der Oberleitung Re 160 bei 140 km/h etwa 4 Unterbrechungen/km und eine Unterbrechungsdauer von ca. 20 ms/km bzw. 0,8 Promille der Fahrzeit. Dagegen mißt man mit dem Stromabnehmer SBS 65 und der Oberleitung Re 200 bei 200 km/h etwa 2 Unterbrechungen/km und etwa 0,5 Promille Unterbrechungsdauer.

1965 spricht O. Dorenberg²¹⁸ die Hoffnung aus: "Auf Grund der Versuche darf angenommen werden, daß die verbesserte Regelfahrleitung der DB bei 200 km/h die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit noch nicht erreicht hat." Etwa 20 Jahre später hatte man Gelegenheit, dies zu erproben: Die Versuchs-Meßfahrt "Präsentationsfahrt Tfz 120 mit 250 km/h" vom 17.10.1984, wobei man mit der 120 001 zwischen Augsburg und Donauwörth eine Höchstgeschwindigkeit von 265 km/h erreichte, hat die Literatur gebührend gewürdigt.²¹⁹ M. Nießen²²⁰ stellt speziell das Zusammenwirken Oberleitung - Stromabnehmer bei dieser Schnellfahrt dar. Während sich die Oberleitung Re 200 bis 220 km/h gut befahren läßt, erhöht sich oberhalb dieser Geschwindigkeit deutlich die Dynamik sowie das Niveau der auf den Stromabnehmer wirkenden Kräfte. Wohl war selbst bei der Schnellfahrt mit 265 km/h die Energieübertragung sowohl beim Fahren als auch beim elektrischen Bremsen stets gewährleistet, doch traten beim Einlaufen in Fahrdrabtabsenkungen Spitzenwerte bis 270 N auf. "Während der Mittelwert der dynamischen Kräfte bei der 200 km/h-Fahrt 87 N bei einer Standardabweichung von rund 20 N betrug, erhöhte sich der Mittelwert bei der 250 km/h-Fahrt auf 109 N mit einer Standardabweichung von rund 30 N. Dabei lag die Mehrzahl der Kraftspitzen bei etwa 170 N." Nach Mitteilung des BZA München änderte man die vorhandene Oberleitung Re 200 nicht in ihrem konstruktiven Aufbau, man regulierte lediglich die nach einer Meßfahrt festgestellten harten Punkte neu und baute im Bereich von Fahrdrabtabsenkungen unter vorhandenen Überbauten einen Vordurchhang ein. Z 11.8.4./5

11.9. Regeloberleitung für 250 km/h (Re 250)

11.9.1. Theoretische Überlegungen und Untersuchungen der Versuchsanstalt

Von der AEG-Fahrleitung mit Windseil (s. 8.1.4.) an hatte man bei der DRB bzw. DB Fahrleitungen nach einem feststehenden Schema bis zur Serienreife entwickelt. Entsprechend Zeichnungen von Firmen bzw. des RZA/EZA/BZA München baute die Versuchsanstalt in München-Freimann auf ihrem Fahrlei-

²¹⁷ ETR, 25 (1976), S. 167.

²¹⁸ EB, 36 (1965), S. 155.

²¹⁹ DB, 60 (1984), S. 869 f.; ETR, 33 (1984), S. 861 f.; GA, 108 (1984), S. 368; EB, 83 (1985), S. 47 ff.

²²⁰ EB, 83 (1985), S. 418 ff.

tungsversuchsfeld über mehrere Spannweiten eine Versuchsfahrleitung ein und untersuchte diese statisch bezüglich Anhub und Windabtrieb, wobei man in einem Bericht verschiedene Verbesserungsvorschläge unterbreitete. Auf einem Streckenabschnitt einer bereits elektrifizierten oder neu zu überspannenden Eisenbahnstrecke errichtete man eine entsprechend modifizierte Bauart und befuhr sie mit höchstzulässiger Geschwindigkeit mit einem Fahrleitungsmeßwagen. Schließlich legte das RZA/EZA/BZA München in genormten Regelzeichnungen den Einbau der neuen Fahrleitungsbauart fest.

Für die Entwicklung einer Regeloberleitung für 250 km/h genügte dieses empirische Vorgehen nicht mehr; erstmals flossen bereits bei der Entwicklung theoretische Überlegungen ein. Bereits 1959 analysiert M. Süberkrüb²²¹ die Elastizität und die Dynamik von Fahrleitung und Stromabnehmer und leitet entsprechende Formeln ab. Drei Jahre später spricht derselbe Verfasser von der Fahrleitung als Schwingungsursache²²² und stellt später eine Theorie zum elastischen und dynamischen Verhalten von Fahrleitung und Stromabnehmer dar.²²³ 1969 stellt H. Ebeling²²⁴ Elastizitätsverlauf und Kenndaten verschiedener Fahrleitungen zusammen, weiter verschiedene theoretische Untersuchungen mit den darin getroffenen Annahmen und schließt: "Es ist nunmehr die Zeit gekommen, mit Hilfe der theoretischen Ableitungen und elektronischen Rechenmethoden die früheren empirisch aufgestellten Empfehlungen und Konstruktionsprinzipien zu überprüfen und gegebenenfalls zu verbessern." Schließlich referiert 1972 W. Breyer²²⁵ über Arbeiten des ORE zur Anpassung von Wechselstrom-Fahrleitungen an höhere Geschwindigkeiten.

Der 1973 veröffentlichte Bundesverkehrswegeplan stellt nach H. Delvendahl²²⁶ den Startschuß zum Ausbau der DB dar, da dieser neben Ausbaustrecken auch Neubaustrecken vorsieht. Erhielt der 1979 in Betrieb genommene Streckenabschnitt Hannover-Bismarckstraße - Rethen²²⁷ der Neubaustrecke Hannover - Würzburg noch die Oberleitung Re 200, sind die übrigen Teilstrecken entsprechend den von W. Linkerhägner und H. Mohr²²⁸ dargelegten technischen Grundlagen der Neubaustrecken mit 250 km/h zu befahren.

Die in den Jahren 1971/72 in München-Freimann durchgeführten statischen Anhubversuche hatten nach Mitteilung der

²²¹ EB, 30 (1959), S. 49 ff., 77 ff.

²²² EB, 33 (1962), S. 12 ff.

²²³ Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und Düsseldorf 1971, S. 349 ff.

²²⁴ EB, 40 (1969), S. 26 ff., 60 ff.

²²⁵ EB, 43 (1972), S. 27 ff.

²²⁶ JdE, 25 (1974), S. 46 ff.

²²⁷ DB, 55 (1979), S. 890; EB, 77 (1979), S. 198 f.

²²⁸ ETR, 26 (1977), S. 825 ff.

Versuchsanstalt bei einem Kettenwerk mit höherer Zugspannung in Tragseil und Fahrdraht besonders geringe Elastizitätsunterschiede gezeigt.

11.9.2. Versuche Gütersloh - Neubeckum

Nach K. Bauermeister²²⁹ begann die DB im Jahre 1973 auf dem Abschnitt Gütersloh - Neubeckum der viergleisigen Strecke Minden - Hamm mit Versuchsfahrten bis 250 km/h. Ziel der Entwicklung war es, bei 250 km/h trotz der größeren dynamischen Beanspruchung eine gleich gute Stromabnahme sicherzustellen wie bei der Oberleitung Re 200 bei 200 km/h. K.-H. Bauer und K. Koch²³⁰ stellen ausführlich den Weg von den Versuchsbauarten der Umbauten 1972/73 bzw. 1976 zur Regelbauart Re 250 mit allen Konstruktionsmerkmalen dar.

In der Literatur finden sich eingehende Darstellungen dieser Schnellfahrversuche: F. Häfner, J. Hasselhuhn und E. Weidlich²³¹ sprechen allgemein über deren Vorbereitung und Durchführung, W. Bethge und R. Seifert²³² erörtern meßtechnische Möglichkeiten zur Erprobung von Oberleitungssystemen, H. Enser²³³ würdigt das dort verwirklichte multidisziplinäre Versuchsprogramm. Schließlich stellt K.-H. Bauer²³⁴ die Ergebnisse aus dem Problemkreis Stromabnehmer-Oberleitung bei Betriebsgeschwindigkeiten von 200 bis 250 km/h zusammen und betont eingangs: "Hier war nicht die Frage zu lösen, welches System überhaupt die beste Übertragungsmöglichkeit bietet ... Für diese Neubaustrecken wird ganz klar gefordert, daß sowohl alle Hochgeschwindigkeits-Fahrzeuge ohne Einschränkungen auf das bestehende Netz übergehen als auch die bestehenden Fahrzeuge auf den Neubaustrecken verkehren können müssen."

Hier wird auch eine gegenüber früher geänderte Praxis der Erteilung von Entwicklungsaufträgen deutlich: Die ZHVB in Frankfurt (M) weist zunächst dem BZA München einen Entwicklungsauftrag zu, das seinerseits Firmen Aufträge erteilt. Die Versuchsanstalt hat lediglich die Aufgabe, bei Versuchen zu prüfen.

Die Oberleitung der Versuchsstrecke war ursprünglich als Querseilüberspannung über alle vier Gleise erstellt worden. Da derartige Querfelder für Schnellfahrstrecken dem inzwischen eingeführten Prinzip der mechanischen Trennung der Kettenwerke widersprechen, baute man mehrere Abschnitte der Strecke auf Einzelstützpunkte mit Auslegern über 2

²²⁹ EB, 45 (1974), S. 2.

²³⁰ DB, 62 (1986), S. 423 ff.

²³¹ GA, 98 (1974), S. 299 ff.

²³² ETR, 25 (1976), S. 162 ff.

²³³ GA, 101 (1977), S. 303 ff.

²³⁴ Leichtbau der Verkehrsfahrzeuge, 23 (1979), S. 26 ff.

Gleise um. Hierfür waren nur drei Nachspannlängen geeignet, da die übrigen in Bahnhöfen oder unter Bauwerken lagen. 1973 bestanden folgende Oberleitungs-Versuchsabschnitte mit durchgehend 5,7 m Fahrdrathöhe:

1. Oberleitung Re 200 mit 80 m Längsspannweite und Querseilaufhängung: Das 50 mm² Bronzetrage-seil und der 100 mm² Kupferfahrdrath sind jeweils mit 10 kN nachgespannt, die Nachspannung ist dreifeldrig ausgebildet.

2. Oberleitung Re 200 mit 80 m Längsspannweite und Einzelstützpunkten: Auch hier sind das 50 mm² Bronzetrage-seil und der 100 mm² Kupferfahrdrath jeweils mit 10 kN nachgespannt und die Nachspannung ist dreifeldrig.

3. Oberleitung Re 200 mit 80 m Längsspannweite und Einzelstützpunkten: Das 50 mm² Bronzetrage-seil und der 100 mm² Kupferfahrdrath mit 0,1 Prozent Silberzusatz sind jeweils mit 12,5 kN nachgespannt, die Nachspannung ist dreifeldrig.

4. Oberleitung Re 200 mit 60 m Längsspannweite und Einzelstützpunkten: Das 50 mm² Bronzetrage-seil und der 100 mm² Kupferfahrdrath mit 0,1 Prozent Silberzusatz sind jeweils mit 12,5 kN nachgespannt, die Nachspannung ist vierfeldrig ausgebildet.

- Z 11.9.2./3 Während man bei der Oberleitung Re 200 mit Einzelmasten und 80 m Längsspannweite ab 230 km/h Lichtbogen und Höhenbewegungen des Stromabnehmers von ca. 6 cm feststellte,
- Z 11.9.2./4 traten an der Oberleitung Re 200 mit der Zugkraft von 12,5 kN bis auf die Festpunkte keine Lichtbogen auf. Weiter zeigte es sich, daß bei einem Mastabstand von 60 m der Vordurchhang mit dem dazugehörigen Regulieraufwand entfallen kann. Nach Mitteilung des BZA München ergab sich zudem, daß bei Schnellfahrstrecken grundsätzlich Einzelstützpunkte verwendet werden müssen. Bei Querseilaufhängung werden die Schwingungen eines Längskettenwerks auf die anderen Kettenwerke übertragen.
- Z 11.9.2./1
- Z 11.9.2./2

K. Bauermeister²³⁵ faßt als Ergebnis der ersten Meßphase zusammen, daß die Versuche auf dem Schnellfahrabschnitt Gütersloh - Neubeckum gezeigt haben, daß unter der Voraussetzung einer möglichst gleichmäßigen Elastizität der Oberleitung der Geschwindigkeitsbereich bis 250 km/h mit einer einfachen Oberleitungskette beherrschbar ist und daß vermutlich erst bei Geschwindigkeiten um 300 km/h auf eine Verbundoberleitung übergegangen werden muß.

Nach K.-H. Bauer und K. Koch²³⁶ baute man im Jahre 1976 die drei Nachspannlängen mit Einzelstützpunkten erneut um, wobei man jeweils 120 mm² silberlegierten Kupferfahrdrath,

²³⁵ ETR, 23 (1974), S. 337 f.

²³⁶ DB, 62 (1986), S. 423 ff.

70 mm² Bronzetragseil und 35 mm² Y-Beiseil verwendete, nachdem sich der zwischen Celle und Uelzen versuchsweise eingebaute Kupferfahrdraht von 120 mm² (s. 11.8.4.) in langjährigem Betrieb besonders gut bewährt hatte. Nach K.-H. Bauer und K. Reinold²³⁷ wählte man auf den einzelnen Versuchsabschnitten folgende Zugkräfte:

Bauart	Fahrdraht	Tragseil	Beiseil
1	15 kN	19 kN	3,5 kN
2	15 kN	19 kN	9,5 kN
3	12 kN	14 kN	7,0 kN

Die statische Ermittlung der minimalen bzw. maximalen Elastizität ergab, daß bei der Oberleitungsbauart 1 die Forderung nach möglichst geringen Elastizitätsunterschieden mit 0,11 mm/N am besten erfüllt ist, auch ist die für die Bewertung einer Oberleitung wichtige Ungleichförmigkeit mit 10,3 Prozent wesentlich geringer als bei den Oberleitungsbauarten 2 und 3. Gegenüber der Oberleitung Re 200 vermindert sich die mittlere Elastizität um fast 40 Prozent; bei Meßfahrten stellte man 3 Lichtbögen/km mit einer Gesamtdauer von 80 ms/km fest. Deshalb nahm man diese Versuchsbauart als Grundlage für die Entwicklung der Regeloberleitung für 250 km/h. Z 11.9.2./5

K.-H. Bauer, R. Bucksch, F. Lerner, R. Mahrt und F. Schneider²³⁸ leiten ausgehend von diesen Versuchen Kriterien für die Auslegung von Oberleitungen ab, so jene der konstanten statischen Elastizität und der Reguliergenauigkeit. Da der statischen Betrachtungsweise Grenzen gesetzt sind, gilt weiter das Kriterium der dynamischen Auslegung.

In einem dritten Schritt baute man 1982 eine Nachspannlänge der Versuchsstrecke Gütersloh - Neubeckum nach den inzwischen herausgegebenen Einbauzeichnungen des BZA München auf die Oberleitung Re 250 um.

11.9.3. Merkmale der Regeloberleitung für 250 km/h

1987 Mannheim Hbf - Abzw Saalbach (- Graben-Neudorf)
(Neubaustrecke)

1988 Edesheim (Leine) - Nörten-Hardenberg (Neubaustrecke)

1988 Fulda - Würzburg Hbf (Neubaustrecke)

Diese Bauart führte zunächst die Bezeichnung "Regelfahrleitung der DB. Bauart bis 250 km/h (Re 250)", 1982 setzte man "Regelfahrleitung" durch "Regeloberleitung". Die zugehörigen Einbauzeichnungen sind ab Juni 1978 datiert. Die Oberleitung Re 250 ist für Neubaustrecken der Z 11.9.3./1
Z 11.9.3./2
Z 11.9.3./3
Z 11.9.3./4

²³⁷ Elsners Taschenbuch der Eisenbahntechnik, Darmstadt 1980, S. 209 f.

²³⁸ GA, 103 (1979), S. 365 ff.

DB mit Höchstgeschwindigkeiten von 250 km/h bei Reisezügen und 120 km/h bei Güterzügen vorgesehen.

K.-H. Bauer und K. Reinold²³⁹, weiter S. Beier u. a.²⁴⁰ beschreiben die zunächst konzipierte Ausführung der Oberleitung Re 250, ebenso ein namenloser Aufsatz²⁴¹. Die definitive Ausführung stellen K.-H. Bauer²⁴² sowie K.-H. Bauer und F. Kießling²⁴³ dar. F. Ruß²⁴⁴ skizziert die Anlagen der elektrischen Zugförderung des ersten Abschnitts der Neubaustrecke Mannheim - Stuttgart.

Z 11.9.3./5 Für die Energieübertragung der Neubaustrecken verlangt man eine zu übertragende Leistung von 10 MVA. Obwohl die Oberleitung mit 15 kV Nennspannung betrieben wird, wählt man zur Erhöhung der Sicherheit eine Isolation für 25 kV, womit sich der Mindestabstand spannungsführender Teile gegen Erde von 150 mm auf 215 mm vergrößert. Das aus 70 mm² Bronzetrage-seil und 120 mm² Kupferfahrdraht mit 0,1 Prozent Silberzusatz bestehende Kettenwerk kann im Neuzustand mit etwa 720 A, bei um 20 Prozent abgenutztem Fahrdraht mit etwa 670 A dauernd belastet werden; für das Y-Beiseil wählte man 35 mm² Bronzeseil. Trage-seil und Fahrdraht werden mit jeweils 15 kN nachgespannt, das Y-Beiseil mit 2,8 kN. Der Fahrdraht ist sowohl auf freier Strecke als auch im Tunnel ohne Vordurchhang mit einer Fahrdrahthöhe von 5,3 m über SO und einem Zickzack von ±30 cm verlegt, womit der Fahrdraht erst bei einem Seitenwind von 40 m/s den größten zulässigen Windabtrieb von 500 mm erreicht. Um bei der mechanisierten Kettenwerksmontage einfachere Berechnungen zu erhalten, ist das Kettenwerk lotrecht angeordnet.

Z 11.9.3./7 Auf freier Strecke mit einer Längsspannweite von höchstens 65 m beträgt die Systemhöhe 1,80 m, im Tunnel mit einer Spannweite von 40 bis 44 m die Systemhöhe 1,1 m. Die Änderung der Längsspannweite darf nur in Schritten von maximal 10 m erfolgen, damit die Sprünge der Elastizität nicht zu groß sind; bisher gab es hierfür keine Festlegung. Die Länge des Y-Beiseils ist in Abhängigkeit von der Spannweite a festgelegt:

a = 40...44 m:	10 m Y-Beiseil,
a = 44...55 m:	14 m Y-Beiseil,
a = 55...65 m:	18 m Y-Beiseil.

Entsprechend sind die beiden Hänger am Y-Beiseil 3,0...5,0 m symmetrisch zum Stützpunkt angeordnet. Der Hängerabstand ist auf 7,2...9,6 m reduziert, wobei man stromfeste Hänger vorsieht.

²³⁹ Elsners Taschenbuch der Eisenbahntechnik, Darmstadt 1980, S. 199 f.

²⁴⁰ EB, 80 (1982), S. 119 ff.

²⁴¹ EB, 77 (1979), S. 207.

²⁴² ETR, 35 (1986), S. 593 ff.

²⁴³ GA, 110 (1986), S. 367 ff.; ETR, 36 (1987), S. 719 ff.

²⁴⁴ EB, 85 (1987), S. 153 ff.; DB, 63 (1987), S. 585 ff.

Nach K.-H. Bauer u. a.²⁴⁵ verwendet die DB für die Rohre der Ausleger, die Gußteile, Gesenkschmiedeteile sowie Schrauben und Muttern der Oberleitung Re 250 Aluminiumlegierungen, da ein großer Teil der Neubaustrecken der DB in Tunnels verläuft, die für die Instandhaltung nur schwer zugänglich sind und mit Kurzschlüssen bis 35 kA bei 120 ms Standzeit gerechnet werden muß.

Um die angestrebten Toleranzen (Regelfahrdrahthöhe ± 3 cm, Höhendifferenz von Stützpunkt zu Stützpunkt ± 1 cm, Höhendifferenz von Hänger zu Hänger $\pm 0,5$ cm) einhalten zu können, sah man ursprünglich eine Tragseilklemme mit regulierbarem Abzughalter und einen verstellbaren stromfesten Hänger mit selbsthemmender Schnecke vor. Definitiv führte man nur den verstellbaren Seitenhalter ein, damit dem Seitenhalter unabhängig vom Verhältnis Bogenzugkraft zu Gewichtskraft genügend Spielraum für den Anhub bleibt. Z 11.9.3./8
Z 11.9.3./9

1984 entschied die DB, auf den Neubaustrecken möglichst Betonmasten zu verwenden, auch auf Talbrücken und aufgeständerten Streckenabschnitten.²⁴⁶ Nach M. Luetjens²⁴⁷ beträgt die Nachspannlänge maximal 1200 m, die Streckentrennungen und Nachspannungen werden grundsätzlich fünffeldrig ausgeführt. Der Festpunkt entspricht der bisherigen Ausführung der Regeloberleitung der DB. Für Überleitstellen, Überholungsbahnhöfe und sonstige Knoten- und Verknüpfungsbahnhöfe liegen sorgfältig erarbeitete Musterbespannungspläne unter strikter Verwendung von Einzelstützpunkten vor. Nach Mitteilung des BZA München umfaßt die Oberleitung Re 250 inzwischen 165 Konstruktionszeichnungen und 89 Lagepläne.

Da die Neubaustrecken der DB von vornherein für elektrischen Zugbetrieb konzipiert wurden, sah man für die Befestigung von Masten, Radspannern, Hängesäulen mit Stützpunkten, Schalterleitungen, Kabeln und Schaltern in den Tunnels und betonierten Einschnitten vorwiegend in den Stahlbeton eingelassene Befestigungsschienen vor. Der erforderliche Raum für eine eventuell später nachzurüstende Verstärkungsleitung von 240 mm² Aluminium je Gleis für einen Dauerstrom von insgesamt 1300 A wurde beim Entwurf der Oberleitungsausrüstung nicht nur für die Strecke im Freien, sondern auch in den Tunnels freigehalten und die Fundamente und Masten entsprechend dimensioniert. Unter dem Gesichtspunkt einer sehr guten Befahrbarkeit und eines möglichst geringen Unterhaltungsaufwandes verlegt man die erforderliche Leitfähigkeit bewußt in eine Verstärkungsleitung und nicht in das Kettenwerk selbst.

Schließlich ist noch auf ein Detail der Oberleitung Re 250 hinzuweisen, da hiermit eine jahrzehntelange Tradition der

²⁴⁵ EB, 84 (1986), S. 298 ff.

²⁴⁶ DB, 60 (1984), S. 794.

²⁴⁷ EB, 77 (1979), S. 313 ff.

DB durchbrochen wird: Während H. Lehmann²⁴⁸ für die Oberleitung Re 250 die Aufhängung des Stützrohres am Y-Beiseil notiert, zeigen A. Güldenpenning und W. Klein²⁴⁹ die endgültige Ausführung mit Aufhängung des Stützrohres am Auslegerrohr, um die beim Stromabnehmerdurchgang zu beschleunigenden Massen zu minimieren. Während DR, ÖBB und SNCF schon lange die letztgenannte Aufhängung vorziehen, schrieb das BZA München für die Bauarten Re 120, Re 160 und Re 200 die Aufhängung des Stützrohres am Y-Beiseil vor, da bei 80 m Längsspannweite die Elastizität des Kettenwerks gleichmäßiger ist. Verschiedene untergeordnete Dienststellen versuchten immer wieder, die andere Aufhängung zu verwirklichen: Das Dienstgebäude der Flm Freiburg (Brsg) liegt an der Bogeninnenseite einer Kurve der Rheintalstrecke mit 1000 m Radius; die zulässige Streckengeschwindigkeit beträgt dort 140 km/h (seit 1984 150 km/h). Nachdem die Flm-Angehörigen beim Stromabnehmerdurchgang die starken Schwingungen am Stützpunkt nicht mehr mit ansehen wollten, legten sie Anfang der sechziger Jahre dort das Stützrohr am Auslegerrohr fest. Dies blieb etwa 10 Jahre unbemerkt und mußte dann normalisiert werden. Aber auch bei der BD München gibt es zwei Teilstrecken umgebauter Fahrleitung mit dieser Aufhängung des Auslegerrohrs, die bis jetzt unbemerkt und damit unverändert geblieben ist: Beim Umbau der Fahrleitung Freilassing - Bad Reichenhall behielt man die vorhandenen Masten und damit Längsspannweiten bei. Während man auf der geraden Strecke von Ainring bis Hammerau die Oberleitung Re 160 entsprechend den Regelzeichnungen einbaute, beließ man ansonsten das feste Tragseil: windschief im Gleisbogen, Stützpunkte mit Rohrschwenkausleger in der Geraden. Der Auslegerstützpunkt der hier verwendeten Umbaufahrleitung für 160 km/h unterscheidet sich von jenem der Oberleitung Re 160 nur dadurch, daß das Stützrohr am Auslegerrohr aufgehängt ist. Das BZA München schrieb für die Oberleitung Re 250 diese Art der Aufhängung vor, da sich einerseits bei einer Längsspannweite von 65 m durch die direkte Aufhängung des Stützrohres am Auslegerrohr keine solchen Elastizitätsunterschiede wie bei 80 m Spannweite feststellen lassen, andererseits bei dem hier lotrechten Kettenwerk eine einfachere Berechnung der Hänger möglich ist.

11.9.4. Entwicklungsarbeiten zu einer Hochgeschwindigkeitsoberleitung

Im Zusammenhang mit dem Schnellfahr Symposium 1968 in Wien sagt Th. Vogel²⁵⁰ 1970 bezüglich der elektrischen Energieübertragung aus: "Man beherrscht heute mit Sicherheit Geschwindigkeiten bis 250 km/h und kann ohne Bedenken das

²⁴⁸ Bahnsysteme und ihr wirtschaftlicher Betrieb, Darmstadt 1978, S. 103, Bild 4/34.

²⁴⁹ EB, 82 (1984), S. 255, Bild 16.

²⁵⁰ JdE, 21 (1970), S. 150.

Gebiet gegen 300 km/h ausweiten." Anknüpfend an dasselbe Ereignis notiert W. Breyer²⁵¹ zwei Jahre später: "Eine Grenze zeichnet sich derzeit bei etwa 400 km/h ab, da hierbei die Fahrgeschwindigkeit den Wert der Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines Impulses entlang der Fahrleitung erreicht. Es sind also ähnlich geartete Probleme zu erwarten, wie sie beim Durchstoßen der Schallmauer auftreten. Es wird nicht knallen - hoffentlich - aber irgendwelche Resonanzerscheinungen könnten schon unliebsam in Erscheinung treten. Vielleicht kann man mit 500 km/h besser fahren als mit 150, aber wie kommt man dort hin?"

Die Entwicklungsarbeiten an der Oberleitung Re 250 haben die Forschung ungemein angeregt. 1977 stellt W. Fischer²⁵² ein flexibles Instrument zur Simulation des Schwingungsverhaltens von Kettenwerk und Stromabnehmer bei hohen Zuggeschwindigkeiten vor, F. Gerichten²⁵³ entwickelt eine Theorie des Y-Beiseiles mit dem Ziel einer möglichst gleichmäßigen statischen Elastizität entlang dem Fahrdraht. 1980 äußert sich R. Mahrt²⁵⁴ über den Einfluß der Y-Seile auf die statischen Flexibilitäten von Oberleitungen, um den Einfluß der Längsbewegung auf die Fahrdrahtelastizitäten und -flexibilitäten mit stärker gespannten Y-Beiseilen rechnerisch zu bestimmen. R. Bucksch²⁵⁵ berechnet die Eigenschwingungen eines Oberleitungs-Kettenwerks, K. Bopp²⁵⁶ legt einen systematischen Entwurf von betriebstechnisch optimierten Oberleitungssystemen vor und betrachtet die Mechanik und Dynamik des Schwingungssystems Oberleitungskettenwerk und Stromabnehmer. Im folgenden Jahr beschreibt derselbe Verfasser das dynamische Verhalten von Oberleitungssystemen durch die Bestimmung von statistischen Verteilungen von Anhub und Andruck quantitativ.²⁵⁷ F. Schneider und F. Lerner²⁵⁸ formulieren ein ökonomisch orientiertes Gütekriterium für das System Oberleitung - Stromabnehmer. 1982 stellt eine Forschungsinformation Bahntechnik²⁵⁹ ohne Verfasserangabe ein rechnerisches Instrumentarium zur Ermittlung des statischen Verhaltens von Oberleitungssystemen bei hohen Geschwindigkeiten vor. Dank des Einsatzes, der Erfindungsgabe und der Zähigkeit von Ingenieuren ist es möglich, das Verhalten von Oberleitung und Stromabnehmer bis etwa 400 km/h weitgehend zu analysieren.

²⁵¹ EB, 43 (1972), S. 28.

²⁵² GA, 101 (1977), S. 142 ff.

²⁵³ AET, (1977), Heft 32, S. 69 ff.; ETR, 27 (1978), S. 193 ff.

²⁵⁴ AEG, 53 (1980), S. 81 ff.

²⁵⁵ AEG, 53 (1980), S. 186 ff.

²⁵⁶ ETR, 29 (1980), S. 179 ff.

²⁵⁷ ETR, 30 (1981), S. 111 ff.

²⁵⁸ GA, 105 (1981), S. 265 ff.

²⁵⁹ ETR, 31 (1982), S. 291 ff., 483 ff.

Im Zusammenhang mit der "Opération TGV 100", wo am 26.02. 1981 auf der Neubaustrecke Paris - Sud-Est ein serienmäßiges Schienenfahrzeug, der SNCF-Triebzug TGV 16, mit 380 km/h erstmals die Geschwindigkeit von 100 m/s überschritt, betonen A. Prud'homme und E. Chambron²⁶⁰, daß Aussagen über die Stromabnahme waghalsig sind, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit den Wert der Ausbreitungsgeschwindigkeit des vom Stromabnehmer im Fahrdraht angeregten Impulses erreicht. J. Dupuy²⁶¹ notiert in einer ausführlichen Darstellung dieser Schnellfahrt, daß die Stabilität der Drehgestelle bei 380 km/h ausgezeichnet war, die Beschleunigungen und Kräfte blieben bescheiden. "Aber, wird man sagen, warum ist man nicht am 26.02. über 380 km/h vorgestoßen? Tatsache ist, daß wir an diesem Tag an eine andere Grenze gestoßen sind, sicherlich weniger grundlegend als die Stabilität, aber wichtig genug, um unsere Aufmerksamkeit zu erregen: es handelt sich um die Anhebung der Fahrleitung. Der Stromabnehmer war entworfen worden, um dauernd mit der Fahrleitung in Kontakt zu bleiben und jegliches Springen zu vermeiden, ohne damit auf den Fahrdraht einen zu großen Druck als Ursache für Störungen und besonders für unzulässige Anhebungen auszuüben. Im Laufe der Versuche des 25. und 26.02. blieb die Stromabnahme gut bis 380 km/h ... Dagegen haben wir Anhebungen des Fahrdrahts festgestellt, die wesentlich stärker als vermutet waren, was uns dann dazu bewogen hat, die Geschwindigkeit auf 380 km/h zu beschränken."

Nachdem sich nach Mitteilung der Versuchsanstalt München diese Aussage auch bei Meß- und Versuchsfahrten der DB mit dem ICE-Triebzug abgezeichnet hatte, spannte man für die Schnellfahrt vom 1.05.1988²⁶² zwischen km 308 und km 282 der Neubaustrecke Hannover - Würzburg den Fahrdraht mit 21 kN anstelle normal 15 kN bei unverändertem Tragseilzug von 15 kN nach, die in diesem Streckenabschnitten kreuzenden Kettenwerke zog man jeweils 30 cm hoch und regulierte das Kettenwerk neu. Die Anhebung der Zugkraft des Fahrdrahts von 15 kN auf 21 kN bewirkte nicht nur eine Verringerung der Elastizität, sondern auch eine Anhebung der Wellenausbreitungsgeschwindigkeit von 426 km/h auf 504 km/h. Obwohl im Tunnel bei Fahrt des ICE mit 400 km/h am Stromabnehmer eine Luftgeschwindigkeit von 520 km/h gemessen wurde, war es möglich, durch die Regelung der mittleren Anpreßkraft des konstruktiv unveränderten Stromabnehmers DSA 350 während der Fahrt über die Luftfederung den Fahrdrahtanhub auf folgende Werte zu begrenzen: Bei einem konstruktiv möglichen Anhub von 20,5 cm setzte man das höchstzulässige Maß auf 15 cm fest; tatsächlich maß man auf offener Strecke einen Anhub von 12 cm, im Tunnel von 8 cm. Nach der Video-Aufzeichnung des Bügellaufs war die Lichtbogenbildung selbst bei 406,9 km/h gering.

²⁶⁰ RGCF, 100 (1981), S. 211.

²⁶¹ Schienen der Welt, 12 (1981), S. 316 ff.

²⁶² EB, 86 (1988), S. 141; 235 f.

12. Fahrleitungsbauarten der Deutschen Reichsbahn nach 1945

12.1. Rechtliche und organisatorische Grundlagen

12.1.1. Eisenbahnverwaltungen

Nach R. R. Rossberg¹ wurde mit Befehl Nr. 17 der Sowjetischen Militäradministration in Deutschland (SMAD) vom 23. 07.1945 eine Zentralverwaltung des Verkehrs in Berlin eingerichtet, der wie alle Verkehrsträger auch die Hauptverwaltung der alten Deutschen Reichsbahn angegliedert war. G. Höfer u. a.² übermitteln den Befehl Nr. 8 der SMAD vom 11.08.1945, wonach der Eisenbahnbetrieb in der sowjetischen Besatzungszone ab 1.09.1945 den deutschen Eisenbahnern zu übergeben ist. H. J. Kirsche³ nennt hierfür den 1.08.1945. Ein Handbuch über die DDR⁴ notiert hierzu: "Neugründung durch Befehl Nr. 8. der Sowjetischen Militäradministration (SMAD) vom 11.08.1945 unter Beibehaltung des alten Namens." Andere Quellen stellen diesen Vorgang ausführlicher dar.

Während nach P. Hüttenberger⁵ die SMAD durch Befehl Nr. 138 vom 14.06.1947 die Errichtung von Deutschen Wirtschaftskommissionen, die die Zusammenarbeit zwischen den Zentralverwaltungen für Industrie, Brennstoff und Industrie sowie Handel mit den Regierungen der Provinzen und Länder regeln sollen, genehmigte, sprechen R. Badstübner u. a.⁶ davon, daß sich im Juni 1947 die Deutsche Wirtschaftskommission mit einer auch für die Bahn zuständigen Hauptverwaltung Verkehr formierte.

Nach der Gründung der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) am 7.10.1949 wurde die DR nach H. J. Kirsche⁷ im Herbst 1949 dem neugebildeten Ministerium für Verkehr der DDR unterstellt, das später in Ministerium für Eisenbahnen umbenannt wurde. Nach demselben Verfasser wurde zur besseren Koordinierung der Arbeit von Eisenbahn, Schifffahrt und Kraftverkehr im November 1954 das Ministerium für Verkehrswesen der DDR gebildet, das alle Verkehrszweige zentral zusammenfaßt und direkt leitet.

¹ Grenze über deutschen Schienen, Freiburg 1980, S. 13.

² Grundlagen der Verkehrstechnik, Berlin ²1982, S. 13.

³ Bahnland DDR, Berlin 1981, S. 25.

⁴ DDR Handbuch, Köln ²1979, unter "Deutsche Reichsbahn (DR)".

⁵ Der große Ploetz. Auszug aus der Geschichte, Freiburg und Würzburg ²⁹1980, S. 1377.

⁶ Geschichte der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1981, S. 80, 90.

⁷ Bahnland DDR, Berlin 1981, S. 25 f.

12.1.2. Organisationsstruktur

Verschiedene Nachschlagewerke⁸ stellen die Organisation der DR ausführlich dar, G. Höfer u. a.⁹ kurz, H. Schnabel und W. Gerlach¹⁰ notieren die Verantwortlichkeiten und Zuständigkeiten für den elektrischen Zugbetrieb.

Das Ministerium für Verkehrswesen (MfV) in Berlin leitet das staatliche Eisenbahnunternehmen Deutsche Reichsbahn (DR) unmittelbar. Der Minister für Verkehrswesen ist zugleich Generaldirektor der DR. Die Zentrale Leitung der DR als Bestandteil des MfV leitet den Bereich Eisenbahntransport (ET). Im Bereich ET besteht unter der Zentralen Leitung der DR der Hauptdienstzweig Maschinenwirtschaft (M), der unter anderem für die betriebs sichere Vorhaltung, Wartung und Pflege der Anlagen der elektrischen Zugförderung verantwortlich ist. Auf der Ebene der Reichsbahndirektion (Rbd) als regionalem Zwischenleitungsorgan des Bereichs ET der DR ist innerhalb der Verwaltung der Maschinenwirtschaft die Fachabteilung Elektrische Zugförderung dem entsprechenden Hauptdienstzweig auf der Ebene des MfV unterstellt. Anfang der achtziger Jahre bildete man die Fahrleitungsmeisterei (Flm) als örtlicher Dienststelle des Bereichs ET in die Dienststelle Bahnstromwerk (Bsw) um, die für die betriebsbereite Vorhaltung der Fahrleitungen und Stromversorgungsanlagen einschließlich der Bahnstromfernleitungen, Umformer- und Unterwerke verantwortlich ist. Bei der DR ist Unterwerk (Uw) Oberbegriff für alle Anlagen der Bahnenergieversorgung, die der Einspeisung von Bahnenergie über Leistungsschalter direkt in die Fahrleitung dienen: Schaltposten, Umrichterwerk, dezentrales Umformerwerk, Bahnumpspanwerk, Gleichrichterunterwerk.

Die Oberste Bauleitung für die Elektrifizierung der DR (OBEDR) mit Sitz in Leipzig ist als zentrale Dienststelle des Bereichs ET für die Vorbereitung von Elektrifizierungsmaßnahmen der DR verantwortlich. Die OBEDR ist Auftraggeber für alle Maßnahmen, die der Vorbereitung der Elektrifizierung dienen und zur Energieversorgung notwen-

⁸ Lexikon der Eisenbahn, Berlin ⁷1983, unter "Dienststellen der DR", "Organisation der DR", "Planungsorgane der DR";

Die Deutsche Reichsbahn von A bis Z, Berlin ¹1984, unter "Bahnstromwerk", "Bereiche der DR", "Dienststellen", "Elektrifizierungs- und Ingenieurbaubetrieb Berlin", "Generaldirektor der DR", "Leistungsorganisation (LO) der DR", "Maschinenwirtschaft", "Ministerium für Verkehrswesen", "Oberste Bauleitung für die Elektrifizierung der DR", "Organisation der DR", "Reichsbahnbahndirektion", "Reichsbahndirektion", "Unterwerk", "Wirtschaftsorganisation der DR".

⁹ Grundlagen der Verkehrstechnik, Berlin ²1982, S. 14 f.

¹⁰ Elektrischer Zugbetrieb, Berlin ¹1984, S. 43 ff.

dig sind. Die OBEDR besorgt hierbei sowohl die Kontrolle während des Baus als auch die Abnahme.

Weiter besteht beim MfV für Elektrifizierungsvorhaben sowohl ein Regierungsbeauftragter für die Elektrifizierung mit der Abteilung "Elektrifizierung DR" als auch innerhalb des Bereichs Eisenbahnbau (EB) unter der Leitung der Reichsbahndirektion (Rbbd) ein für die Elektrifizierung verantwortliches Leitungsorgan, das in Zusammenarbeit mit und im Auftrag des Bereichs ET für die Festlegung der Führungsgrößen und Normen, die Entwicklung und Durchsetzung von Grundsätzen der Technik und Technologie, verantwortlich ist. Der Elektrifizierungs- und Ingenieurbaubetrieb Berlin (EIBB) ist als Dienststelle des Bereichs EB als Hauptauftragnehmer für Maßnahmen, die der Vorbereitung der Elektrifizierung dienen, sowie für die Gründung und das Stellen der Fahrleitungsmasten verantwortlich.

12.1.3. Internationale Vereinbarungen, Verträge und Gesetze

Beiträge in Nachschlagewerken¹¹, straff G. Höfer u. a.¹², stellen die internationale Zusammenarbeit der DR dar: 1954 wurde die DR in den Internationalen Eisenbahnverband (UIC) aufgenommen, seit 1960 ist sie auch im Forschungs- und Versuchsamt (ORE) des UIC tätig. Von Anfang an gehört die DR der 1957 gegründeten Organisation für die Zusammenarbeit der Eisenbahnen (OSShD) an, die die Mitgliedsstaaten des Rates für gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) umfaßt.

H. Schnabel und W. Gerlach¹³ betonen, daß das 1912/13 unterzeichnete "Übereinkommen betreffend die Ausführung elektrischer Zugförderung" (s. 2.1.3.) für den Bereich der DR unverändert gilt; H. Biesenack und P. Schmidt¹⁴ bestätigen dies. Damit werden Bahnstrecken der DR im Regelfall mit Einphasenwechselstrom von 15 kV Nennspannung 16 2/3 Hz betrieben.

Verschiedene Nachschlagewerke¹⁵ stellen dar, daß für die DR die Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BO) in der Fassung vom 23.07.1943 (s. 2.1.3.) unverändert gilt. Da die

¹¹ Die Deutsche Reichsbahn von A bis Z, Berlin ¹1984, unter "internationale Zusammenarbeit der DR"; DDR Handbuch, Köln ²1979, unter "Deutsche Reichsbahn (DR)".

¹² Grundlagen der Verkehrstechnik, Berlin ²1982, S. 11.

¹³ Elektrischer Zugbetrieb, Berlin ¹1984, S. 7 ff., 21.

¹⁴ VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin ¹1975, S. 37, 45 ff.

¹⁵ Lexikon der Eisenbahn, Berlin ⁷1983, unter "Eisenbahn-Bau- und -Betriebsordnung (BO)"; Die Deutsche Reichsbahn von A bis Z, Berlin ¹1984, unter "Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung".

Bestimmungen der BO in den letzten Jahren in andere Unterlagen der DR (z. B. Dienstvorschriften) oder in Standards übernommen wurden, erwägt man, auf eine Neuherausgabe der BO zu verzichten. Entsprechend der dort festgelegten oberen Umgrenzung des lichten Raumes auf Strecken mit Oberleitung für 15 kV Fahrdrathnennspannung sah die DR bei den von 1950 an wieder- bzw. neuelektrifizierten Strecken die freizuhaltenden Räume für den 2100 mm breiten "alten Stromabnehmer" vor. W. Fiebig¹⁶ gibt den später verbindlichen Regellichtraum für den 1950 mm breiten Regelstromabnehmer der DR an.

Sprechen H. Bendel u. a.¹⁷ nur von der statischen Begrenzungslinie für elektrische Triebfahrzeuge entsprechend § 28 der BO bzw. von der kinematischen Fahrzeugbegrenzung für elektrische Triebfahrzeuge entsprechend dem UIC-Merkblatt 505-1 V, stellen Nachschlagewerke¹⁸ die ab 1.01.1958 eingeführte gegenüber der Lichtraumumgrenzungslinie DR vergrößerte Lichtraumumgrenzungslinie 1-SM/DR dar, die bei allen Neubauten und umfassenden Umbauten anzuwenden ist und auf der von den Mitgliedsbahnen der OSShD 1957 vereinbarten internationalen Lichtraumumgrenzungslinie 1-SM beruht. Die gleichen Quellen¹⁹ legen dar, daß die entsprechend § 28 der BO gültige Umgrenzungslinie des lichten Raumes im Jahre 1960 auf Strecken der DR, die noch nicht nach der Lichtraumumgrenzungslinie 1-SM/DR umgebaut sind, als Übergangsregelung durch die Lichtraumumgrenzungslinie ÜR/DR ersetzt wurde. Diese wurde aus dem Regellichtraum nach Anlage B der BO unter Berücksichtigung kinematischer Einflußfaktoren nach dem UIC-Merkblatt 505-1 V entwickelt und im Fachbereichstandard TGL 28 995 festgelegt.

12.1.4. Vorschriften und Richtlinien

Nach einer Zusammenstellung von W. Fiebig²⁰ mußten beim Bau von Fahrleitungen der DR im Jahre 1961 neben Bestimmungen des Vorschriftenwerks Deutscher Elektrotechniker (VDE) Vorschriften und Richtlinien der DR beachtet werden, so die DV 970 "Richtlinien für die Errichtung von Fahrleitungen für Nennspannung 15 kV". Dieses Vorschriftenwerk

¹⁶ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 26, Bild 7.

¹⁷ Elektrische Triebfahrzeuge, Berlin ¹1981, S. 383 ff.

¹⁸ Lexikon der Eisenbahn, Berlin ⁷1983, unter "Lichtraumumgrenzungslinie 1-SM/DR";
Die Deutsche Reichsbahn von A bis Z, Berlin ¹1984, unter "Lichtraumumgrenzungslinie".

¹⁹ Lexikon der Eisenbahn, Berlin ⁷1983, unter "Lichtraumumgrenzungslinie ÜR/DR";
Die Deutsche Reichsbahn von A bis Z, Berlin ¹1984, unter "Regellichtraum".

²⁰ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 14.

entsprach damals im wesentlichen jenem der DB; insbesondere muß nach den Ausführungen desselben Verfassers²¹ die DV 970 der DR den Fahrleitungsrichtlinien der DB (s. 11.2.) ähnlich gewesen sein.

Heute spricht man bei der DR nur noch von DDR-, Fachbereich- oder Werk-Standards. Nach einem Handbuch²² fordert das Gesetz über den ersten Fünfjahresplan der DDR, daß nicht nur bei serienmäßig hergestellten Erzeugnissen, sondern auch schon bei Entwicklungsarbeiten bereits bestehende Normen (DIN-Normen, VDE-Vorschriften) verstärkt angewendet und neue mit TGL (Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen) gekennzeichnete Normen ausgearbeitet werden. Die TGL-Vorschriften sollen wirtschaftliches, dem neuesten Stand der Technik entsprechendes Produzieren gewährleisten und durch Charakterisierung als Mindestgütevorschrift bzw. Güteklassifikation die Qualität des Erzeugnisses sichern. Erstmals wurden 1950 TGL-Vorschriften in das Zentralregister der Staatlichen Plankommission eingetragen und damit für das Gebiet der DDR verbindlich erklärt. Durch das Amt für Standardisierung und die Fachministerien werden "Rechtsverbindliche Technische Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen" erarbeitet und herausgegeben. Mit dem Inkrafttreten der "Verordnung über die Einführung Staatlicher Standards und die Durchführung der Standardisierungsarbeiten in der Deutschen Demokratischen Republik" vom 30.09.1954 sind die TGL-Vorschriften zu Staatlichen Standards erklärt worden: "Ein Staatlicher Standard ist also eine vom Amt für Standardisierung anerkannte, durch Eintragung in das Zentralregister der Deutschen Demokratischen Republik gesetzlich verbindliche Technische Norm bzw. technische Vorschrift."

Ein anderes Nachschlagewerk²³ unterscheidet für die DDR drei Arten von Standards: DDR-Standards mit grundsätzlichen Festlegungen, die vom Präsidenten des Amtes für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung bestätigt werden. Diesen untergeordnet sind Fachbereich-Standards mit Festlegungen für einen bestimmten Wirtschaftszweig, die vom Leiter eines zentralen oder wirtschaftsleitenden Organs bestätigt werden. Schließlich legen Werk-Standards die rationelle Lösung der betrieblichen Aufgaben fest und werden vom Leiter eines Betriebes bestätigt. DDR- und Fachbereich-Standards sind Staatliche Standards und tragen das Zeichen "TGL". Nach ihrer Verkündung im Gesetzblatt sind sie im Rahmen ihres sachlichen Geltungsbereichs für die gesamte Volkswirtschaft der DDR verbindlich. Werk-Standards tragen ein betriebliches Kurzzeichen.

²¹ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 20 ff.

²² B. Beer u. a. (Hg.), Kleine Enzyklopädie Technik, Leipzig 1957, S. 22 ff.

²³ Brockhaus ABC Naturwissenschaft und Technik, Leipzig 1980, unter "Standard".

S. Altmann²⁴ listet eine Anzahl die Energieversorgung elektrischer Bahnen betreffende Standards auf so z. B. TGL 200-0632/01 Gruppe 360 "Elektrotechnische Anlagen für Bahnen - Begriffe, allgemeine technische Forderungen " DK 621.31 (083.133) Dezember 1965.

12.1.5. Klassifizierung von Zeichnungen

A. Meinel u. a.²⁵ teilen mit, daß das Ezs-Zeichnungswerk bis 1966 gültig war. W. Fiebig²⁶ spricht von Werknormzeichnungen der Deutschen Reichsbahn für Wechselstrom-Fernbahnen. In dem zitierten Werk sind von insgesamt 235 Abbildungen 61 Graphen, Tabellen oder Pläne und 30 Fotos; von den restlichen 144 Abbildungen sind 76 mit Zeichnungen des RZA/EZA/BZA München identisch, 19 sehr ähnlich.

Nach derselben Quelle im Taschenlexikon ersetzt das von der Hauptverwaltung der Maschinenwirtschaft der DR herausgegebene DR-M-Zeichnungswerk mit Fachgebieten-Kenn-Nummern die aus Ezs-, EzsN- und EzsV-Zeichnungen bestehende Sammlung, worin Grundsatzfestlegungen, technische Forderungen, Ausführung und Baumaße festgelegt sind. Von den dort abgedruckten 55 Zeichnungen von Bauteilen oder Einbauzeichnungen sind 30 mit solchen des Zentralamts München identisch, 14 sehr ähnlich, 11 Zeichnungen weisen größere Abweichungen auf bzw. sind in erhalten gebliebenen Handausgaben von Zeichnungen des Zentralamts München nicht aufgeführt.

Die Deutsche Bundesbahn (DB), die Deutsche Reichsbahn (DR) und die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) als Rechtsnachfolger der von 1924 bis 1945 auf Reichsebene bestehenden Eisenbahn-Unternehmen Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft bzw. Deutsche Reichsbahn (DRB) (s. 2.1.1.) können zu Recht auch über das bis 1945 vom RZA München erarbeitete geistige Eigentum verfügen: Zeichnungen, Fahrleitungsrichtlinien, Berichte der Versuchsanstalt. Da die entscheidenden Vorarbeiten zur Entwicklung der Regelfahrleitung 1950 der DB bzw. der Regelfahrleitung 1950 der DR bis 1945 im RZA München geleistet worden ist (s. 9.; 11.1.), ist die hohe Übereinstimmung zwischen den Bauarten der Regelfahrleitung der DB und der DR naturgegeben.

Das DR-M-Zeichnungswerk ist von hier aus nicht einzusehen, womit es schwierig ist, Neukonstruktionen oder Bauartänderungen zeitlich festzulegen. Jedoch erleichtert die Angabe des Redaktionsschlusses in einem Großteil der Fachliteratur eine Abschätzung dieses Zeitpunktes.

²⁴ VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin ¹1975, S. 367 ff., 520 ff.

²⁵ Elektrifizierung A - Z, Berlin ¹1981, unter "DR-M-Zeichnungswerk".

²⁶ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 14 ff.

12.2. Entwicklung der Höchstgeschwindigkeit

Ein Handbuch²⁷ aus dem Jahre 1957 notiert: "Höchstzulässige Fahrgeschwindigkeiten (in Deutschland) auf Hauptbahnen: Fernschnelltriebwagen 160 km/h; Fernschnellzüge, Schnellzüge, Schnelltriebwagen 135 km/h; Eilzüge, Eiltriebwagen 120 km/h ..." Die Neuauflage eines naturwissenschaftlich-technischen Lexikons²⁸ stellt dar: "Die Höchstgeschwindigkeit beträgt bei Reisezügen 120 km/h ohne und 140 km/h mit Einrichtungen zur selbsttätigen Zugbeeinflussung ..." In gleicher Weise äußert sich ein Eisenbahnlexikon²⁹. Als "Schnellfahrabschnitt" bezeichnet man demnach bei der DR einen Streckenabschnitt, der mit mehr als 120 km/h befahren werden kann, entsprechend einen Zug mit einer Höchstgeschwindigkeit von über 120 km/h als "Schnellfahrt".³⁰ Die gleichen Aussagen trifft die 10 Jahre früher erschienene Auflage dieses Lexikons.³¹

Im Gegensatz zu diesen Quellen stellt ein Nachschlagewerk über die DR³² fest: "Zulässige Streckengeschwindigkeiten bei der DR: ... Hauptbahnen: z. Z. 120 km/h." An anderer Stelle schreibt dieses Lexikon³³ über die induktive Zugbeeinflussung der DR: "Triebfahrzeugeinrichtungen sind insbesondere auf schnellfahrenden Lokomotiven (z. B. Baureihen 132 und 250) eingebaut." Dagegen stellen H. Bendel u. a.³⁴ bei einer Beschreibung der Baureihe 250 mit einer konstruktiven Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h fest: "Außerdem ist die Lokomotive ... weitgehend für den Einbau der induktiven Zugbeeinflussung vorbereitet." Schließlich notieren K. Sobotta u. a.³⁵ in einem neueren Aufsatz über die Elektrifizierung bei der DR als Höchstgeschwindigkeit der elektrischen Schnellzuglokomotive Baureihe 211 wie bereits 20 Jahre früher D. Bätzold und G. Fiebig³⁶ 120 km/h.

Während andere Eisenbahnverwaltungen Europas in den vergangenen 40 Jahren die Höchstgeschwindigkeit verdoppelten, behielt die DR den Wert von 120 km/h über Jahrzehnte bei,

²⁷ B. Beer u. a. (Hg.), Kleine Enzyklopädie Technik, Leipzig 1957, S. 653.

²⁸ Brockhaus ABC Naturwissenschaft und Technik, Leipzig ¹³1980, unter "Eisenbahnzug".

²⁹ Lexikon der Eisenbahn, Berlin ⁷1983, unter "Höchstgeschwindigkeit".

³⁰ Ebenda, unter "Schnellfahrabschnitt", "Schnellfahrt".

³¹ Lexikon Eisenbahn, Berlin ²1973, unter "Höchstgeschwindigkeit", "Schnellfahrabschnitt", "Schnellfahrt".

³² Die Reichsbahn von A bis Z, Berlin ¹1984, unter "Höchstgeschwindigkeit".

³³ Ebenda, unter "Zugbeeinflussungsanlagen".

³⁴ Elektrische Triebfahrzeuge, Berlin ¹1981, S. 589.

³⁵ EJ, 21 (1983), S. 21.

³⁶ Archiv elektrischer Lokomotiven, Berlin 1963, S. 109.

was beispielsweise von W. Biedenkopf³⁷ gegenüber westeuropäischen Verhältnissen als bescheiden angesehen wird. Nach der Literatur hat die DR jedoch triftige Gründe für den Entscheid, die zulässige Streckengeschwindigkeit derzeit auf diesem Wert zu belassen: Zunächst notiert ein Eisenbahnlexikon³⁸: "Erhöhung der Geschwindigkeit (ist) ein Hauptanliegen der Eisenbahnverwaltungen, in sozialist. Ländern unter Zugrundelegung von Aufwand-/Nutzensbetrachtungen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit, in kapitalist. Ländern im Interesse der Attraktivität des Eisenbahnunternehmens im Konkurrenzkampf zu anderen Verkehrsträgern." K. Sobotta u. a.³⁹ betonen: "Deshalb müssen die gesellschaftlich notwendigen Transportleistungen mit dem geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Aufwand erbracht werden ..." Nach W. Gerlach und H. Schnabel⁴⁰ werden jeder Dienstplangemeinschaft eines Bw der DR für die Monate eines Jahres bauartbezogene Energieverbrauchsnormen vorgegeben. K. Bauermeister⁴¹ diskutiert den spezifischen Energieverbrauch verschiedener Verkehrsmittel unter anderem in Abhängigkeit von der Höchstgeschwindigkeit.

Weiter sind die Hauptstrecken der DR vor allem im Güterzugverkehr sehr hoch belastet. Waren 1978 über 300 Millionen Tonnen Güter zu befördern,⁴² mußte die DR durch gezielte Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene in den Jahren 1981 bis 1984 zusätzlich 30 Millionen Tonnen übernehmen, wodurch nunmehr 75,8 Prozent der Gütertransportleistung im Binnenverkehr der DDR von der Bahn erbracht werden; dies auf einem Streckennetz von 14 226 km mit täglich mehr als 7100 Reisezügen und etwa der gleichen Zahl Güterzüge.⁴³ Zufolge der von W. Dörschel u. a.⁴⁴ eingehend dargestellten Struktur des Hauptstreckennetzes der DR ist hier im Gegensatz etwa zur DB eine räumliche Trennung zwischen Reise- und Güterzügen nur in wenigen Relationen möglich. H. R. Lindner und W. Kollig⁴⁵ stellen die Streckenleistungsfähigkeit in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis Reisezüge zu Güterzüge und den Höchstgeschwindigkeiten der einzelnen Zugarten dar. Bei gegebenem Mischungsverhältnis der einzelnen Zuggattungen mit Höchstgeschwindigkeiten zwischen 80 und 120 km/h kommt die DR bei möglichst geringem Energieverbrauch zu einer relativ hohen Streckenleistungsfähigkeit ihrer Hauptstrecken.

³⁷ H. W. Scharf und F. Ernst, Vom Fernschnellzug zum Intercity, Freiburg 1983, S. 514 ff.

³⁸ Lexikon der Eisenbahn, Berlin 1983, unter "Schnellfahrt".

³⁹ EJ, 21 (1983), S. 9.

⁴⁰ Einsatz von Eisenbahnfahrzeugen, Berlin 1980, S. 30 ff.

⁴¹ GA, 101 (1977), S. 282 ff.; EB, 48 (1978), S. 220 ff.

⁴² DB, 55 (1979), S. 131.

⁴³ DB, 61 (1985), S. 139.

⁴⁴ Verkehrsgeographie, Berlin 1983, S. 39 ff.

⁴⁵ DB, 58 (1982), S. 961 ff.

Neuerdings strebt auch die DR höhere Geschwindigkeiten an. Bereits 1977 schreibt E. Kramer⁴⁶. "... für die Haupttransitwege der DDR sowie für den Binnenverkehr zwischen den Hauptzentren könnte der Ausbau einiger Magistralen auf Höchstgeschwindigkeiten bis zu 160 km/h noch einen merklichen Effekt erbringen." Notiert im Juni 1987 eine Pressemitteilung⁴⁷: "Die Deutsche Reichsbahn der DDR plant vorerst keine generelle Erhöhung der Geschwindigkeit der Schnellzüge.", heißt es nur wenige Monate später: "Schon 1990 solle die Geschwindigkeit auf den wichtigen Transitstrecken und einer Reihe von Magistralen nach Berlin - womöglich auch zur Bundesrepublik - auf 160 km/h erhöht werden."⁴⁸

12.3. Stromabnehmer-Bauarten

Es fällt auf, daß W. Deinert⁴⁹ in einer Triebfahrzeugkunde elektrischer Triebfahrzeuge aus dem Jahre 1961 nur von den Stromabnehmer-Bauarten "Hise 7, SBS 10 und SBS 39" spricht. Tatsächlich erhielten nach Betriebsaufnahmen fast alle wiederaufgebauten Elektrolokomotiven der DR Stromabnehmer der Bauarten SBS 10, SBS 38, SBS 39 und HISE von 2100 mm Breite (s. 2.3.); Nach H. Kunicki⁵⁰ und R. Zschech⁵¹ ebenfalls die 1956 in Dienst gestellten Oberleitungsrevisionstriebwagen der DR. Nach K. Bochmann⁵² bestückte man die beiden im Jahre 1961 zuletzt aufgebauten Lokomotiven E 44 123 und E 44 030 mit Versuchsstromabnehmern mit Doppelschleifstück.

In einer Druckschrift des VEB LEW "Stromabnehmer für elektrische Fahrzeuge"⁵³ aus dem Jahre 1961 wird unter anderem der Scherenstromabnehmer VM 28/25 D beschrieben. Die Pendelwippe mit zwei im Abstand von 260 mm angeordneten Kohleschleifstücken weist die von W. Fiebig⁵⁴ genannten z 12.3./1 Baumaße der Stromabnehmerwippe auf, die wiederum mit der Wippe des Stromabnehmers nach den Fahrleitungs-Richtlinien der DB⁵⁵ (s. 11.2.) identisch sind. Die Isolation ist für

⁴⁶ Die Entwicklung des Verkehrswesens in der DDR, Berlin 1978, S. 121.

⁴⁷ Südkurier Nr. 138 vom 20.06.1987.

⁴⁸ DB, 63 (1987), S. 1167.

⁴⁹ Elektrische Lokomotiven für Vollbahnen, Berlin 1961, S. 112.

⁵⁰ Deutsche Dieseltriebfahrzeuge gestern und heute, Berlin 1966, Bild 4.10.

⁵¹ Triebwagen-Archiv, Berlin 1966, Bild 215, 217.

⁵² Lokomotiv-Portrait III. E 44 und E 45, Heidelberg 1978, S. 133.

⁵³ VEB Lokomotivbau Elektrotechnische Werke "Hans Beimler" Hennigsdorf, Nr. III-6-15 1303-61 Ag 50-5-018-61.

⁵⁴ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 25.

⁵⁵ DB, 28 (1954), S. 446, Bild 4.

28 kV bemessen, der Anpreßdruck wird mit "6 ± 1,5 kp" angegeben. Der Senkantrieb ermöglicht ein rasches Senken des Stromabnehmers.

Nach D. Bätzold und G. Fiebig⁵⁶ erhielten die 1961 abgelieferten beiden Prototypen der Baureihe E 11 diesen bei der DR als RBS 58 bezeichneten Stromabnehmer. Für die von 1962 an abgelieferten Serienlokomotiven der Baureihen E 11 und E 42 übernahm man diesen Stromabnehmer, jedoch nach derselben Quelle⁵⁷ mit vergrößertem Schleifstückabstand; H. Bendel u. a.⁵⁸ nennen hierfür als Maß des RBS 58 520 mm. Diese Änderung ist durch den damals im elektrifizierten Netz der DR eingebauten SSW-Streckentrenner⁵⁹ mit nicht unter Spannung stehendem Mittelstück von 500 mm Länge bedingt, da man bei Einbügelbetrieb nach R. Wagner⁶⁰ sonst mit Überschlägen oder Durchschlägen der Kappenisolatoren rechnen mußte. Weiter ging man hier auf gerade Schleifstücke über. Von etwa 1963 an ersetzte die DR nach Betriebsaufnahmen zunächst bei den Baureihen E 18 und E 94 die 2100 mm breiten Stromabnehmer durch RBS 58 von 1950 mm Breite; bis etwa 1970 muß dieser Tausch bei sämtlichen Altbaulokomotiven abgeschlossen gewesen sein.

Z 12.3./3 Bei dem von H. Bendel u. a.⁶¹ beschriebenen Nachfolgetyp
Z 12.3./2 RBS 70 mit einem von der DR neu festgesetzten Wippenprofil⁶² konnte man nach abgeschlossenem Austausch der Streckentrenner (s. 12.6.2.) den Schleifstückabstand zugunsten einer geringeren Masse auf 300 mm verringern. Weiter verbesserte man beim RBS 70 den ungünstigen Verlauf der statischen Anpreßkraft in Abhängigkeit von der Steighöhe des RBS 58. Die 1965 in Dienst gestellten Lokomotiven der Baureihe 251 für 25 kV 50 Hz sind nach derselben Quelle⁶³ alle mit dem Stromabnehmer RBS 70 ausgerüstet.

D. Narr⁶⁴ berichtet über zahlreiche Neuerungen bei den Serienlokomotiven der Baureihe 250, geht jedoch nicht auf den Stromabnehmer ein. H. Bendel u. a.⁶⁵ notieren hierzu: "Die Lokomotiven sind mit 2 Scherenstromabnehmern der Type VM 28-31 D ausgerüstet, die für den späteren Einsatz bis 160 km/h vorgesehen sind und auf den Baumusterlokomotiven erprobt wurden. Sie besitzen eine Palette mit senkrechter Federung und sind in Leichtbauweise ausgeführt. Hinsichtlich ihres Antriebsprinzips stimmen sie mit den Typen

⁵⁶ Archiv elektrischer Lokomotiven, Berlin 1963, S. 107.

⁵⁷ Ebenda, S. 110, 173 ff.

⁵⁸ Elektrische Triebfahrzeuge, Berlin ¹1981, S. 63.

⁵⁹ Zeichnung EzsN 88 Ausgabe vom Juli 1946 des RZA München.

⁶⁰ DB, 28 (1954), S. 513.

⁶¹ Elektrische Triebfahrzeuge, Berlin ¹1981, S. 56 ff.

⁶² Ebenda, S. 63, Bild 6.5/8.

⁶³ Ebenda, S. 589 ff.

⁶⁴ EB, 48 (1977), S. 219 ff.

⁶⁵ Elektrische Triebfahrzeuge, Berlin ¹1981, S. 584 f.

RBS 58 und RBS 70 überein und sollen zu gegebener Zeit diese Typen ersetzen."

Bereits 1960 bekundet W. Deinert⁶⁶ ein besonderes Interesse am Einholmstromabnehmer des Typs AM der Firma Faiveley. Nach A. Braun und F. Hofmeister⁶⁷ erprobte die DR auf der Lokomotive E 18 31 im März 1967 einen Einholm-Versuchsstromabnehmer. Schließlich stellen H. Bendel u. a.⁶⁸ dar, daß der vom VEB LEW konstruierte Einholmstromabnehmer Typ VM 28-28 DH auf der 50 Hz-Versuchslokomotive 211 001 eingesetzt wurde. Die Lokomotiven der Baureihe 243 erhalten eine weiterentwickelte Form dieses Stromabnehmers.

12.4. Entwicklungsgeschichte des elektrifizierten Netzes

12.4.1. Demontage der Fahrleitungsanlagen im Jahre 1946

Über die Entwicklung der Eisenbahnen in der ehemaligen amerikanisch-britischen bzw. ehemaligen französischen Besatzungszone liegen ausführliche Abhandlungen⁶⁹ vor, worin auch die Schattenseiten jener Epoche beleuchtet sind. Für die ehemalige sowjetische Besatzungszone bleibt eine derartige Darstellung noch zu erstellen. Hier ist R. Badstübner u. a.⁷⁰ beizupflichten, die "beträchtliche Lücken hinsichtlich der Erforschung und Darstellung wichtiger Gebiete und Teilbereiche" feststellen. Da die Aussagen zu diesem Komplex in der Literatur teilweise widersprüchlich sind, sei dieser Teilbereich ausführlicher dargestellt.

Nach einer Darstellung Mitteleuropas 1945 nach der bedingungslosen Kapitulation Deutschlands⁷¹ verlief die Demarkationslinie zwischen den amerikanisch-britischen und den sowjetischen Truppen in Deutschland vom 8.05. bis 30.06. 1945 vom Erzgebirge über die Zwickauer Mulde, Mulde, Elbe und zwischen Schwerin und Rostock in Süd-Nord-Richtung bis zur Ostsee, womit, abgesehen von der Teilstrecke Magdeburg - Zerbst - Dessau, das gesamte mit 15 kV 16 2/3 Hz elektrifizierte Netz in Mitteldeutschland und Thüringen mit dem Kraftwerk Muldenstein zunächst in der amerikanisch-britischen Besatzungszone lag.

⁶⁶ Elektrische Lokomotiven für Vollbahnen, Berlin 1961, S. 112 f.

⁶⁷ E 18 Portrait einer deutschen Schnellzuglok, München 1979, S. 47.

⁶⁸ Elektrische Triebfahrzeuge, Berlin ¹1981, S. 64.

⁶⁹ JdE, 1 (1950), S. 35 ff.; JdE, 2 (1951), S. 15 ff.; Zehn Jahre Wiederaufbau bei der Deutschen Bundesbahn 1945-1955, Darmstadt 1955.

⁷⁰ Geschichte der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1981, S. 17.

⁷¹ Ebenda, S. 25, Karte 1.

Vermutlich treffen die von B. Boehm⁷² für den Stuttgarter Direktionsbezirk getroffenen Aussagen auch für das mitteldeutsche Netz zu: "In den letzten Tagen des Krieges wurden die Fahrleitungsanlagen durch sinnlose Sprengungen der Deutschen Wehrmacht und durch ... absichtlich durchgeführte Entgleisungen von Fahrzeugen noch weiter zerstört. Die einrückenden amerikanischen Truppen waren zunächst nur darauf bedacht, das Lichtraumprofil der durchgehenden Hauptgleise zu räumen und taten dies durch rücksichtsloses Wegschneiden von Drähten, Seilen und Umbrechen von Masten. Erst als Eisenbahn-Fachtruppen ankamen, wurden die ausnahmslos zurückgebliebenen Fahrleitungsmannschaften mit allen Mitteln bei der Wiederherstellung der Fahrleitungsanlagen unterstützt ..."

Während R. Badstübner u. a.⁷³ notieren: "In der Zeit vom 1. bis 4. Juli 1945 nahmen die Truppen der vier Mächte die in Jalta festgelegten Besatzungszonen ein.", präzisiert P. Hüttenberger⁷⁴: "1.-3. Juli (1945): Die US-amerikanischen und britischen Truppen ziehen sich entsprechend den Vereinbarungen von Jalta aus Sachsen, Thüringen und Magdeburg zurück und rücken in die Westsektoren Berlins ein." Damit wird das erstgenannte Territorium zur sowjetischen Besatzungszone.

Z 12.4.2./1

Z 12.4.2./2

Ein Vergleich der Übersichtskarten zum Deutschen Kursbuch Jahresfahrplan 1944/45⁷⁵ mit der Übersichtskarte zum amtlichen Kursbuch in der sowjetischen Besatzungszone vom 4.11.1946⁷⁶ zeigt, daß für die Strecken Magdeburg - Halle/Leipzig - Probstzella kein elektrischer Zugbetrieb mehr ausgewiesen ist, ebenso für die Teilstrecke Görlitz - Görlitz-Moys. Stimmen die Angaben der großen Übersichtskarten für den Großraum Berlin überein, notiert eine Übersichtskarte zum Berliner S-Bahnverkehr 1946 im Innern des Kursbuches für verschiedene Teilstrecken: "Zur Zeit noch außer Betrieb". Auch kennzeichnet die Übersichtskarte für verschiedene mit Gleichstrom betriebene elektrische Inselbetriebe - teilweise mit Straßenbahncharakter - unverändert elektrische Zugförderung. Für die Strecke Görlitz-Moys - Nikolausdorf - Lauban ist bis zum Kartenrand unverändert elektrischer Betrieb ausgewiesen.

⁷² DB, 30 (1956), S. 1139.

⁷³ Geschichte der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1981, S. 26.

⁷⁴ Der große Ploetz. Auszug aus der Geschichte, Freiburg und Würzburg ²⁹1980, S. 1376.

⁷⁵ Deutsches Kursbuch. Gesamtausgabe der Reichsbahn-Kursbücher Jahresfahrplan 1944/45. Gültig vom 3. Juli 1944 an bis auf weiteres, Repogr. Nachdruck Landsberg-Pürgen ³1980.

⁷⁶ Zusammendruck Reichsbahn-Kursbücher 1946, Repogr. Nachdruck Pürgen 1984.

Über den elektrischen Zugbetrieb des schlesischen Netzes nach der Kapitulation 1945 schweigt sich die in der DDR erschienene Literatur weitgehend aus. Dagegen existieren über die mit Gleichstrom betriebenen elektrischen Inselbetriebe verschiedene ausführliche Beschreibungen: F. Spranger⁷⁷, H. J. Kirsche⁷⁸, schließlich ein Nachschlagewerk über Straßenbahnen⁷⁹.

Ordnet man die DDR-Literatur zum elektrischen Zugbetrieb in Mitteldeutschland und in Thüringen nach 1945 nach dem Erscheinungsjahr, ergibt sich folgender Überblick: K. Stolte⁸⁰ geht auf den elektrischen Zugbetrieb unmittelbar nach 1945 nicht ein, druckt jedoch verschiedene Betriebsaufnahmen aus der Zeit vor 1945 ab. W. Deinert⁸¹ stellt 1960 die Entwicklung wie folgt dar:

"Im Jahre 1936 wurde mit der Elektrifizierung der Strecke Nürnberg - Leipzig begonnen, von welcher der Teilabschnitt Nürnberg - Saalfeld im Mai 1939 dem Betrieb übergeben werden konnte. Als dann Ende 1940 auf der gesamten ungefähr 345 km langen Strecke der elektrische Zugbetrieb aufgenommen werden konnte, traten die Vorteile der elektrischen Zugförderung klar in Erscheinung. Infolge der höheren Fahrgeschwindigkeit erreichte man eine beträchtliche Verkürzung der Reisezeit, im mitteldeutschen Raum eine größere Zugdichte und auf den starken Steigungen des Thüringer Waldes höhere Schlepplasten. Durch den zweiten Weltkrieg wurden dann jedoch die weiteren Bauvorhaben vereitelt, und es war nicht mehr möglich, die Hauptstadt Berlin an das elektrisch betriebene Netz anzuschließen. Im Jahre 1945 betrug die Betriebslänge der mit Einphasen-Wechselstrom und 16 2/3 Hz betriebenen Vollbahnen:

- in Süddeutschland	1460	Strecken-km
- in Mitteldeutschland	495	"
- in Schlesien	390	"
insgesamt:	2345	Strecken-km

Infolge der Auswirkungen des zweiten Weltkrieges betrug im Jahre 1946 das elektrisch betriebene Netz Deutschlands nur etwa 1500 Strecken-km. In der Deutschen Demokratischen Republik wurde der elektrische Zugbetrieb auf der Strecke Halle - Köthen am 1. September 1955 wieder aufgenommen ..."

D. Bätzold und G. Fiebig⁸² schreiben 1963: "Mit dem Ende des zweiten Weltkrieges lagen die deutsche Wirtschaft und

⁷⁷ EJ, 9 (1971), S. 160 ff.

⁷⁸ Bahnland DDR, Berlin 1981, S. 61, 66, 228 ff., 231 ff.

⁷⁹ Die Straßenbahnen in der DDR, Berlin 1978, S. 304 ff., 523 ff.

⁸⁰ Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven bei der Deutschen Reichsbahn, Leipzig 1956.

⁸¹ Elektrische Lokomotiven für Vollbahnen, Berlin 1961, S. 24 f.

⁸² Archiv elektrischer Lokomotiven, Berlin 1963, S. 36 f.

das Verkehrswesen am Boden. Ein großer Teil der Anlagen und der Triebfahrzeuge war durch Kriegseinwirkungen beschädigt und nicht betriebsfähig. In unermüdlicher Kleinarbeit gelang es, die Kriegsschäden zu beseitigen und den elektrischen Zugbetrieb nach und nach auf den Strecken in Süd- und Mitteldeutschland wieder aufzunehmen. Die wirtschaftliche Entwicklung in den vier Besatzungszonen Deutschlands begann unter sehr unterschiedlichen Voraussetzungen. Die sich langsam erholende Wirtschaft erfuhr einen schweren Rückschlag durch die 1948 von den Westmächten verursachte Spaltung Deutschlands. Die zwangsläufige Folge davon war das Entstehen von zwei Bahnverwaltungen. In Westdeutschland wurden bis zum Jahre 1952 folgende Strecken mit einer Länge von rund 210 km auf elektrischen Zugbetrieb umgestellt ... In der Deutschen Demokratischen Republik wurde in den Jahren 1953/54 mit den Vorarbeiten für den Wiederaufbau der elektrischen Zugförderung auf den vor 1945 elektrisch betriebenen Strecken begonnen."

R. Zschech⁸³ notiert 1965 für den Triebwagen der Baureihe ET 41: "Nach dem 2. Weltkrieg liefen noch einige Fahrzeuge, die aber nach einem Unfall ausgemustert wurden, da inzwischen der elektrische Betrieb eingestellt worden war."

J. Traxdorf⁸⁴ erwähnt 1968 bei der Wiederelektrifizierung der Teilstrecke Weißenfels - Großheringen - Camburg verschiedene Details, so zunächst über Einsetzmasten: "Beim Abbau der Fahrleitungsanlage nach dem zweiten Weltkrieg wurden diese Masten über der Fundamentkappe abgebrannt ... Die Aufsetzmaste waren z. T. bei der Demontage ebenfalls über der Fundamentkappe abgebrannt worden ... Waren die Masten bei dem Abbau jedoch ordnungsgemäß abgenommen worden, machten sich sehr komplizierte Arbeiten notwendig."

R. Wagner⁸⁵ legt 1979 dar: "Der von den deutschen Faschisten entfesselte zweite Weltkrieg führte neben unsagbarem menschlichem Leid und materiellen Verlusten auch zu einer Unterbrechung sowie zu einem Rückschlag der elektrischen Zugförderung. Mit der nach dem Ende des zweiten Weltkriegs entstandenen Teilung Deutschlands wurde bekanntlich auch das sich in Übereinstimmung mit den wirtschaftlichen Bedingungen historisch entwickelte Eisenbahnnetz zerrissen. Ein großer Teil der Anlagen und Triebfahrzeuge war zerstört oder beschädigt und nicht mehr betriebsfähig. Nach der Beseitigung der umfangreichen Kriegsschäden begannen in der DDR 1953/54 auf der Grundlage eines mit der UdSSR abgeschlossenen Regierungsvertrages zur Überlassung von Eisenbahnausrüstungen auch die Vorbereitungsarbeiten für die Wiederaufnahme des elektrischen Zugbetriebes. Die Basis für diesen Neubeginn waren die von der Sowjetunion

⁸³ Triebwagen-Archiv, Berlin 1966, S. 94.

⁸⁴ DET, 16 (1968), S. 509 f.

⁸⁵ DET, 27 (1979), S. 439 f.

durch erlassene Reparationsleistungen zur Verfügung gestellten Ausrüstungen."

H. J. Kirsche⁸⁶ führt 1981 über den elektrischen Zugbetrieb im Raum Halle/Leipzig bzw. in Thüringen aus: "In den Jahren 1940/42 war auf der Strecke Leipzig - Weißenfels - Großheringen - Saalfeld der elektrische Zugbetrieb aufgenommen worden; durch Bombenangriffe während des zweiten Weltkriegs mußte aber 1944/45 der elektrische Zugbetrieb eingestellt werden ... Nach Überwindung der schweren Zerstörungen im 2. Weltkrieg konnte ab 1952 die Deutsche Reichsbahn schrittweise mit dem Wiederaufbau der elektrischen Zugförderung im Raum Halle/Leipzig beginnen."

Eine von der Reichsbahndirektion Erfurt im Jahre 1982 herausgegebene Jubiläumsschrift⁸⁷ schreibt hierzu: "Die durchgehende Elektrifizierung der Saalbahn konnte aufgrund der Vorbereitung und des Beginns des faschistischen Weltkrieges nicht zügig zu Ende geführt werden, zumal die notwendigen Baustoffe und Geräte "kriegswichtigeren Vorhaben" zugeführt wurden. So konnten Anfang Mai 1939 zunächst nur der Streckenabschnitt Saalfeld - Probstzella (- Nürnberg) und am 2. Mai 1940 der Abschnitt Großheringen - Saalfeld (S) in Betrieb genommen werden. ... Diesem wahn sinnigen Kriege der faschistischen Gewaltherrschaft hatte auch der Rbd-Bezirk Erfurt einen hohen Tribut zu zahlen, und zwar: ... 92 km elektrische Fahrleitungen auf der Saalbahn zerstört. ... In diesen Wochen und Monaten hatten die Aufräumungs- und Instandsetzungsarbeiten Vorrang vor der eigentlichen Betriebsabwicklung. ... Ende 1959 hielt der elektrische Zugbetrieb mit der Elektrifizierung der Strecke Halle - Weißenfels in den Rba-Bezirk Erfurt Einzug ..."

Notieren 1984 H. Schnabel und W. Gerlach⁸⁸ im Hinblick auf den Aufbau der elektrischen Zugförderung auf Strecken der DR: "Mit Unterstützung der Sowjetunion ging man daran, die im Krieg teilweise zerstörten und 1945/46 stillgelegten Anlagen wieder aufzubauen.", präzisieren im gleichen Jahr D. Bätzold und G. Fiebig⁸⁹: "Am 29. März 1946 wurde der elektrische Zugbetrieb in der damaligen sowjetischen Besatzungszone eingestellt und die Anlagen abgebaut. Entsprechend den Festlegungen der Siegermächte im Potsdamer Abkommen von 1945 wurden die Ausrüstungen zweier Bahnkraftwerke (Muldenstein und Mittelsteine) und mehrerer Unterwerke sowie der elektrifizierten Strecken der DRG im damaligen Schlesien und Mitteldeutschland zusammen mit 186 elektrischen Lokomotiven als Reparationsleistung zur Wie-

⁸⁶ Bahnland DDR, Berlin 1981, S. 159, 199.

⁸⁷ 100 Jahre Reichsbahndirektion Erfurt 1882-1982, Erfurt 1982, S. 39, 46, 75.

⁸⁸ Elektrischer Zugbetrieb, Berlin ¹1984, S. 9.

⁸⁹ Ellok-Archiv, Berlin ⁵1984, S. 48.

dergutmachung der verursachten gewaltigen Kriegsschäden in die Sowjetunion abtransportiert."

Schließlich sind hierzu noch die 1985 erschienen Ausführungen in Publikationen zum Jubiläum "150 Jahre deutsche Eisenbahnen" bemerkenswert. Im Gegensatz zu bei anderen Themen sehr ausführlichen Auslassungen des Jubiläumsbandes notieren E. Rehbein u. a.⁹⁰ hier sehr knapp: "Dank der Überlassung von Ausrüstungen für den elektrischen Zugbetrieb begann mit sowjetischer Hilfe ab 1952 im Raum Halle/Leipzig - Dessau - Roßlau die Wiederaufnahme der elektrischen Zugförderung." Die von W. Garkisch und H. Groth⁹¹ herausgegebene "Chronik in Daten, Berichten und Bildern" der DR verschweigt diesen Vorgang völlig.

Über die Berliner S-Bahn nach 1945 schreiben G. Götz u. a.⁹²: "Der Faschismus hinterließ im Mai 1945 ein trauriges Erbe. Von den 712 Kilometern der elektrifizierten Betriebsgleise waren 119 km total ausgefallen. Die Empfangsgebäude, die Bahnsteigüberdachungen und die Brücken waren zu 70 Prozent zerstört. Die Stromversorgung war infolge zahlreicher Beschädigungen der Unterwerke, Stromschienenanlagen und Kabelwege nicht möglich. Nicht viel anders sahen das Fernsprechnet und die Signalanlagen aus. Vom gesamten Wagenpark waren noch 534 Wagen betriebsfähig, 1118 Wagen hatten teils schwere, teils leichtere Schäden. Erst durch die Initiative der Arbeiter, des Triebwagenpersonals, der Fahrdienstleiter und Aufsichten, der Kollegen der Bahnmeistereien und Signalwerkstätten, des Anlagen- und Brückenbaus wurde mit tatkräftiger Unterstützung der Roten Armee nach und nach Ordnung geschaffen." H. J. Kirsche⁹³ übernimmt diese Ausführungen fast wörtlich.

Im offiziellen Jubiläumsband der DB notiert W. Stoffels⁹⁴ 1985: "Zu den besonderen Kapiteln der deutschen Eisenbahngeschichte der Nachkriegszeit gehört die Berliner S-Bahn. Noch in den 40er Jahren wurde das weithin zerstörte Netz wieder geflickt. Von Demontagen verschont, gehörte die S-Bahn für lange Zeit zu den einzigen offenen Wegen zwischen Ost und West in der geteilten Stadt."

Dagegen hält G. Krienitz⁹⁵ 1950 den Ausbau und Abtransport von 53 Gleichrichtersätzen der Berliner S-Bahn fest, weiter den Abbau der Gleise der Strecken Ostkreuz - Erkner, Wannsee - Potsdam und Heiligensee - Velten, schließlich

⁹⁰ Deutsche Eisenbahnen 1835-1985, Berlin ¹1985, S. 203.

⁹¹ Die Deutsche Reichsbahn von 1945 bis 1985, Berlin ¹1985.

⁹² Die Berliner S-Bahn, Berlin 1963, S. 59 f.; s. auch EJ, 12 (1974), S. 140 ff.

⁹³ Bahnland DDR, Berlin 1981, S. 42.

⁹⁴ Offizieller Jubiläumsband der Deutschen Bundesbahn. 150 Jahre Deutsche Eisenbahnen, München ²1985, S. 166.

⁹⁵ EB, 21 (1950), S. 142 ff.

den Abtransport zahlreicher S-Bahn-Züge nach der Besetzung Berlins. Derselbe Verfasser⁹⁶ stellt 1953 die weitere Entwicklung dar und hält 1982 zum 100jährigen Jubiläum der Berliner S-Bahn den Abtransport von Triebzügen und Unterwerksausrüstungen durch die russische Besatzungsmacht erneut fest.⁹⁷ Ch. Tietze⁹⁸ erörtert die politische Situation und Vorgeschichte der Berliner S-Bahn.

Über das Schicksal des elektrischen Zugbetriebes in Schlesiens schreibt S. Zamkowska⁹⁹ in einer Abhandlung über Bau und Betrieb der polnischen Eisenbahnen 1944-1949 (übersetzt): "Die Anlagen wurden 1945 gänzlich zerstört oder demontiert." Es sei angemerkt, daß der Verfasserin nicht mehr bekannt ist, welche Strecken der früheren RBD Breslau mit Einphasenwechselstrom betrieben worden sind, da sie summiert nur auf 321 statt 390,8 Strecken-km kommt; in ihrer Aufstellung fehlen verschiedene Nebenbahnen.

Ch. Tietze¹⁰⁰ notiert hierzu im Jahre 1971: "Anfang Februar 1945 wurde die Stadt Breslau von der Roten Armee völlig eingeschlossen, deshalb mußte zunächst die Fahrleitung bis Königszelt abgeschaltet werden. Der restliche elektrische Betrieb konnte noch einige Zeit aufrecht erhalten bleiben bis Anfang März, als die Stadt Lauban mit dem RAW vorübergehend stark umkämpft wurde. Dies war der Anlaß, die wertvolleren Triebfahrzeuge, besonders die neueren Lokomotiven, nach Mittel- und Süddeutschland zu überführen und den elektrischen Betrieb, bis auf den Triebwagenverkehr auf den noch nicht bedrohten Nebenstrecken, einzuschränken ... Nach der Kapitulation soll im Mai 1945 der elektrische Betrieb vereinzelt mit verbliebenen Fahrzeugen kurzzeitig wieder aufgenommen worden sein, doch fiel er bald der restlosen Demontage und dem Abtransport zum Opfer."

Drei Jahre später wiederholt derselbe Verfasser¹⁰¹ diese Aussage und führt in einem größeren Überblick¹⁰² aus: "Trotz Verlustes des Ausbesserungswerkes Lauban im März 1945 wurde bis zur Kapitulation am 8.05.1945 zumindest auf den über das Gebirge führenden Nebenstrecken elektrisch gefahren. Versuche der nach der Kapitulation verbliebenen Reichsbahnstellen, den elektrischen Zugbetrieb wieder aufzunehmen, blieben in den Anfängen stecken. Die von der Besatzungsmacht verfügte Demontage führte im Juni 1945 zum Abbau aller ortsfesten Anlagen."

⁹⁶ EB, 24 (1953), S. 316 ff.

⁹⁷ GA, 106 (1982), S. 325.

⁹⁸ GA, 109 (1985), S. 193 ff.

⁹⁹ Odbudowa i funkcjonowanie kolei polskich 1944-1949, Warszawa 1984, S. 34.

¹⁰⁰ moderne eisenbahn, 9 (1971), Heft 9, S. 17.

¹⁰¹ eisenbahn magazin, 12 (1974), Heft 8, S. 18.

¹⁰² EB, 45 (1974), S. 245 ff.

Während E. Joachim¹⁰³ von den "Mitte Juni 1945 in Schlesien einsetzenden Demontagen der Kraftwerks-, Unterwerks- und Fahrleitungsausrüstungen" spricht, datieren S. Bufe und Ch. Tietze¹⁰⁴ den Beginn des Abbaus der Fahrleitungen und des zweiten Gleises von Breslau ausgehend auf "etwa Ende Juni 1945".

Über das elektrifizierte Streckennetz in Mitteldeutschland und Thüringen nach 1945 schreibt W. Klüsche¹⁰⁵ 1951: "Nach anfänglich geringfügigen Wiederaufbauarbeiten fiel in der Ostzone der gesamte 16 2/3 Hz-Vollbahnbetrieb einschließlich der Stromversorgungsanlagen der Demontage zum Opfer." Andere Verfasser stellen diesen Vorgang detaillierter dar.

Während R. R. Rossberg¹⁰⁶ ausführt: "Bereits im Sommer 1945 begannen die Reichsbahndirektionen Halle und Erfurt mit der Instandsetzung beschädigter oder zerstörter Fahrleitungs- und Stromversorgungsanlagen. Auf einigen Abschnitten konnte der elektrische Zugbetrieb später wieder aufgenommen werden.", betont P. Olbrich¹⁰⁷: "Auch nach 1945 konnte der elektrische Zugbetrieb auf allen Strecken Mitteldeutschlands schnell wieder aufgenommen werden."

A. Braun und F. Hofmeister¹⁰⁸ notieren: "Mit dem Ende der Kampfhandlungen im April/Mai 1945 kam auf den mitteldeutschen Strecken auch der elektrische Zugbetrieb zum Erliegen. Anlagen und Triebfahrzeuge waren beträchtlich zerstört. Die Arbeiten zu ihrer Instandsetzung begannen bereits im Juni 1945. Am 19.7.45 lieferte das Bahnkraftwerk Muldenstein wieder Bahnstrom und bis zum 1.8.45 waren die elektrifizierten Strecken der RBD Halle bis auf einige Güterzugstrecken wieder befahrbar. Bis Ende 1945 waren von Leipzig aus Magdeburg über Halle, Zerbst über Dessau und Saalfeld wieder elektrisch befahrbar, wegen zerstörter Brücken streckenweise nur eingleisig ... Die Strecke Zerbst - Magdeburg sollte bis zum 15.4.46 wieder betriebsfähig sein."

Nach R. R. Rossberg¹⁰⁹ war im Spätherbst 1945 auch die Verbindung mit dem in der damaligen amerikanischen Zone gelegenen süddeutschen Netz sowohl über die 110 kV-Leitung zwischen dem mitteldeutschen Dampfkraftwerk Muldenstein und dem Unterwerk Steinbach am Wald, als auch durch die

¹⁰³ Elektrische Lokomotiven, Düsseldorf 1973, S. 15.

¹⁰⁴ eisenbahn magazin, 14 (1976), Heft 3, S. 13 ff.;
eisenbahn magazin, 14 (1976), Heft 4, S. 13 ff.

¹⁰⁵ EB, 22 (1951), S. 74; s. auch JdE, 2 (1951), S. 76.

¹⁰⁶ EB, 78 (1980), S. 302.

¹⁰⁷ ETP, 10 (1958), Heft 4, S. 14;

ETP, 20 (1968), Heft 4, S. 28.

¹⁰⁸ E 04 Portrait einer deutschen Schnellzuglok, München 1981, S. 32 ff.

¹⁰⁹ Grenze über deutschen Schienen, Freiburg 1980, S. 232 f.

Fahrleitung ab Saalfeld (Saale) wiederhergestellt. Die Durchschaltung scheiterte lediglich an den unterbrochenen Fernsprechverbindungen zwischen den Schaltstellen beider Zonen.

E. Joachim¹¹⁰ notiert als letzte dem elektrischen Betrieb erneut übergebene Abschnitte:

14.01.1946 Probstzella - Eichicht

1.02.1946 Eichicht - Saalfeld (Saale)

9.03.1946 Bf Saalfeld (Saale) durchgehend

und ergänzt: "Der Abschnitt Großkorbetha - Halle war im Frühjahr 1946 so weit hergesellt, daß in wenigen Wochen die Inbetriebnahme erfolgen sollte."

Erstaunlicherweise stellt W. Drescher¹¹¹ den Wiederaufbau der elektrischen Anlagen der Saal-Eisenbahn detailliert dar: "Auch die Reparatur der Fahrleitung begann sofort nach Kriegsende. Mangel an Fahrdraht, Masten, Seilen, Rohren und Klemmen verzögerten die Reparaturarbeiten. Trotzdem gelang die Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes zwischen Weißenfels und Jena am 8. August 1945. Die Stromversorgung erfolgte vom Unterwerk Großkorbetha. Das Unterwerk Rothenstein war nicht beschädigt. Es wurde am 19. Oktober 1945 mit der wieder hergestellten 110 kV-Fernleitung Großkorbetha - Rothenstein in Betrieb genommen. Ab 10. Dezember 1945 konnte der elektrische Betrieb bis zum Einfahrsignal des Bahnhofs Saalfeld weitergeführt werden. Vom Einfahrsignal mußten die Züge mittels Dampflokomotiven in den Bahnhof gezogen werden. Ab 1. Februar 1946 wurde von Probstzella bis zum Einfahrsignal Saalfeld der elektrische Zugbetrieb wiedereröffnet. Ab 9. März 1946 waren in Saalfeld einige Hauptgleise mit einer Fahrleitung überspannt und damit der durchgehende elektrische Betrieb zwischen Weißenfels und Probstzella ermöglicht."

Zur weiteren Entwicklung schreibt derselbe Verfasser an gleicher Stelle: "Gemäß den Festlegungen des Potsdamer Abkommens wurde auch die Eisenbahn zur Leistung von Reparaturen herangezogen. Dazu gehörte der Abbau von Fahrleitungen, Gleisen, die Abgabe von Lokomotiven und dergleichen. In der Nacht vom 28. zum 29. März wurde die Fahrleitung der Saalbahn abgeschaltet. Der Abbau hatte bereits am 25. März in kleinerem Maße begonnen, wurde nun verstärkt fortgesetzt und war am 28. April 1946 beendet."

E. Joachim¹¹² notiert hierzu: "... mit Befehl Nr. 95 der SMAD vom 29. März 1946 kam schlagartig das Ende des elektrischen Zugbetriebes in Mitteldeutschland. Alle ortsfesten und mobilen Anlagen der elektrischen Zugförderung muß-

¹¹⁰ moderne eisenbahn, 10 (1972), Heft 7, S. 18.

¹¹¹ Die Saal-Eisenbahn und ihre Anschlußbahnen, Berlin ¹1987, S. 26 f.

¹¹² Elektrische Lokomotiven, Düsseldorf 1973, S. 15 f.; s. auch moderne eisenbahn, 10 (1972), Heft 7, S. 18.

ten bis zum 15. April 1946, spätestens 20. April 1946, so der ursprüngliche Befehl, als Reparationsleistung an die Sowjetunion abgeführt werden. Die RBD Halle (S) mußte ein Abbauamt einrichten. Jeder Abbauabschnitt unterstand der Kontrolle und absoluten Befehlsgewalt eines sowjetischen Offiziers. Außer Beschäftigten der Deutschen Reichsbahn, die man teilweise aus anderen Direktionsbezirken holen mußte, waren auch Arbeiter der ehemaligen Baufirmen AEG und SSW sowie aus den anliegenden Betrieben rekrutiert worden."

E. Kramer¹¹³ sieht als vorrangige Aufgabe in der Nachkriegszeit nach dem Sieg über den Faschismus, den Verkehr wieder in Gang zu bringen: "Kraft der bedingungslosen Kapitulation Hitlerdeutschlands übernahm die Sowjetische Militäradministration in Deutschland (SMAD) in den ersten Wochen die Leitung des gesamten Verkehrswesens. Dadurch wurden viele Einrichtungen des Verkehrswesens vor weiterer Zerstörung behütet und der Wiederaufbau geschützt." R. Badstübner u. a.¹¹⁴ stellen den Rechtscharakter der SMAD-Befehle heraus: "Die Befehle der SMAD ... waren oberstes, in der ganzen sowjetischen Besatzungszone geltendes Gesetz. Diese Befehle schufen neue Rechtsnormen zur Durchsetzung und Verankerung antifaschistisch-demokratischer Verhältnisse."

Nach P. Olbrich¹¹⁵ erschien am 8.04.1946 in den sowjetzonalen Tageszeitungen eine Notiz, die besagte, daß der Deutschen Reichsbahn künftig keine elektrischen Lokomotiven mehr zur Verfügung stehen und deshalb die Fahrzeiten auf den bisher elektrisch betriebenen Strecken wegen des Einsatzes von braunkohlegefeuerten Dampflokomotiven verlängert werden müßten. Nach demselben Verfasser begann wenige Tage danach die Demontage.

Wie E. Rutke dem Verfasser mitteilte, rollte man das Fahrleitungskettenwerk samt Beiseilen, Windseilen und Hängern auf große Seiltrommeln, wodurch es für den Fahrleitungsbau unbrauchbar war. Die Einsetzmasten und einen Teil der Aufsetzmasten brannte man wenige Zentimeter über den Fundament ab und warf sie um; letzteres widerfuhr auch den abgeschraubten Aufsetzmasten. F. Lengler erinnert sich in einem Brief an den Verfasser: "Die Fahrleitungsmaste wurden mit Schneidbrennern vom Fundament getrennt und das Kettenwerk stürzte zusammen. Natürlich gingen die meisten Isolatoren zu Bruch. Alles war nur noch Schrott und nicht mehr verwendbar."

¹¹³ Die Entwicklung des Verkehrswesens in der DDR, Berlin 1978, S. 11.

¹¹⁴ Geschichte der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1981, S. 27.

¹¹⁵ ETP, 10 (1958), Heft 4, S. 14;
ETP, 20 (1968), Heft 4, S. 28.

Nach E. Joachim¹¹⁶ war die Demontage im Bereich des Maschinenamts Jena am 22.08.1946, beim Maschinenamt Weißenfels am 14.09.1946, bei den Direktionen Halle (S) und Hannover Ende 1946 abgeschlossen. Von der Demontage blieben lediglich Anklammermasten an Brücken oder Masten unmittelbar neben oder in Gebäuden (z. B. Güterhalle des Bahnhofs Rudolstadt) verschont, weiter Warnungsschilder oder Befestigungsteile an Überbauten.

P. Olbrich¹¹⁷ stellt das wechselvolle Schicksal des Reparationsguts dar: "Anfangs sollten Fahrzeuge und Material in Polen bleiben. Dort wurde es jedoch nach dem Entladen wieder von den Sowjets beschlagnahmt, erneut verladen und nach Brest-Litowsk gebracht. Das meiste blieb in Brest unter freiem Himmel liegen. Nur die Lokomotiven wurden ins Innere Rußlands geschafft, wo sie z. T. als Zugmaschinen für Grubenbahnen verwendet wurden."

Darüber hinaus gelangte die sowjetische Besatzungsmacht besonders bei der Obersten Bauleitung für Elektrisierungen in Leipzig in den Besitz des Zeichnungswerks des RZA München. Ein 1951 in Moskau erschienenes und 1954 nach dem Impressum unbearbeitet in das Deutsche übertragenes Fachbuch von I. I. Wlassow¹¹⁸ weist 6 in der sonstigen Literatur nicht veröffentlichte Zeichnungen des RZA München auf, die in der Handausgabe 1947 des RZA München erhalten geblieben sind, darüber hinaus sind auf zahlreichen Zeichnungen Fahrleitungskonstruktionen der Deutschen Reichsbahn vor 1945 abgebildet.

Es bleibt der Versuch einer Deutung der unterschiedlichen Darstellung der Demontage der Fahrleitungsanlage des elektrifizierten Netzes Mitteldeutschlands und Thüringens im Jahre 1946. G. Höfer u. a.¹¹⁹ führen aus: "Der historische Sieg der Sowjetunion und ihrer Verbündeten über den Faschismus leitete eine neue Entwicklung des Eisenbahnwesens ein ... Mit der Gründung der Deutschen Demokratischen Republik vollzog sich ein umfassender Wiederaufbau der Deutschen Reichsbahn ..." oder "Das Kernstück des Pro-

¹¹⁶ Elektrische Lokomotiven, Düsseldorf 1973, S. 16.

¹¹⁷ ETP, 10 (1958), Heft 4, S. 14;

ETP, 20 (1968), Heft 4, S. 28.

¹¹⁸ Fahrleitungsnetz, Leipzig 1955,

Bild 32 = Zeichnung EzsN 28 Ausgabe vom Oktober 1939

Bild 33 = Zeichnung EzsN 29 Ausgabe vom Oktober 1939

Bild 60 = Zeichnung EzsN 187 Bl. 1 Ausgabe
vom Februar 1942

Bild 64 = Zeichnung EzsN 142 Bl. 1 Ausgabe
vom September 1939

Bild 65 = Zeichnung EzsN 189 Ausgabe vom Juli 1942

Bild 100 = Zeichnung Ezs 882 Ausgabe vom April 1940

¹¹⁹ Grundlagen der Verkehrstechnik, Berlin ²1982,
S. 8, 13 f.

gramms der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands ist die Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft. Das ist ein historischer Prozeß. In ihm vollziehen sich tiefgreifende politische, ökonomische, soziale und geistig-kulturelle Veränderungen, an denen auch das Verkehrswesen Anteil hat."

H. Kohl u. a.¹²⁰ stellen fest: "Die sozialistische Deutsche Demokratische Republik ist ein fester Bestandteil der sozialistischen Staatengemeinschaft ... Die DDR besitzt - als das westlichste Land der sozialistischen Staatengemeinschaft in Europa - durch ihre Grenze gegen die BRD zugleich einen Anteil an der westlichen Außengrenze des europäischen RGW-Territoriums und mit diesem einen wichtigen Abschnitt der Grenzlinie zwischen der sozialistischen Staatengruppe und der imperialistischen Staatengruppe der EWG ... Die Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der DDR stützt sich auf das umfangreiche sozialistische Eigentum in der Volkswirtschaft. Die mit dem wachsenden Anteil des sozialistischen Eigentums in der Volkswirtschaft sich mehr und mehr durchsetzenden ökonomischen Gesetze des Sozialismus lösten die früher wirksamen Gesetze des Kapitalismus ab."

Unter den zahlreichen Aussagen von R. Badstübner u. a.¹²¹ zum Verhältnis DDR-UdSSR sei nur eine zitiert: "Bei all seinen Entscheidungen ging der Parteitag gemäß dem Parteiprogramm davon aus, daß das feste Fundament des sicheren und erfolgreichen Voranschreitens der DDR der unverbrüchliche Bruderbund mit der Sowjetunion und mit den anderen Ländern der sozialistischen Gemeinschaft ist."

12.4.2. Wiederaufbau und Neuelektrifizierung

Z 12.4.2./3
Z 12.4.2./4

Nach R. R. Rossberg¹²² sprach man bereits im Jahre 1947 davon, die Fahrleitung von der Grenze bei Falkenstein bis Probstzella wieder herzustellen, da die mit Braunkohle gefeuerten Dampflokomotiven auf der Steigung von 24,1 Promille nach Ludwigsstadt nur verhältnismäßig geringe Anhängelasten befördern konnten und schon zwei schwere Waldbrände verursacht hatten. Im Offenbacher Abkommen von 3.09.1949 vereinbarte man endgültig dieses Vorhaben, wobei von der Reichsbahn der Sowjetzone das Personal, das Material jedoch kostenlos vom Westen zu stellen war. Nachdem die Fahrleitung am 10.01.1950 unter Spannung gesetzt worden war, wurde der elektrische Zugbetrieb nach verschiedenen Besprechungen über Detailfragen am 12.06.1950 wieder aufgenommen. Von der DDR-Literatur gehen nur D. Bäzold und

¹²⁰ Geographie der DDR, Gotha und Leipzig 1981, S. 80 f.

¹²¹ Geschichte der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1981, S. 354.

¹²² Grenze über deutschen Schienen, Freiburg 1980, S. 237 f.

G. Fiebig¹²³ kurz auf diesen Vorgang ein. E. Eger¹²⁴ sagt aus: "Die Anlagen des Bf. Probstzella wurden im Jahre 1951 wiederhergestellt."

Die meisten Autoren setzen die Wiederaufnahme des elektrischen Zugbetriebes in der DDR später an, so H. Cruse¹²⁵: "Im Jahre 1952 stellte die Regierung der UdSSR der Regierung der Deutschen Demokratischen Republik für die Elektrifizierung von Strecken der Deutschen Reichsbahn die Ausrüstungen von zwei ehemaligen Bahnkraftwerken und mehreren Unterwerken sowie 186 elektrische Lokomotiven zur Verfügung. Sämtliche Teile sind für den Betrieb mit Einphasen-Wechselstrom von 16 2/3 Hz bestimmt. Damit waren die Voraussetzungen für den Beginn der Elektrifizierung bei der Deutschen Reichsbahn gegeben. Das zur Verfügung gestellte Material gestattete den Wiederaufbau des Reichsbahnkraftwerks Muldenstein, des Unterwerks Köthen und weiterer Unterwerke sowie der 16 2/3 Hz-Wechselstromlokomotiven."

R. Wagner¹²⁶ stellt fest: "Nach der Beseitigung der umfangreichen Kriegsschäden begannen in der DDR 1953/1954 auf der Grundlage eines mit der UdSSR abgeschlossenen Regierungsvertrags zur Überlassung von Eisenbahnausrüstungen auch die Vorbereitungsarbeiten für die Wiederaufnahme des elektrischen Zugbetriebs. Die Basis für diesen Neubeginn waren die von der Sowjetunion durch erlassene Reparationsleistungen zur Verfügung gestellten Ausrüstungen. Das Vorhandensein der relativ umfangreichen Anlagen bestimmte entscheidend die Anwendung des Ein-Phasen-Wechselstromsystems, 15 kV, 16 2/3 Hz bei der DR."

D. Bäzold und G. Fiebig¹²⁷ notieren: "Dank der Hilfe der UdSSR, die ... den Triebfahrzeugpark und die Ausrüstungen der Kraft- und Unterwerke der ehemals elektrifizierten Strecken größtenteils wieder zur Verfügung stellte, konnte am 1. September 1955 der erste Streckenabschnitt von Halle (S) nach Köthen ... in Betrieb genommen werden." W. Garkisch und H. Groth¹²⁸ würdigen dieses Ereignis mit den Worten: "Zum 10. Jahrestag der Übergabe der Eisenbahn in Volkes Hand wird am 1. September 1955 auf der Strecke Halle - Köthen der elektrische Zugbetrieb eröffnet."

P. Olbrich¹²⁹ ergänzt: "Im Jahre 1952 schließlich wurden überraschend der DR die inzwischen schon ziemlich rampo- nierten elektrischen Lokomotiven und ein Teil der demon-

¹²³ Archiv elektrischer Lokomotiven, Berlin 1963, S. 37.

¹²⁴ DB, 28 (1954), S. 388.

¹²⁵ DET, 6 (1958), S. 279.

¹²⁶ DET, 27 (1979), S. 439 f.

¹²⁷ Archiv elektrischer Lokomotiven, Berlin 1963, S. 37.

¹²⁸ Die Deutsche Reichsbahn von 1945 bis 1985, Berlin
¹1985, S. 310.

¹²⁹ ETP, 20 (1968), Heft 4, S. 28.

tierten Anlagen (ausgenommen Fahrdrabt und Maste) wieder zurückgeben. Die Überführung der Anlagen und Lokomotiven in die Sowjetzone war 1953 abgeschlossen." An gleicher Stelle geht derselbe Verfasser ausführlich auf die Gründe ein, die die DR bewogen, beim 16 2/3 Hz-System zu bleiben.

Nach der Wiederaufnahme des elektrischen Zugbetriebes auf der Strecke Halle (Saale) - Köthen am 1.09.1955¹³⁰ verlängerte man diesen im darauffolgenden Jahr bis Magdeburg¹³¹. H. Cruse¹³² und P. Olbrich¹³³ stellen das ursprüngliche Konzept der DR dar, wonach bevorzugt die von Leipzig ausgehenden Strecken nach Dessau, Magdeburg, Erfurt und Altenburg mit der Verbindungslinie Halle - Großkorbetha auf elektrischen Zugbetrieb umgestellt werden sollten. Deshalb widmen W. Dörschel u. a.¹³⁴ dem elektrifizierten Streckennetz der Rbd Halle als dem Kern der elektrisch betriebenen Strecken der DR ein eigenes Kapitel. Abgesehen von der Strecke Leipzig - Erfurt, konnte man dieses Ziel 1962 erreichen. Nach W. Fiebig¹³⁵ sollten bis 1965 die als "Sächsisches Dreieck" bezeichneten Strecken (Leipzig -) Altenburg - Reichenbach - Freiberg - Dresden - Riesa - Leipzig für elektrischen Zugbetrieb eingerichtet werden.

Nach P. Olbrich¹³⁶ kamen die Verkehrsminister der Ostblockländer - ohne Polen - auf Vorschlag der Sowjetunion im Jahre 1960 überein, für Neuplanungen nur noch 25 kV 50 Hz zu verwenden. Bis 1965 sollte lediglich die Elektrifizierung des sächsischen Raumes mit 15 kV 16 2/3 Hz zu einem gewissen Abschluß gebracht werden. Für die damals bereits geplante Elektrifizierung der Strecken nach Berlin und Rostock mit 25 kV 50 Hz waren entsprechende Versuchslokomotiven zu entwickeln, weshalb man nach F. Spranger¹³⁷ 1962 den Berliner Außenring zwischen Hennigsdorf und Wustermark zur Erprobung der vom VEB LEW "Hans Beimler" Hennigsdorf gebauten 50 Hz-Lokomotiven mit 25 kV 50 Hz elektrifizierte. Danach erfolgte die Überspannung der als "Rübelandbahn" bezeichneten Strecke Blankenburg - Rübeland - Königshütte mit einer Steigung von 60 Promille, um nach R. R. Rossberg¹³⁸ diese Steilrampenstrecke im Harz ähnlich wie in den dreißiger Jahren die Höllentalbahn im Schwarzwald (s. 2.4.) im Inselbetrieb mit 25 kV 50 Hz zu betreiben. W. Dörschel u. a.¹³⁹ und W. Steinke¹⁴⁰ beschreiben

¹³⁰ EB, 26 (1955), S. 257.

¹³¹ EB, 27 (1956), S. 241.

¹³² DET, 6 (1958), S. 279 f.

¹³³ ETP, 10 (1958), Heft 4, S. 14.

¹³⁴ Verkehrsgeographie, Berlin ⁴1983, S. 139 ff.

¹³⁵ DET, 10 (1962), S. 300.

¹³⁶ ETP, 20 (1968), Heft 4, S. 28 f.

¹³⁷ EJ, 9 (1971), S. 165.

¹³⁸ EB, 78 (1980), S. 303.

¹³⁹ Verkehrsgeographie, Berlin ⁴1983, S. 103 ff.

¹⁴⁰ Die Halberstadt-Blankenburger-Eisenbahn, Berlin 1982.

diese Linie, W. Rösel¹⁴¹ die im Zusammenhang mit der Elektrifizierung der Rübelandbahn stehenden sehr umfangreichen Baumaßnahmen.

Schreibt S. Müller¹⁴² 1962 noch: "Die in Jahrzehnten zur Ausführung geplante Endlösung sieht nur noch ein Stromsystem und zwar das 50 Hz-System für die elektrische Zugförderung vor.", stellt P. Olbrich¹⁴³ für Anfang 1964 den Entscheid fest, beim System 15 kV 16 2/3 Hz zu bleiben, das Lichtraumprofil und die Isolierung der Fahrleitung jedoch für 25 kV zu bemessen, um bei einem späteren Übergang Polens und der Tschechoslowakei auf das 50 Hz-System diese Möglichkeit auch für die DR offen zu halten.

Nach demselben Verfasser¹⁴⁴ war noch 1964 auf einer Verkehrstagung der Verkehrshochschule in Dresden das Elektrifizierungsprogramm der DR ausführlich dargestellt worden. H. Holland-Nell u. a.¹⁴⁵ legen eine detaillierte Untersuchung über die Elektrifizierungswürdigkeit von Strecken der DR vor; bis 1970 sollten vom Berliner Außenring aus die Strecken nach Bitterfeld bzw. Dresden und weiter nach Schöna überspannt werden.¹⁴⁶ Nach E. Kramer¹⁴⁷ beabsichtigte die DR noch 1965, in einer Zeitspanne von 15 Jahren 70 Prozent der gesamten Zugförderungsarbeit mit Elektrolokomotiven zu bewältigen, den Rest und die Rangierarbeiten mit Dieseltriebfahrzeugen. Jedoch stellt nach P. Olbrich¹⁴⁸ im Herbst 1965 Parteivorsitzender W. Ulbricht in einer Rede fest, daß mit der Überspannung des "Sächsischen Dreiecks" die Elektrifizierung der DR beendet ist, da diese im Vergleich zur Verdieselung einen zu hohen Materialaufwand erfordere und große Baukapazitäten binde. In jener Zeit stellt H. Kunicki¹⁴⁹ ausführlich den Vorrang der Diesellokomotiven bei der DR heraus. S. Müller¹⁵⁰ weist die Richtung: "Während die Rohstoffbasis der Elektrotraktion die unmittelbar an den Braunkohlengruben liegenden Kraftwerke sein werden, wird die Rohstoffquelle der Diesellokomotiven vornehmlich die aus der UdSSR kommende, im Bau befindliche Erdölleitung sein." R. Badstübner u. a.¹⁵¹ sehen das am 3.12.1965 zwischen der DDR und der UdSSR geschlossene von 1966 bis 1970 laufende Handelsabkommen im Rahmen

¹⁴¹ EP, 10 (1966), S. 7 ff.; s. auch GA, 90 (1966), S. 39 f.

¹⁴² GA, 86 (1962), S. 336.

¹⁴³ ETP, 20 (1968), Heft 4, S. 29.

¹⁴⁴ Ebenda, S. 33.

¹⁴⁵ DET, 12 (1964), S. 488 ff., 538 ff.

¹⁴⁶ Zeitschrift der OSShD, 8 (1965), Heft 4, S. 29 ff.

¹⁴⁷ EJ, 3 (1965), S. 13.

¹⁴⁸ ETP, 20 (1968), Heft 4, S. 33.

¹⁴⁹ Deutsche Dieseltriebfahrzeuge gestern und heute, Berlin 1966, S. 9 ff.

¹⁵⁰ GA, 86 (1962), S. 335.

¹⁵¹ Geschichte der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1981, S. 263.

der weiteren Verankerung der DDR in der sozialistischen Gemeinschaft; es sieht unter anderem die Lieferung von 36,1 Millionen Tonnen Erdöl an die DDR vor.

In der Jubiläumsausgabe 1985 nennt das Kursbuch der DR¹⁵² weitere Daten: Am 16.11.1966 erfolgte die erste planmäßige Zugfahrt einer sowjetischen Diesellokomotive der Baureihe 120, am 3.09.1968 wurde die hundertste von der Sowjetunion gebaute Diesellokomotive dieser Reihe übergeben, schließlich am 24.01.1977 die tausendste Diesellok aus der UdSSR.

K. Sobotta u. a.¹⁵³ notieren hierzu: "In den 60er und 70er Jahren mußte die Deutsche Reichsbahn die Dampftraktion durch die wirtschaftlichere Dieseltraktion ersetzen. Die Entscheidung wurde damals getroffen, weil die vorhandenen Dampflokomotiven ein hohes Alter erreicht hatten und ihre Anzahl für die Deckung des gestiegenen Transportbedarfs nicht mehr ausreichte ... Eine sofortige Umstellung auf die elektrische Traktion war wegen der seinerzeitigen Bedingungen aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht möglich. ... In jener Zeit ergaben sich jedoch im Außenhandel außerordentlich günstige Bedingungen für den Import von Diesellokomotiven und Erdöl aus der Sowjetunion. Dadurch konnte der Bau von Diesellokomotiven mit mehr als 1500 kW (2000 PS) Leistung in der DDR eingestellt und die somit frei werdende Kapazität auf andere Aufgaben umprofiliert werden."

R. Wagner¹⁵⁴ betont 1979: "Heute können wir feststellen, daß diese Entscheidung im Interesse der Weiterentwicklung des Verkehrswesens richtig war, da sie den Gegebenheiten der Energiesituation und der materiellen Voraussetzungen entsprach und mit den Anforderungen des Transportprozesses in Übereinklang stand ... Mit der damals begonnenen großzügigen Unterstützung durch die Sowjetunion bei der Entwicklung, Produktion und Lieferung dieser Großdiesellokomotiven war es möglich, die durch das dynamische Wachstum unserer Volkswirtschaft an das Transportwesen gestellten, ständig steigenden Forderungen zu erfüllen."

1966 vollendete man die von F. Spranger¹⁵⁵ dargestellte Elektrifizierung der Gebirgsbahn Dresden - Freiberg - Werdau, im folgenden Jahr übergab man die Teilstrecke Weißenfels - Erfurt - Neudietendorf dem elektrischen Zugbetrieb, womit nach K. Schmidt¹⁵⁶ die Durchlaßfähigkeit der am stärksten belasteten Strecke der DR wesentlich erhöht werden konnte. 1970 schloß man mit der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes auf dem letzten Teilstück der ältesten

¹⁵² Kursbuch der Deutschen Reichsbahn. Binnenverkehr. Jahresfahrplan 1985/86, S. B 190, B 200, B 266.

¹⁵³ EJ, 21 (1983), S. 10.

¹⁵⁴ DET, 27 (1979), S. 440.

¹⁵⁵ Der Modelleisenbahner, 15 (1966), S. 258 ff.

¹⁵⁶ Signal und Schiene, 8 (1964), S. 417.

deutschen Fernbahn Leipzig - Riesa - Dresden die Elektrifizierung des "Sächsischen Dreiecks" ab; F. Spranger¹⁵⁷ beschreibt die zugehörigen Arbeiten. H. J. Kirsche¹⁵⁸ geht näher auf die genannten Strecken ein.

Nach der Ansprache von W. Ulbricht vom Herbst 1965 wäre demnach die Elektrifizierung der DR beendet gewesen, jedoch schreibt R. Wagner¹⁵⁹: "Im Fünfjahrplanabschnitt 1971 bis 1975 wurde mit der Elektrifizierung des Streckenabschnitts Roßlau (Elbe) - Magdeburg und der S-Bahn-Strecken Schönebeck (Elbe)-Salzungen - Zielitz sowie Halle (Saale) Hbf - Halle-Trotha das Streckennetz ergänzt und mit der Umstellung des Abschnitts Dresden - Schöna begonnen." Nach R. Badstübner u. a.¹⁶⁰ war W. Ulbricht Anfang Mai 1971 von seinem Amt als Erster Sekretär des Zentralkomitees der SED zurückgetreten.

Zur weiteren Entwicklung schreibt R. Wagner¹⁶¹: "Im Zusammenhang mit der weiteren sprunghaften Entwicklung des Transportbedarfs der Volkswirtschaft der DDR hat der IX. Parteitag der SED auf dem Gebiet des Verkehrswesens u. a. die Weiterführung der Elektrifizierung zur beschleunigten Ablösung der Dampftraktion beschlossen." Dieser fand im Mai 1976 statt. K. Sobotta u. a.¹⁶² nennen den eigentlichen Anlaß zu dieser Neuorientierung: "Als sich dann auf dem Weltmarkt die Situation veränderte und insbesondere die Preise für Energieträger zu steigen begannen, beschloß unsere Regierung im Jahr 1972 folgerichtig, die Strecken elektrifizierung von Dresden und von Halle/Leipzig in Richtung unserer Hauptstadt weiterzuführen. In den letzten Jahren haben sich die Preise für alle Energieträger weiter drastisch erhöht. Heute beträgt der Rohölpreis auf dem Weltmarkt mehr als das 20fache gegenüber 1970 und der Preis für Steinkohle und Koks mehr als das 4fache." R. R. Rossberg¹⁶³ bestätigt diese Aussagen und ergänzt: "Dabei wurde durch Untersuchungen festgestellt, daß unter den Verhältnissen der DR, die einen hohen Anteil von Diesellokomotiven sowjetischer Bauart mit relativ hohem Kraftstoffverbrauch einsetzt, für die Dieseltraktion das 2,8fache an Energie benötigt wird als für die elektrische Traktion."

H. Schnabel und W. Gerlach¹⁶⁴ legen die Grundzüge der weiteren Entwicklung dar: "Für das Programm der Elektrifizie-

¹⁵⁷ Der Modelleisenbahner, 18 (1969), S. 266 ff.

¹⁵⁸ Bahnland DDR, Berlin 1981, S. 171 ff., 199 ff., 302 ff.

¹⁵⁹ DET, 27 (1979), S. 440.

¹⁶⁰ Geschichte der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1981, S. 294 f.

¹⁶¹ DET, 27 (1979), S. 440.

¹⁶² EJ, 21 (1983), S. 10 f.

¹⁶³ EB, 78 (1980), S. 303.

¹⁶⁴ Elektrischer Zugbetrieb, Berlin 1984, S. 14 f.

rung bei der DR bis 1985 wurden deshalb folgende Kriterien benannt:

- Nutzung der bereits elektrifizierten Eisenbahnknoten Halle (Saale), Leipzig und Dresden im Rahmen des zu elektrifizierenden Streckennetzes.

- Elektrifizierung der Süd-Nord-Magistralen bei gleichzeitigem Anschluß der Hauptstadt der DDR, Berlin, an das elektrifizierte Streckennetz.

- Anschluß der Überseehäfen Rostock und Wismar an das elektrische Streckennetz und damit Erfüllung des RGW-Beschlusses zur Schaffung leistungsfähiger Eisenbahnverbindungen von den Ostseehäfen der DDR zu den Schwarzmeerbäfen der SR Rumänien und der VR Bulgarien.

- Elektrifizierung von stark belasteten Strecken, die dadurch einen weiteren Leistungsanstieg zulassen und damit die Effektivität der Investitionen erhöhen.

- Sinnvolle und technologische erforderliche Ergänzung des bereits bestehenden Streckennetzes unter Beachtung der Möglichkeiten eines elektrisch betriebenen Umleitungsverkehrs.

- Effektivere Nutzung bereits vorhandener Bahnstromversorgungsanlagen und Minimierung des Aufwands für die neu zu errichtenden Anlagen bei gleichzeitiger Schaffung von elektrischen Netzmaschen, um betriebliche Auswirkungen von Störungen optimal einzuschränken."

R. Eckelt¹⁶⁵ beschreibt die Besonderheiten der 1976 fertiggestellten Elektrifizierung Dresden - Schöna. K. Sobotta u. a.¹⁶⁶ stellen die weiteren Etappen der Strecken elektrifizierung dar: 1982 erreichte der Fahrdrabt von Bitterfeld und Dresden den südlichen Berliner Außenring. R. Eckelt¹⁶⁷ geht auf die außerordentlichen Schwierigkeiten ein, die bei der Elektrifizierung im Raum Berlin zu bewältigen waren. In einer Übersicht würdigt R. R. Rossberg¹⁶⁸ den bis 1985 erzielten Ausbau des elektrischen Zugbetriebes der DR: Der ganze Berliner Außenring war elektrifiziert und die Elektrolokomotiven erreichten Rostock.

Einerseits war diese Elektrifizierungsleistung nach W. Wirth¹⁶⁹ durch die Anwendung völlig neuer Bau- und Montageverfahren zu erzielen, andererseits nach L. Seidel und

¹⁶⁵ EJ, 15 (1977), S. 143 ff.

¹⁶⁶ EJ, 21 (1983), S. 9 ff.

¹⁶⁷ EJ, 20 (1982), S. 137 ff.

¹⁶⁸ EB, 83 (1985), S. 180 ff.

¹⁶⁹ DET, 30 (1982), S. 465 ff.

H. Mikolajczak¹⁷⁰ durch das 1982 ins Leben gerufene Jugendobjekt "Elektrifizierung von Eisenbahnstrecken", wozu nach 600 Jugendliche in 52 Jugendbrigaden und 16 Teilobjekten bei der Elektrifizierung der Strecken Bitterfeld - Berlin, Magdeburg - Stendal und Berlin - Rostock mindestens die Hälfte der Gesamtleistung erbrachten.

Obwohl die Strecken der früheren RBD Breslau nicht der Deutschen Reichsbahn unterstehen, soll hier kurz auf deren Wiederelektrifizierung eingegangen werden. Über die Potsdamer Konferenz finden sich in der Literatur unterschiedliche Darstellungen. R. Badstübner u. a.¹⁷¹ notieren: "Das Potsdamer Abkommen fixierte den neuen territorialen Status in Europa. Die deutsch-polnische Grenze wurde endgültig entlang der Oder und Neiße festgelegt." Dagegen stellt A. Hillgruber¹⁷² zur Potsdamer Konferenz fest: "Der Inhalt der Gespräche ist in einem Protokoll zusammengefaßt, von dem ein größerer Teil am 2. Aug. im Kommuniqué (unzutreffend oft als "Potsdamer Abkommen" bezeichnet) veröffentlicht wird ... Das Gebiet Nordostpreußens mit Königsberg soll bei der "bevorstehenden Friedensregelung" der Sowjetunion abgetreten werden. Die übrigen deutschen Ostgebiete bis zur Oder und Lausitzer Neiße werden der Verwaltung des polnischen Staates unterstellt und aus der sowjetischen Besatzungszone ausgegliedert. Dies soll "bis zur endgültigen Festlegung der Westgrenze Polens" im Friedensvertrag mit Deutschland gelten."

Entsprechend übernahmen die Polnischen Staatsbahnen (PKP) die Reichsbahnstrecken in Schlesien. 1960/61 nahmen die PKP unter anderem auf der Strecke Gleiwitz/Gliwice - Oppeln/Opole - Breslau/Wroclaw den elektrischen Zugbetrieb mit 3000 V Gleichspannung auf.¹⁷³ Während Y. Machefert-Tassin¹⁷⁴ in einer Karte die Strecke Wroclaw - Jelenia Gora als elektrifiziert kennzeichnet, spricht dieser Verfasser im Text davon, daß die PKP im Jahre 1967 mit der Aufnahme des durchgehenden elektrischen Zugbetriebes von Warschau bis zur ostdeutschen Grenze Schlesiens bei Jelenia Gora die Strecke von Breslau bis Lauban und Görlitz wieder elektrifizierten, jedoch dieses Mal mit Gleichstrom. P. Lisson¹⁷⁵ bestätigt diese Aussage und notiert für die Strecken Breslau/Wroclaw - Hirschberg/Jelenia Gora - Görlitz/Gorlice und Lauban/Luban - Kohlfurt/Wegliniec elektrischen Zugbetrieb mit 3000 V Gleichspannung. Anscheinend liegt in beiden Fällen eine Fehlinterpretation

¹⁷⁰ Signal und Schiene, 27 (1983), S. 97; s. auch EP, 27 (1983), S. 99 ff.

¹⁷¹ Geschichte der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1981, S. 41 f.

¹⁷² Der große Ploetz. Auszug aus der Geschichte, Freiburg und Würzburg ²⁹1980, S. 913.

¹⁷³ JdE, 12 (1961), S. 233.

¹⁷⁴ LVDR Nr. 1126 vom 31.12.1967, S. 14 ff.

¹⁷⁵ EB, 42 (1971), S. 43 f.

der im Aufsatz von Y. Machefert-Tassin abgedruckten Karte vor.

Nach Veröffentlichungen von M. Chlastacz¹⁷⁶ war bis 1985 von dem früheren elektrifizierten Streckennetz in Schlesien lediglich die Teilstrecke Breslau/Wroclaw - Hirschberg/Jelenia Gora wieder elektrisch betrieben, während im Zeitraum von 1986 bis 1990 die Strecke Hirschberg/Jelenia Gora - Lauban/Luban - Görlitz-Moys/Zgorzelec zu überspannen ist. Nach demselben Verfasser wird die Strecke Breslau/Wroclaw - Liegnitz/Legnica - Kohlfurt/Wegliniec - Görlitz-Moys/Zgorzelec bereits elektrisch betrieben. Die DRB hatte die Elektrifizierung dieser Linie wohl geplant, aber nicht verwirklicht. Nach einem Beitrag des Verkehrsministeriums in Warschau¹⁷⁷ nahm man 1986 auf der Strecke Hirschberg/Jelenia Gora - Lauban/Luban - Kohlfurt/Wegliniec wieder den elektrischen Zugbetrieb auf, im folgenden Jahr auf der Riesengebirgsbahn Hirschberg/Jelenia Gora - Ober Schreiberhau/Szklarska Poreba Gorna; südlich Ober Schreiberhau besteht nur noch Güterverkehr. Schließlich wird 1988 noch auf der Strecke Hirschberg/Jelenia Gora - Krummhübel/Karpacs wieder der elektrische Zugbetrieb aufgenommen.¹⁷⁸

12.5. Einheitsfahrleitung 1931

1950 Probstzella - Rbd-Grenze bei Falkenstein

Wie bereits dargestellt, begann die erneute Elektrifizierung des Streckennetzes der DR mit der Überspannung der Teilstrecke Probstzella - Rbd-Grenze bei Falkenstein (s. 12.4.2.). Aus naheliegenden Gründen geht F. Spranger¹⁷⁹ in einem Aufsatz über elektrische Inselbetriebe der DR nicht auf diese grenzüberschreitende Eisenbahnlinie ein. Hier seien zunächst die Eigentumsverhältnisse geklärt. Nach Unterlagen der BD Nürnberg lag die RBD-Grenze Erfurt/Nürnberg bis 1945 bei km 54,2; der Bahnhof Probstzella liegt bei km 54,6 von Hochstadt-Marktzeuln aus. Entsprechend den Vereinbarungen der Konferenz von Jalta zogen sich die amerikanischen und britischen Truppen vom 1. bis 3.07.1945 auch aus Thüringen zurück, womit dieses zur sowjetischen Besatzungszone wurde. Entsprechend dem Verlauf der amerikanisch/sowjetischen Zonengrenze verlegte man die Direktionsgrenze Rbd Erfurt/BD Nürnberg nach km 52,9. Da unmittelbar an der Zonengrenze beim Haltepunkt Falkenstein (km 52,9) ein Abspannmast steht, wurde die Fahrleitung bei der Demontage 1946 bis dorthin abgebaut; lediglich die der

¹⁷⁶ LVDR, Nr. 2005 vom 1.08.1985, S. 4 ff.;

LVDR, Nr. 2008 vom 5.09.1985, S. 12.

¹⁷⁷ DB, 63 (1987), S. 144.

¹⁷⁸ LVDR, Nr. 2143 vom 5.05.1988, S. 5.

¹⁷⁹ EJ, 9 (1971), S. 160 ff.

Zonengrenze nächstgelegenen Masten blieben stehen. Bei der erneuten Elektrifizierung mußte man das Kettenwerk der DR bis zum nächsten Abspannmast der Streckentrennung im Haltepunkt Falkenstein ziehen, womit sich die Besonderheit ergibt, daß § 14 (4) des Übereinkommens zwischen der Deutschen Bundesbahn und dem Ministerium für Verkehrswesen der Deutschen Demokratischen Republik über den Eisenbahngrenzverkehr vom 25.09.1972 festlegt: "Die Fahrleitung zwischen Probstzella und Ludwigsstadt wird durch die Deutsche Reichsbahn bis zu dem bei km 52,720 auf dem Hoheitsgebiet der Bundesrepublik Deutschland stehenden Abspannmast instand gehalten." R. R. Rossberg¹⁸⁰ übermittelt den Wortlaut dieses Übereinkommens.

Für die Wiederelektrifizierung der Teilstrecke Probstzella - Rbd-Grenze bei Falkenstein bauten im Spätjahr 1949 von den früheren Fahrleitungsmeistereien noch vorhandene Monteure der DR die Fahrleitung weitgehend nach den Einbauzeichnungen der Einheitsfahrleitung 1931 (s. 6.2.) mit Fahrleitungsstoffen aus dem Westen unter Verwendung vorhandener Mastfundamente wieder auf. Nach R. R. Rossberg¹⁸¹ berichtete die BD Nürnberg am 11.01.1950 an die HVB in Offenbach, daß "die Fahrleitung der 1,7 km langen freien Strecke zwischen der Blockstelle Falkenstein und dem Bahnhof Probstzella und der beiden Hauptgleise im Bahnhof Probstzella am 10. Januar 1950 unter Spannung gesetzt" wurde und die Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes sofort möglich ist, was am 12.06.1950 geschah. Seither verkehren hier ausschließlich Elektrolokomotiven der DB.

Nach Angaben der BD Nürnberg baute die DR Ende der fünfziger Jahre die Fahrleitungsstützpunkte in Kurven mit zu großen Mastabständen entsprechend der Zeichnung für die Dreipunkt- oder V-Aufhängung der BD Nürnberg (s. 8.3.2.) um, dies sowohl auf der freien Strecke als auch bei Querseilaufhängung im Bahnhof Probstzella. Im Herbst 1968 erneuerte die DR die Überspannung des Bahnhofs Probstzella völlig mit Fahrleitungsstoffen nach Normen der DR, wobei man dort 5 Gleise mit nachgespanntem Kettenwerk entsprechend der Regelfahrleitung für 100 km/h der DR (s. 12.6.4.) ausrüstete. Auf der freien Strecke bis zur Streckentrennung in Falkenstein erneuerte man lediglich das Kettenwerk, behielt jedoch die Schrägausleger im Gegensatz zum Bahnhof Probstzella bei. Sowohl im Bahnhof Probstzella als auch auf der freien Strecke bis zur Rbd-Grenze bei Falkenstein ist im Gleisbogen weiterhin die V-Aufhängung vorhanden. F 12.5./1

¹⁸⁰ Grenze über deutschen Schienen, Freiburg 1980, S. 280 f.

¹⁸¹ Ebenda, S. 237.

12.6. Regelfahrleitung 1950 der DR

F. Wolf und W. Fiebig¹⁸² notieren: "Die Deutsche Reichsbahn hat 1950 im Technischen Zentralamt die einheitliche Weiterentwicklung der Bauweise für mit 15 kV Nennspannung betriebene Fahrleitungsanlagen übernommen und entsprechende Richtlinien nebst Einheitszeichnungen für die anzuwendenden Bauteile und -systeme sowie Projektierungsunterlagen herausgegeben." Deshalb sei hier die Einheitsfahrleitung der DR als "Regelfahrleitung 1950" bezeichnet".

Diese Fahrleitung beschreiben W. Fiebig¹⁸³, weiter F. Wolf und W. Fiebig¹⁸⁴ ausführlich, S. Altmann¹⁸⁵ notiert grundsätzliche Merkmale, A. Meinel u. a.¹⁸⁶ listen zahlreiche konstruktive Details auf, H. Schnabel und W. Gerlach¹⁸⁷ stellen den Aufbau der Fahrleitung auf freier Strecke bzw. im Bahnhof dar. Ein Nachschlagewerk¹⁸⁸ über die DR gibt hierüber einen kurzen Überblick. W. Rösel¹⁸⁹ sowie W. Neubert und M. Semrau¹⁹⁰ legen die Grundzüge weiterentwickelter Bauarten der Regelfahrleitung der DR dar.

- Z 12.6./1 Nachdem bereits an anderer Stelle dargelegt wurde, daß die
 Z 12.6./2 hohe Übereinstimmung zwischen den Bauarten der Regelfahr-
 Z 12.6./3 leitung der DB und der DR naturgegeben ist (s. 12.1.5.),
 seien nachstehend vor allem Änderungen oder Weiterentwicklungen
 notiert. Auch hier werden wegen der Vielzahl der mit den einzelnen
 Varianten der Regelfahrleitung 1950 ausgerüstete Strecken nur die
 ersten bzw. besonders charakteristische Streckenabschnitte aufgelistet.
 Da W. Fiebig¹⁹¹ 1961 notiert: "Bei der Deutschen Reichsbahn unterscheidet
 man zwischen den drei Fahrleitungssystemen für 75, 120 und 160 km/h
 Fahrgeschwindigkeit", seien hier zunächst diese Bauarten näher betrachtet.

12.6.1. Regelfahrleitung für 120 km/h

- 1955 Halle (Saale) Hbf - Schönebeck (Elbe)
 1957 Schönebeck (Elbe) - Magdeburg Hbf
 1958 Güterzugstrecken im Raume Leipzig

¹⁸² DET, 6 (1958), S. 59.

¹⁸³ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 38 ff.

¹⁸⁴ DET, 6 (1958), S. 57 ff.

¹⁸⁵ VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin ¹⁹⁷⁵, S. 367 ff.

¹⁸⁶ Elektrifizierung A - Z, Berlin ¹⁹⁸¹.

¹⁸⁷ Elektrischer Zugbetrieb, Berlin ¹⁹⁸⁴, S. 35 ff.

¹⁸⁸ Die Deutsche Reichsbahn von A bis Z, Berlin ¹⁹⁸⁴, unter "Fahrleitung", "Fahrleitungsanlage".

¹⁸⁹ EP, 10 (1966), S. 7 ff.

¹⁹⁰ Schienenfahrzeuge, 28 (1984), S. 201 ff.

¹⁹¹ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 38.

1961 Leipzig Hbf - Leipzig-Stötteritz
 1963 Werdau - Reichenbach (V) ob Bf
 1967 Weißenfels - Abzw. Saaleck - Erfurt - Neudietendorf
 1967 Abzw. Saaleck - Camburg
 1969 Dresden-Neustadt - Coswig - Riesa
 1969 Wurzen - Leipzig Hbf
 1970 Riesa - Wurzen
 1970 Coswig - Meißen - Meißen-Triebischtal

Die Regelfahrleitung für Fahrgeschwindigkeiten bis 120 km/h der DR entspricht auf freier Strecke mit einer Systemhöhe von 1,40 m und 6 m Y-Beiseil der Oberleitung Re 120 der DB (s. 11.3.2.), beim Stützpunkt L ist jedoch bei späteren Ausführungen das Stützrohr nicht am Y-Beiseil, sondern am Auslegerrohr aufgehängt, wie W. Fiebig¹⁹² darstellt. Beim Stützpunkt im Quertragwerk mit Stahlrohr-Seitenhalter an einer Richtseil-Abstandösenklemme baut die DR jedoch 12 m Y-Beiseil ein. Nachspannung und Streckentrennung sind auch in Gleisbögen mit kleinen Krümmungsradien dreifeldrig ausgebildet, wobei Tragseil und Fahrdraht grundsätzlich gemeinsam an einem Radspanner mit Schwinge nachgespannt werden. Z 12.6.1./1
Z 12.6.1./2

Nach W. Fiebig¹⁹³ verlegte man auf dem Streckenabschnitt Halle (Saale) Hbf - Köthen den Fahrdraht auf freier Strecke 6,00 m, in Bahnhöfen auf 6,50 m über SO. Zur Materialeinsparung verringerte man bei späteren Elektrifizierungsvorhaben die Fahrdrathöhe auf 5,75 m bzw. 6,00 m über SO. Aus dem gleichen Grund ging man auf freier Strecke vom zunächst verwendeten Stahl-Flachmast mit eingekieteten Diagonalen zum Stahl-Flachmast mit eingeschweißten waagerechten Stegen über. Sah man ursprünglich die 1945 entwickelten Schwenkauslegerböcke¹⁹⁴ vor, verwendete man später jene der Bauart AEG, wie sie bis 1946 zwischen Halle (Saale) und Magdeburg vorhanden waren (s. 7.5.1.).

J. Traxdorf¹⁹⁵ legt dar, daß man bei der erneuten Elektrifizierung der Strecke Weißenfels - Naumburg - Camburg die alten Mastfundamente zu 75 Prozent wiederverwenden konnte, womit für die neue Fahrleitungsanlage die alte Längsfeldteilung größtenteils übernommen wurde. Wie man an den Mastfundamenten der wiederelektrifizierten Strecken der DR erkennen kann, übernahm man allgemein auf den bereits in den dreißiger und vierziger Jahren überspannten Teilstrecken soweit möglich die Fundamente - nach Mitteilung von F. Lengler hatte die DRB noch während des Zweiten Weltkriegs in Leipzig Hbf die Jochkonstruktionen durch Querseilaufhängung ersetzt -, nur in Gleisbögen mit kleinen und mittleren Krümmungsradien gründete die DR mit Mastab-

¹⁹² Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 65 ff.

¹⁹³ DET, 10 (1962), S. 300 ff.

¹⁹⁴ Zeichnung EzsN 205 Ausgabe vom September 1945.

¹⁹⁵ DET, 16 (1968), S. 509 f.

ständen entsprechend den "Richtlinien für die Errichtung von Fahrleitungen für Nennspannung 15 kV" neu, um bei lotrechtem Kettenwerk die größte Fahrdrachtauslenkung von ± 50 cm auf ± 40 cm zu vermindern (s. 8.1.5.).

Seit Anfang der siebziger Jahre baut die DR bei Neuelektrifizierungen die Regelfahrleitung für 120 km/h nicht mehr ein. Sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof ersetzte man abschnittsweise die Stahlrohrseitenhalter durch solche aus einer Aluminiumlegierung. Die Fahrleitung der Strecke Halle (Saale) - Magdeburg ist, von wenigen Teilstrecken der freien Strecke abgesehen, in die Regelfahrleitung für 160 km/h umgebaut worden.

12.6.2. Regelfahrleitung für 160 km/h (Re 2)

1958 Bitterfeld - Dessau - Roßlau
 1958 Leipzig Hbf - Bitterfeld
 1958 Leipzig Hbf - Halle (Saale) Hbf
 1959 Halle (Saale) Hbf - Großkorbetha - Weißenfels
 1961 Leipzig-Stötteritz - Böhlen
 1962 Böhlen - Altenburg
 1963 Halle (Saale) Hbf - Bitterfeld - Muldenstein
 1963 Altenburg - Werdau - Zwickau
 1964 Leipzig Hbf - Großkorbetha

Bei der 3. Elektrifizierung der Teilstrecke Dessau - Bitterfeld baute die DR auf freier Strecke drei unterschiedliche Fahrleitungsbauarten mit nachgespanntem Kettenwerk und 12 m Y-Beiseil ein:

- Dessau - Heideburg: Diese Bauart ähnelt sehr der Fahrleitung Bauart 1942 der DRB (s. 9.3.). Grundsätzlich verwendet man angelenkte Leichtbau-Seitenhalter, wobei das Stützrohr am Y-Beiseil aufgehängt ist, und Schwenkauslegerböcke Bauart AEG.

- Heideburg - Wolfen: Hier ist die Fahrleitung unmittelbar aus der 1945/46 vom RZA München entwickelten Einheitsfahrleitung (s. 11.1.) abgeleitet. Beim Stützpunkt K sieht man einen am Auslegerrohr angebrachten Rohr-Seitenhalter vor, beim Stützpunkt L einen am Stützrohr angelenkten Seitenhalter, hier jedoch aus Leichtmetall. Abweichend von der RZA-Bauart, verwendet man hier Schwenkauslegerböcke Bauart AEG.

- Wolfen - Bitterfeld: Auch hier baute man an allen Stützpunkten angelenkte Leichtbau-Seitenhalter ein, wobei das Stützrohr am Auslegerrohr aufgehängt ist. Als Schwenkauslegerböcke montierte man die 1945 vom RZA München entwickelte Bauart.

In den Bahnhöfen sah man grundsätzlich Leichtbau-Seitenhalter an Richtseil-Abstandösenklemmen unterschiedlicher Bauart vor. Beim Festpunkt im Querfeld ordnet man 2 obere Richtseile an.

Abgesehen vom Schwenkauslegerbock Bauart AEG und der gemeinsamen Nachspannung des Kettenwerks an einem Radspanner über eine Schwinge, entspricht die 1958 eingebaute Regelfahrleitung für 160 km/h der DR der Oberleitung Re 160 der DB (s. 11.3.1.), wie F. Wolf und W. Fiebig¹⁹⁶ belegen. Wegen der Verschmutzungsgefahr in der Nähe chemischer Industrie entwickelte die DR Stabisolatoren mit höherer Überschlagsspannung. Drei Jahre später notiert W. Fiebig¹⁹⁷ die Aufhängung des Stützrohres am Auslegerrohr.

Nach demselben Verfasser¹⁹⁸ steht zu jenem Zeitpunkt nur der Leichtmetall-Streckentrenner Bauart SSW¹⁹⁹ aus der Vorkriegszeit zur Verfügung. Später ersetzte die DR diese nach A. Meinel u. a.²⁰⁰ durch eine Bauart, die aus dem vom RZA München 1945 entwickelten Streckentrenner mit 2 Stabisolatoren²⁰¹ abgeleitet und nach H. Schnabel und W. Gerlach²⁰² bis 100 km/h befahrbar ist.

Während die DR an Bahnsteigen geerdete Ausleger mit geschnittenem Tragseil wie bei der DB anordnet, sieht sie seit Anfang der sechziger Jahre an Abspannmasten mit Radspannern geerdete Ausleger mit vorgesezter Isolation vor.

Notiert S. Altmann²⁰³ 1974 als Systemhöhe der Regelfahrleitung für 160 km/h der DR noch 1,80 m auf freier Strecke mit Rohrschwenkausleger und 2,15 m im Bahnhof mit Querseilaufhängung, geben A. Meinel u. a.²⁰⁴ 1980 hierfür einheitlich ein Maß von 1,40 m an. Weiter beträgt nach derselben Quelle, ebenso nach H. Schnabel und W. Gerlach²⁰⁵, die Regelfahrdrahthöhe der DR auf freier Strecke nunmehr 5500 mm, in Bahnhöfen 5750 mm.

Diese in der Literatur²⁰⁶ erstmals 1980 als "Re 2" bezeichnete Regelfahrleitung der DR für 160 km/h bildet seit etwa 1970 die Regelbauart bei der Elektrifizierung von Strecken mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von mehr als 100 km/h.

¹⁹⁶ DET, 6 (1958), S. 57 ff.

¹⁹⁷ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 38 ff.

¹⁹⁸ Ebenda, S. 107 ff.

¹⁹⁹ Zeichnung EzsN 88 Ausgabe vom Oktober 1939.

²⁰⁰ Elektrifizierung A - Z, Berlin ¹1981, unter "Streckentrenner".

²⁰¹ Zeichnung EzsN 204 Bl. 1 Ausgabe vom November 1945.

²⁰² Elektrischer Zugbetrieb, Berlin ¹1984, S. 39.

²⁰³ VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin ¹1975, S. 421.

²⁰⁴ Elektrifizierung A - Z. Berlin ¹1981, unter "Regelfahrleitung (Re)", "Fahrdrahthöhe".

²⁰⁵ Elektrischer Zugbetrieb, Berlin ¹1984, S. 36.

²⁰⁶ Elektrifizierung A - Z, Berlin ¹1981, unter "Regelfahrleitung (Re)".

Nach A. Meinel u. a.²⁰⁷ verwendet die DR zweigleisige Ausleger, wenn Einzelmastbauweise nicht möglich ist. Da die DRB bereits in den dreißiger Jahren Mehrgleisausleger entwickelt und eingebaut hatte (s. 6.3.), entspricht die Konstruktion der DR jener der bis 1975 von der DB eingebauten (s. 11.7.).

12.6.3. Regelfahrleitung für 75 km/h

1958 Leipzig Hbf

Z 12.6.3./1
Z 12.6.3./2

Die Regelfahrleitung für Fahrgeschwindigkeiten bis 75 km/h der DR mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdrabt entspricht der Regelfahrleitung für 75 km/h der DB (s. 11.3.5.) W. Fiebig²⁰⁸ stellt diese Bauart ausführlich dar. Während man beim Stützpunkt mit Rohrschwenkausleger in der Hauptfahrrichtung vor dem Stützpunkt einen Hänger mit 1 m Abstand einbaut, sieht man bei Querseilaufhängung beidseits des Stützpunkts je einen Hänger mit jeweils 2,5 m Abstand vom Stützpunkt vor.

Führt S. Altmann²⁰⁹ 1974 die Regelfahrleitungen der DR für 75 km/h, 120 km/h und 160 km/h noch auf, sprechen A. Meinel u. a.²¹⁰ 1980 nur noch von zwei Bauarten der Regelfahrleitung: für Geschwindigkeiten bis 100 km/h die Bauart Re 1, über 100 km/h die Bauart Re 2.

12.6.4. Regelfahrleitung für 100 km/h (Re 1)

1965 Zwickau - Freiberg (Sachsen)
1965 Blankenburg (Thür) - Königshütte (Harz)
(25 kV 50 Hz)
1966 Freiberg (Sachsen) - Dresden Hbf
1969 Dresden Hbf - Dresden-Neustadt

In Nachschlagewerken über die DR finden sich nur spärliche Hinweise auf diese Fahrleitungsbauart, so bei H. J. Kirsche und L. Meinung²¹¹. Da W. Rösel²¹² die Elektrifizierung der Rübelandbahn Blankenburg (Thür) - Königshütte (Harz) und F. Spranger²¹³ jene der Strecke Zwickau - Dres-

²⁰⁷ Elektrifizierung A - Z, Berlin ¹1981, unter "zweigleisiger Ausleger".

²⁰⁸ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 38 ff.

²⁰⁹ VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin ¹1975, S. 421.

²¹⁰ Elektrifizierung A - Z, Berlin ¹1981, unter "Regelfahrleitung (Re)".

²¹¹ Die Deutsche Reichsbahn von A bis Z, Berlin ¹1984, unter "Fahrleitung".

²¹² EP, 10 (1966), S. 7 ff.

²¹³ Der Modelleisenbahner, 15 (1966), S. 258 ff.

den näher beschreiben, sind hinreichend genaue Aussagen möglich.

Für die am Nordrand des Erzgebirges verlaufende Strecke Zwickau - Dresden mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit bis 100 km/h und der in den Harz führenden Rübelandbahn mit einer Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h verwendete man eine von der Regelfahrleitung für 75 km/h abgeleitete Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk. Auf der Strecke Zwickau - Dresden liegen alle Seitenhalter auf Zug. Während man hier in den Bahnhöfen bei Querseilaufhängung für die Hauptgleise Richtseil-Abstandösenklemmen verwendet, sieht man auf der Rübelandbahn und auf anderen Strecken im Querfeld eine der Regelfahrleitung für 75 km/h ähnliche Anordnung mit Stahlrohrseitenhaltern an Richtseilösenklemmen vor.

Während die Fahrleitung der Rübelandbahn konstruktiv unverändert vorhanden ist, wurde jene der Strecke Zwickau - Dresden auf den rascher befahrbaren Teilstrecken umgebaut: bei Stützpunkten mit Rohrschwenkausleger in die Bauart für 120 km/h, bei Querseilaufhängung in die Bauart für 160 km/h.

Die als Bauart Re 1 bezeichnete Regelfahrleitung für 100 km/h der DR weist in der seit 1970 ausgeführten Bauart sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof nachgespanntes Kettenwerk von 1,40 m Systemhöhe mit zum Stützpunkt symmetrischer Hängerteilung auf, um eine gleichmäßigere Elastizität zu erzielen. Auf freier Strecke entspricht die Fahrleitung Re 1 der DR grundsätzlich der Oberleitung Re 100 der DB (s. 11.3.3.). In Bahnhöfen ähnelt die Fahrleitung Re 1 der DR, abgesehen von der Systemhöhe, der 1960 verwirklichten Sonderbauart der BD Saarbrücken mit Stahlrohrseitenhaltern an Richtseilösenklemmen (s. 11.5.4.), teilweise verwendet man Leichtbau-Seitenhalter an querliegenden Richtseilösenklemmen. Ist die Streckentrennung grundsätzlich dreifeldrig angeordnet, notieren A. Meinel u. a.²¹⁴ zur Ausbildung der Nachspannung: "Die Nachspannung kann bis 100 km/h zweifeldrig sein, wird aber in der Regel dreifeldrig ausgeführt."

12.7. Einfach-Fahrleitungen

1984 Gößnitz - Glauchau-Schönbörnchen

1961 notiert W. Fiebig²¹⁵, daß Gleise mit einer Höchstgeschwindigkeit bis 30 km/h mit tragseilloser Fahrleitung ausgerüstet werden können, wobei bei Querseilaufhängung

²¹⁴ Elektrifizierung A - Z, Berlin ¹1981, unter "Nachspannung".

²¹⁵ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 55.

unter Umständen auf eines der beiden Richtseile verzichtet werden kann und nennt als Beispiele Ausfahrgruppen, Rangiergleise oder Anschlußgleise. 1974 legt S. Altmann²¹⁶ ausführlich die Berechnung von Einfachfahrleitungen dar. 1980 sprechen A. Meinel u. a.²¹⁷ von einer als Einfachfahrleitung bezeichneten tragseilarmen Fahrleitung von 40 bis 60 m Längsspannweite mit einem Durchhang von 20 bis 30 cm und einer Höchstgeschwindigkeit von 60 bis 70 km/h, die für Fahrleitungsnebengruppen in Bahnhöfen und den Nahverkehr vorgesehen ist.

W. Neubert und M. Semrau²¹⁸ stellen die Entwicklung einer Einfachfahrleitung als Regelbauweise bei der DR dar. Ausgehend von 1982 erarbeiteten Richtlinien für eine bis 80 km/h zu befahrende Einfachfahrleitung projektierte die DR die Fahrleitungsanlage der Strecke Gößnitz - Glauchau-Schönbörnchen; hierbei berücksichtigte man insbesondere die Technologie der SNCF (s. 14.8.5.).

Die DR sieht eine tragseilarme Fahrleitung mit einer Längsspannweite bis 75 m vor, wobei für den mit 13 kN nachgespannten Fahrdraht von 100 mm² eine Systemhöhe von 1,4 m, für den mit 10 kN gespannten Fahrdraht von 80 mm² eine solche von 650 mm vorgesehen ist; die Beiseillänge beträgt maximal 23 m. Wie die übrigen Fahrleitungsanlagen der DR ist auch diese Einfachfahrleitung für einen Nennkurzzeitstrom von 10 kA ausgelegt. Nachspannung und Streckentrennung sind dreifeldrig ausgebildet. Die Masten zwischen Gößnitz und Glauchau-Schönbörnchen sind so dimensioniert, daß die Einfachfahrleitung gegebenenfalls später durch eine Kettenfahrleitung ersetzt werden kann.

Die DR beabsichtigt, vorrangig Fahrleitungen für Nebengleise bzw. Überholungsgleise mit Einfachfahrleitung auszurüsten. G. Scholtis²¹⁹ spricht davon, daß bei der Vollbahnelektrifizierung der DR Stahl und Kupfer gespart und Spannbetonmasten und Betonpfähle verwendet und wo immer möglich nur Einfachfahrleitung für maximal 100 km/h eingesetzt werden soll.

Bei diesen Perspektiven darf man auf die langfristigen Erfahrungen der DR mit der Einfachfahrleitung gespannt sein, nachdem die DB mit der tragseilarmen Fahrleitung in Betriebsgleisen Probleme hatte (s. 10.2.2.) und Ch. Gourdon²²⁰ für die Einfachfahrleitung der SNCF feststellt, daß diese im Vergleich zur klassischen Kettenwerksfahrleitung wohl beim Bau etwa 15 Prozent billiger ist, ein häufig

²¹⁶ VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin 1975, S. 388 ff.

²¹⁷ Elektrifizierung A - Z, Berlin 1981, unter "Einfachfahrleitung".

²¹⁸ Schienenfahrzeuge, 28 (1984), S. 201 ff.

²¹⁹ GA, 109 (1985), S. 31.

²²⁰ LVDR Nr. 2105 vom 30. Juli 1987, S. 47.

notwendiger Fahrdrahtwechsel jedoch langfristig diese Einsparung aufwiegt. Besonders an den Beiseilklemmen für Fahrdraht und Seil ist die Fahrdrahtabnutzung so groß, daß die SNCF auf stärker belasteten Strecken etwa alle 8 Jahre den Fahrdraht erneuern muß.

12.8. Entwicklungsperspektiven

Wie bei anderen Eisenbahnverwaltungen wäre zunächst an eine Weiterentwicklung für höhere Geschwindigkeiten zu denken. 1963 fertigt B. Szepek²²¹ unter Auswertung der von P. Boissonnade und M. Dupont²²² beschriebenen Versuche der SNCF auf der Strecke Strasbourg - Mulhouse vom Jahre 1962 eine Diplomarbeit über das dynamische Verhalten von Fahrleitungen für hohe Geschwindigkeiten an. 1974 notiert S. Altmann²²³: "Für den elektrischen Bahnbetrieb in der DDR sind einfache Hochkettenfahrleitungen bis zu 200 km/h von Bedeutung." und bildet eine "Einfache Hochkettenwerkfahrleitung (Regelfahrleitung) für $v = 200$ km/h"²²⁴, weiter "Fahrleitungssysteme für $v = 160$ bis 225 km/h"²²⁵ ab. Angesichts der intensiven Rückverlagerung der Gütertransporte von der Straße auf die Schiene bei minimalem Energieverbrauch (s. 12.2.) ist an eine derartige Entwicklung bei der DR derzeit nicht zu denken. Während die Zeichnung der Regelfahrleitung für 200 km/h vermutlich einem im Literaturverzeichnis von S. Altmann nicht aufgeführten Aufsatz von A. Hinkelbein²²⁶ über die Weiterentwicklung der Regelfahrleitung der DB entnommen ist, entstammen die anderen Zeichnungen vermutlich einer ebenfalls nicht genannten Arbeit von H. Ebeling²²⁷.

Vielmehr konzentriert sich die Entwicklungsarbeit der DR nach S. Altmann²²⁸ und H. Schlobach²²⁹ auf eine rationelle Projektierung von Fahrleitungsanlagen durch eine mathematische Durchdringung der Zusammenhänge und den Einsatz von Rechnern, nach P. Häse²³⁰ auf eine Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit der Baugruppen von Kettenwerkfahrleitungen und schließlich auf ein höheres Tempo der Streckenelektrifizierungen durch Anwendung neuer Technologien:

²²¹ DET, 14 (1966), S. 428 ff.

²²² EB, 33 (1962), S. 125 ff.; RGCF, 81 (1962), S. 369 ff.

²²³ VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin ¹1975, S. 423.

²²⁴ Ebenda, S. 421, Bild 7.45b.

²²⁵ Ebenda, Tafel 7.11.

²²⁶ DB, 42 (1968), S. 683, Bild 2.

²²⁷ EB, 40 (1969), S. 30 f.

²²⁸ DET, 15 (1967), S. 28 ff.; DET, 18 (1970), S. 583 ff.; VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin ¹1975, S. 367 ff.

²²⁹ DET, 29 (1981), S. 148 ff.

²³⁰ DET, 27 (1979), S. 469 f.

K. Fleischhauer²³¹ notiert neue Gründungsverfahren, E. Drechsel²³² den Einsatz von Hubschraubern im Fahrleitungsbau. K. Fleischhauer und H. Bittkau²³³ sprechen von "effektiven Technologien" zur Beschleunigung der Streckenelektrifizierung der DR, schließlich formuliert W. Wirth²³⁴: "Beschleunigung des Tempos der Elektrifizierung bei der DR durch den wissenschaftlich-technischen Fortschritt."

Aussagen in Publikationen zum Jubiläum "150 Jahre deutsche Eisenbahnen" zeigen weitere Perspektiven auf. Die Jubiläumsausgabe 1985 des Kursbuchs der DR²³⁵ notiert zur Wiederaufnahme der elektrischen Zugförderung: "1. September 1955 - Am 10. Jahrestag der Übergabe der Eisenbahn in Volkes Hand wird auf der Strecke Halle - Köthen der planmäßige elektrische Zugbetrieb aufgenommen." W. Garkisch und H. Groth²³⁶ halten den Text einer 1984 enthüllten Erinnerungstafel fest: "Hier übergaben am 2. Juni 1984 die an der Elektrifizierung von Eisenbahnstrecken beteiligten Arbeitskollektive den 500. Kilometer elektrifizierter Strecke seit dem X. Parteitag der SED an die Deutsche Reichsbahn." L. Schultz u. a.²³⁷ beziehen sich in einer Elektrifizierungsfestschrift ausdrücklich auf das Eisenbahnjubiläum und schreiben im Vorwort: "40 Jahre Eisenbahn in Volkeshand. Nach der Zerschlagung des Faschismus setzt eine neue politische Entwicklungsetappe in einem Teil Deutschlands ein und jetzt zum 19. Mai 1985, vor dem Beginn des neuen Jahresfahrplanes, ist der elektrische Zugbetrieb nach Rostock eröffnet worden. Hinter all diesen Daten verbirgt sich ein großer Teil der Dynamik unseres Lebens. Die progressive Entwicklung seit 1945 fordert uns heraus, auf der Kenntnis der Technikgeschichte aufbauend unsere Gegenwart zu gestalten und die Zukunft zu formen."

Schließlich sehen E. Rehbein u. a.²³⁸ die Elektrifizierung der DR als Produktivitäts- und Wachstumsfaktor der Volkswirtschaft und als Beitrag der DR zur erfolgreichen Entwicklung des Sozialismus: "Über 1985 hinaus ist die Erweiterung der elektrischen Zugförderung unverändert die zentrale und wichtigste Rationalisierungsmaßnahme im Eisenbahntransport. In einem langfristigen Programm ist für alle wichtigen Hauptstrecken die Elektrifizierung vorgese-

²³¹ DET, 29 (1981), S. 189 ff.

²³² DET, 25 (1977), S. 241 ff.

²³³ DET, 30 (1982), S. 231 ff.

²³⁴ DET, 30 (1982), S. 465 ff.

²³⁵ Kursbuch der Deutschen Reichsbahn. Binnenverkehr. Jahresfahrplan 1985/86, S. B 84.

²³⁶ Die Deutsche Reichsbahn von 1945 bis 1985, Berlin ¹1985, S. 437 f.

²³⁷ Elektrisch nach Rostock. Eisenbahnjubiläumsjahr 1985, Rostock 1985, S. 1.

²³⁸ Deutsche Eisenbahnen 1835-1985, Berlin ¹1985, S. 281 ff.

hen ... Das Tempo der Elektrifizierung wird maßgeblich bestimmt durch die weitere Einführung rationeller Bau- und Montagetechnologien, entsprechender Mastgründungsverfahren und durch den Einsatz moderner Maschinen und Geräte. Dabei wird die Verwendung kupfersparender Fahrleitungskonstruktionen die hohen Materialkosten vermindern. Schrittweise geht die Deutsche Reichsbahn außerdem dazu über, mit Einfachfahrleitungen die Rangiergleise der Bahnhöfe sowie Nebenbahnen in das elektrifizierte Netz einzubeziehen."

13. Fahrleitungsbauarten in Österreich

13.1. Rechtliche und organisatorische Grundlagen

13.1.1. Eisenbahnverwaltungen

A. Horn u. a.¹ und M. Schantl² stellen die geschichtliche Entwicklung österreichischer Eisenbahnverwaltungen in Grundzügen dar.

Von 1884 bis zum Ende des Ersten Weltkrieges besorgten die kaiserlich-königlichen österreichischen Staatsbahnen (kkStB) den Betrieb auf den meisten Strecken der österreichischen Reichshälfte. Als bedeutende Privatbahn betrieb die k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft insbesondere die Strecken Wien - Graz - Laibach - Triest und Kufstein - Bozen - Ala.

Ende 1918 traten zunächst die Deutschösterreichischen Staatsbahnen (DÖStB) an die Stelle der kkStB, ein Jahr später folgten die Österreichischen Staatsbahnen (ÖStB). Schließlich wurden 1921 die Österreichischen Bundesbahnen (BBÖ) zur Verwaltung der ehemaligen kkStB-Linien auf dem Territorium der Ersten Republik errichtet und zwei Jahre später in einen selbständigen Wirtschaftskörper, frei von politischer Einflußnahme, umgewandelt. Nach dem Vertrag von Rom des gleichen Jahres übernahm die Republik Österreich 1924 den Betrieb der auf ihrem Gebiet gelegenen Linien der vormaligen Südbahn-Gesellschaft.

Mit der Eingliederung Österreichs in das Deutsche Reich im Jahre 1938 verloren die BBÖ ihre Selbständigkeit und gingen in der Deutschen Reichsbahn auf. Anstelle der straffen zentralen Verwaltung der BBÖ trat die dezentrale Organisation der DRB, wobei viele Kompetenzen auf die Direktionen übergingen und die Ämterebene neu geschaffen wurde.

Nach der Wiederherstellung eines unabhängigen Österreich im Jahre 1945 bildete die Zweite Republik zunächst die Österreichischen Staatseisenbahnen (ÖStB), zwei Jahre später die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB).

13.1.2. Organisationsstruktur

Im Jahre 1977 stellen die ÖBB die Organisation des elektrotechnischen Dienstes dar.³ Auf der Ebene der Generaldirektion (GD) der ÖBB in Wien vereinigte man am 1.02.1985 die bisherige Elektrotechnische Direktion (GD-VIII) mit der Baudirektion (GD-VI) zu einer Bau- und Elektrotechnischen Direktion (GD-VI). Diese trifft die Grundsatzent-

¹ ÖBB Handbuch Ausgabe 1981, Wien 1981, S. 3 ff.

² JdE, 6 (1955), S. 29 ff.

³ ÖBB, (1977), Heft 10, S. 9 ff.

scheidungen und legt die Investitionen und damit die Planungen fest. Dort befaßt sich das Arbeitsgebiet VI/7 "Elektrobetriebsdienst" unter anderem mit dem Bau und Unterhalt der Fahrleitungen und Unterwerke. Das Arbeitsgebiet VI/8 ist für die Energieversorgung (Kraftwerke und Übertragungsleitungen) verantwortlich.

Die Kraftwerk-Zentralstelle (KWZ) in Innsbruck führt die Betriebsführung und Erhaltung der Energieversorgungsanlagen (Kraftwerke und Umformerwerke) und bestimmter Komponenten der Unterwerke (Großumspanner, Schutztechnik, Informationssystem des Lastverteilers) durch. Die einzelnen Aufgabengebiete sind wie folgt verteilt:

- Arbeitsgebiet 1 "Verwaltung"
- Arbeitsgebiet 2 "Lastverteilung und Netzbetriebsführung"
- Arbeitsgebiet 3 "Erhaltung der Kraft- und Umformerwerke"
- Arbeitsgebiet 4 "Elektrotechnische Untersuchungen"

Letztere betreffen Hochspannungstechnik und Beeinflussungsfragen, Isolierstoffprüfungen, Messungen an Generatoren und Umformern, Instrumenteneichungen und Fahrleitungsmessungen.

Die Kraftwerksleitung (KWL) in Innsbruck besorgt als ausführende Dienststelle der KWZ Betrieb und Unterhalt der Kraft- und Umformerwerke.

Am Sitz jeder der vier Bundesbahndirektionen Wien, Linz Innsbruck und Villach befindet sich innerhalb der Bau- und Elektrotechnischen Abteilung (II) ein Arbeitsgebietsleiter Elektrotechnik mit technischen Fachbeamten für elektrotechnische, sicherungstechnische und fernmeldetechnische Angelegenheiten.

Als ausführender Dienst besteht an jedem Direktionssitz eine Elektrostreckenleitung (ELS), die den Betrieb der Bahnstromleitungen, Unterwerke, Fahrleitungen und Licht- und Kraftstromanlagen durchführt. Den Unterhalt der Bahnstrom- und Fahrleitungsanlagen, weiter der noch nicht genannten Komponenten der Unterwerke, führt die Fahrleitungsmeisterei (FLM), jenen der Licht- und Kraftstromanlagen die Elektromeisterei (ELM) durch. Jeder ELS ist eine Elektrozentralwerkstätte (EZW) für zentralisierte Werkstattarbeiten mit einem Fahrleitungs-Bauzug für größere Umbauvorhaben, die die Arbeitskapazität einer FLM übersteigen, unterstellt. Die EZW ist normal am Sitz der ELS untergebracht, nur bei der ELS Linz in Salzburg.

Schließlich bestehen für Großbauvorhaben der ÖBB zwei Elektrobauleitungen in Wien und Uttendorf, die der Bau- und Elektrotechnischen Direktion unmittelbar unterstellt sind, mit örtlichen Bauleitungen.

13.1.3. Internationale Vereinbarungen, Verträge und Gesetze

Eine Verordnung des Bundesministeriums für Verkehrswesen vom 26.06.1922 legt fest:⁴

§ 1 Bei Einführung der elektrischen Zugförderung auf den bisher mit Dampf betriebenen Hauptbahnen (...) ist ausschließlich das Oberleitungssystem mit einer Fahrdrachtspannung von 15000 V im Mittel und einphasiger Wechselstrom von $16 \frac{2}{3}$ Perioden in der Sekunde anzuwenden.

§ 2 Bei Einführung der elektrischen Zugförderung auf den bisher mit Dampf betriebenen Eisenbahnen niederer Ordnung sowie auf den Linien der Wiener Stadtbahn wird das Stromsystem von Fall zu Fall vom Bundesministerium für Verkehrswesen bestimmt.

Damit schreibt die Erste Republik für die Elektrifizierung von Hauptbahnen in Österreich die im "Übereinkommen betreffend die Ausführung elektrischer Zugförderung" der Länder Baden, Bayern und Preußen von 1912/13 (s. 2.1.3.) niedergelegten physikalischen Größen auch für den Staatsbereich der Republik Österreich vor.

Ein Dienstbehelf der ÖBB⁵ nennt 1974 für deren Fahrleitungsanlagen folgende gesetzlichen Bestimmungen: das Eisenbahngesetz vom 13.02.1957, die vom Bundesministerium für Verkehr und Elektrizitätswirtschaft erstellten Bauentwurfs-Richtlinien und die vom Bundesministerium für Bauten und Technik empfohlenen Bestimmungen des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik ÖVE-L 11 "Errichtung von Starkstromfreileitungen über 1 kV" und ÖVE-T1 "Bestimmungen für den Betrieb von Wechselstrombahnen".

13.1.4. Vorschriften und Richtlinien

Zur Entstehung der den elektrischen Zugbetrieb betreffenden Vorschriften der BBÖ notiert H. Luithlen⁶: "Die Mitarbeit im Vereine Deutscher Eisenbahnverwaltungen und im Internationalen Eisenbahnverband ermöglicht es, bei der Neubearbeitung der bestehenden bzw. Aufstellung neuer technischer Vereinbarungen einerseits den österreichischen Verhältnissen Berücksichtigung zu verschaffen, andererseits die in Entstehung befindlichen Bestimmungen soweit als möglich schon beim Bau zu berücksichtigen. Durch das Entgegenkommen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft konnten Vertreter der Elektrisierungsdirektion an den Beratungen betreffend die Vorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über die Ausführung der Fahrleitungen teil-

⁴ EuM, 40 (1922), S. 360.

⁵ DB 925, Ausgabe 1974, S. 31 f.

⁶ Organ, 82 (1927), S. 492.

nehmen und so die Entwicklung dieser Vorschriften mitmachen. Viele dort verankerte Grundsätze haben denn auch auf den Österreichischen Bundesbahnen Geltung erhalten, doch sind diese in mancher Beziehung auch wieder eigene Wege gegangen ..."

Diese österreichischen Vorschriften sind im Original nicht mehr vorhanden, doch stellt derselbe Verfasser⁷ an Hand der deutschen Vorschriften die Unterschiede heraus (s. 13.6.1.). Dafür sind aus der Vorkriegszeit Exemplare der "Bedienungsvorschrift für die Leitungsanlagen der elektrisch betriebenen Hauptbahnen (ausgenommen die Strecke Stainach-Irdning - Attnang-Puchheim) und der Mittenwaldbahn"⁸ und der "Bedienungsvorschrift für die Leitungsanlagen der Strecke Stainach-Irdning - Attnang-Puchheim"⁹ bei Dienststellen der ÖBB erhalten geblieben.

Der Dienstbehelf DB 925 "Die Fahrleitungen der Österreichischen Bundesbahnen - Entwicklung und Grundlagen" gibt eine grundlegende Einführung. Im Bedingnisheft BH 939 A "Allgemeine technische Bestimmungen für die Ausführung der ÖBB-Einheitsfahrleitung" ist deren allgemeiner Aufbau beschrieben. Darüber hinausgehende Festlegungen der örtlichen Besonderheiten und weitergehender technischer Einzelheiten sind für jede Strecke den besonderen technischen Bestimmungen BH 939 B mit fortlaufenden Nummern zu entnehmen. Planungsrichtlinien für die Fahrleitungsanlagen der ÖBB liefert der dreiteilige Dienstbehelf DB 926. Die für die Fahrleitungstragwerke anzunehmenden Belastungen und Mastbauformen sind dem Dienstbehelf DB 921 "Fahrleitungsmaste der Österreichischen Bundesbahnen" zu entnehmen. Die Weiterentwicklung des Fahrleitungsbaus ist aus dem bisher nur im Entwurf vorliegenden Dienstbehelf DB 922 "Maßnahmen an Fahrleitungen der ÖBB zur Erhöhung der zulässigen Fahrgeschwindigkeit auf 200 km/h" zu ersehen.

An Dienstvorschriften seien genannt: El 42 "Dienstvorschrift über Schutzvorkehrungen bei Hochspannungsanlagen", El 43 "Dienstvorschrift für Schutzerdungen bei Fahr- und Übertragungsleitungen von Einphasenwechselstrombahnen" und EL 52 "Elektrobetriebsvorschrift".

13.1.5. Klassifizierung von Zeichnungen

Die ÖBB erstellen Regelpläne des elektrotechnischen Dienstes (RPL Nr. ...), wovon ein Teil 1974 als Beilage zu DB 925/926/927 herausgegeben wurde, und Sonstige Planungsbeihilfe als Zeichnungen der Bau- und Elektrotechnischen Direktion (ED Nr. ...). Die ÖBB unterscheiden hierbei Ein-

⁷ EB, 3 (1927), S. 179 ff.

⁸ SB 30, gültig ab 1. Jänner 1934.

⁹ SB 35, gültig ab 1. Juli 1932.

zelteile und Übersichtszeichnungen, früher Einzelteile und Zusammenstellungszeichnungen.

Eine Übersicht über die für die ÖBB-Einheitsfahrleitung geltenden Regelzeichnungen gibt der Dienstbehelf DB 945 "Ausführungszeichnungen über die ÖBB-Einheitsfahrleitung" Stand 1963 bzw. 1977 in verkleinertem Maßstab; 1988 veröffentlichte man eine Neufassung. 1936 erschienen diese als Dienstvorschrift SB-54, 1950 als Dienstvorschrift El 45, letztere mit mehreren Ergänzungen.

Während die im Archiv der ELS Innsbruck vorhandenen Originalzeichnungen der Einheitsfahrleitung der BBÖ jeweils meist das Pausdatum nennen, notieren die einzelnen Handausgaben verkleinerter Zeichnungen nur das Ausgabejahr des betreffenden Bandes.

13.2. Entwicklung der Höchstgeschwindigkeit

R. Jaworski¹⁰ stellt für Österreich folgende Streckenhöchstgeschwindigkeiten fest: 1894 bis 1950 100 km/h, 1950 bis 1969 120 km/h, seit 1969 140 km/h. F. Pröll¹¹ notiert: "Etwa um 1900 wurde die Geschwindigkeit auf 100 km/h ... gesteigert, 1950 wurde die Streckenhöchstgeschwindigkeit auf 120 km/h ... angehoben, seit 1970 werden besonders bezeichnete Strecken mit 140 km/h befahren."

1913 schreiben Bosshardt und Sanzin¹² für Österreich: "Im allgemeinen beträgt die Grundgeschwindigkeit auf den Hauptbahnen bei Schnellzügen 80 - 90 km/h ..." Nach Mitteilung von O. Janusz ergeben sich für Österreich folgende Daten: bis 1914 90 km/h, bis 1939 100 km/h. Von 1939 bis 1945 gelten die reduzierten Höchstgeschwindigkeiten der DRB (s. 2.2.). 1952 wurde für die Diesel-Schnelltriebzüge Wien - Graz 110 km/h zugelassen. Mit Inbetriebnahme leistungsfähiger Elektrolokomotiven Mitte der fünfziger Jahre führte man diese Höchstgeschwindigkeit allgemein ein. Nach J. Rank¹³ fuhr der 1958 eingeführte Triebwagenschnellzug "Transalpin" erstmalig in Österreich im regulären Betrieb mit 120 km/h. Die allgemeine Anhebung des Geschwindigkeitsniveaus auf 120 km/h erfolgte zum Sommerfahrplan 1959. Seit Sommerfahrplan 1969 fahren die ÖBB zwischen Wien und Salzburg mit einer Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h, von 1970 an auch zwischen Kufstein und Innsbruck.¹⁴ Nachdem 1975 die Südbahn von Wien nach Graz für 140 km/h zugelassen wurde, bauen die ÖBB seither auch andere Hauptstrecken für diesen Wert aus. Seit Sommerfahrplan 1988

¹⁰ ebt, 12 (1977), S. 67.

¹¹ ebt, 13 (1978), S. 3.

¹² Röll (Hg.), Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, Bd. 4, Berlin und Wien 1913, unter "Fahrgeschwindigkeit".

¹³ ebt, 8 (1973), S. 42.

¹⁴ ÖBB, (1971), Heft 8, S. 39 f.

fahren die ÖBB mit 150 km/h. 1981 nennt R. Jaworski¹⁵ für geplante Ausbaustrecken der ÖBB eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h, für Neubaustrecken der Westbahn 200 km/h.

13.3. Stromabnehmer-Bauarten

Nach E. E. Seefehlner¹⁶ hatten die 1904 in Betrieb genommenen elektrischen Triebwagen der Stubaitalbahn umklappbare Schleifbügel-Stromabnehmer (Lyra-Stromabnehmer). H. Luithlen¹⁷ stellt dar, daß die Lokomotiven der 1911 elektrifizierten schmalspurigen Mariazellerbahn eine Sonderkonstruktion erhielten, um die großen Unterschiede der Fahrdrathöhen (5,5 m auf freier Strecke, 3,7 m in den Tunnels) bewältigen zu können. Für die Elektrolokomotiven der 1912 eröffneten Mittenwaldbahn sah man nach E. E. Seefehlner und F. Popp¹⁸ im Hinblick auf die leichte Fahrleitung und die vielen Tunnels zwei Bügelstromabnehmer mit Doppelschleifstücken vor, von denen jeweils der in Fahrtrichtung hintere am Fahrdraht lag. F. Stein¹⁹ veröffentlicht eine Typenskizze dieser bei den BBÖ als Baureihe 1060 bezeichneten Elektrolokomotive, wonach sich eine Stromabnehmerbreite von etwa 1800 mm ergibt. E. E. Seefehlner²⁰ stellt bei einer Beschreibung der 1914 eröffneten elektrischen Bahn Wien - Preßburg dar, daß die Wechselstromlokomotiven der Fernstrecke überbreite Scherenstromabnehmer erhielten; nach Abbildungen muß die Stromabnehmerbreite etwa 2500 mm betragen haben.

Nach P. Dittes²¹ waren im Arlbergtunnel die Profile "fast durchwegs sehr knapp", weshalb man für alle elektrischen Triebfahrzeuge der Arlbergbahn Doppelstromabnehmer vorsah: nach R. Meixner²² einen 1740 mm breiten Bügel für die im Zickzack von ± 500 mm verlegte Fahrleitung außerhalb von Tunnels und einen solchen von 1280 mm Breite für Tunnelabschnitte mit einem Fahrdratzickzack von ± 250 mm. Als höchste Fahrdrathöhe für den breiten Stromabnehmer sah man 6300 mm über SO vor, für den schmalen Bügel 5300 mm über SO, als tiefste Fahrdrathöhe jeweils 4800 mm über SO. Die normale Fahrdrathöhe beträgt 5750 mm über SO, die Ruhelage beider Stromabnehmer 4550 mm über SO. C. Wlach²³ und P. Dittes²⁴ veröffentlichen Typenskizzen, wonach zu-

¹⁵ ETR, 30 (1981), S. 871 ff.

¹⁶ EKB, 3 (1905), S. 672 ff., 693 ff.

¹⁷ EuM, 54 (1936), S. 485 ff.; EB, 13 (1937), S. 136 ff.

¹⁸ EuM, 31 (1913), S. 381 ff.; s. auch EKB, 11 (1913), S. 137 f.

¹⁹ ETZ, 33 (1912), S. 429, Abb. 11.

²⁰ EKB, 12 (1914), S. 553 ff., 565 ff., 577 ff.;

EuM, 32 (1914), S. 813 ff., 830 ff.

²¹ EuM, 39 (1921), S. 191.

²² EuM, 42 (1924), S. 546.

²³ ETZ, 42 (1921), S. 508 f., Abb. 4 ff.

²⁴ EuM, 39 (1921), S. 195, Abb. 22 f.

nächst zwischen die beiden normalen Scherenstromabnehmer als Sonderbauart ein solcher für Tunnelstrecken auf dem Lokomotivdach montiert werden sollte. Lokomotivbeschreibungen schildern die verwirklichte Bauart mit zwei ineinander gebauten Stromabnehmern.

Um einen raschen Überblick auf die Stromabnehmer-Bauarten der BBÖ bzw. ÖBB zu ermöglichen, sei auch hier entsprechend dem Merkbuch elektrischer Triebfahrzeuge der DRB von 1941²⁵, Unterlagen der ÖBB und sonstiger Literatur dargestellt, welche Reihen ursprünglich mit den einzelnen Stromabnehmer-Bauarten ausgerüstet waren. Ein Stromabnehmer-tausch ist nur in besonderen Fällen notiert.

AEGU

BBÖ 1029.

R. Meixner²⁶ notiert bei der Beschreibung der Reihe 1029 der BBÖ zu den Stromabnehmern, daß man innerhalb jedes Scherenstromabnehmers normaler Breite je einen schmalen Hilfsbügel vorsah, die mittels Umstellen von 2 Hebeln vom Führertisch aus unabhängig voneinander mit Druckluft zu betätigen waren.

ÖBBW

BBÖ 1100.

B. van Nes²⁷ stellt den Aufbau der Reihe 1100 der BBÖ dar. Auch hier ist innerhalb jedes Scherenstromabnehmers normaler Breite jeweils ein schmaler Hilfsbügel montiert, wobei die tiefe Fahrdrähtlage bei Einfahrt in einen Tunnel über eine Stromabnehmer-Automatik den Übergang vom Hauptstromabnehmer auf den Hilfsbügel verwirklicht, bei der Tunnelausfahrt entsprechend umgekehrt.

ÖSSW 1

BBÖ 1470, 1570, 1080.

F 13.3./1 Entgegen der Beschreibung der Reihe 1570 durch H. Fürst²⁸ erhielt diese keinen Doppelscheren-Stromabnehmer im eigentlichen Sinn. P. Dittes²⁹ notiert für die Stromabnehmer der Reihe 1080, daß auf einer gemeinsamen Unterschere ineinander zwei Oberscheren mit besonderen Gelenklagerungen und verschiedenen Abmessungen aufgebaut sind. Bei einer

²⁵ DV 939c. Merkbuch für die Fahrzeuge der Reichsbahn. III. Elektrische Lokomotiven, Elektrische Trieb-, Steuer- und Beiwagen. Ausgabe 1941.

²⁶ EuM, 42 (1924), S. 541 ff.

²⁷ EuM, 41 (1923), S. 361 ff.

²⁸ EuM, 46 (1928), S. 321 ff.

²⁹ ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 111 f.

Fahrdrahthöhe von etwa 5100 mm über SO liegen beide Bügel am Fahrdrabt, bei höheren Lagen nur der breite, bei niedrigeren Lagen allein der schmale.

ÖSSW 2

BBÖ 1100.100, 1170, 1180.100, 1280.

F. X. Saurau³⁰ beschreibt diesen Doppelscheren-Stromabnehmer, ordnet ihn jedoch irrtümlich der Reihe 1080 zu. Die beiden unterschiedlich breiten Scherensysteme sind starr gekuppelt auf zwei gemeinsamen Antriebswellen angeordnet und in den Abmessungen so gehalten, daß das Senken des schmaleren Bügels im Verhältnis zum breiten langsamer erfolgt. Bei einer Fahrdrahthöhe von 5250 mm über SO liegen beide Bügel am Fahrdrabt. Nach L. Mandich³¹ sollten 10 Lokomotiven der Reihe 1170 mit Vakuumbremung ebenfalls diesen Doppelscheren-Stromabnehmer erhalten, die übrigen einen normalen Scherenstromabnehmer mit breiterem Schleifstück "nach der zur Zeit der Bestellung normalisierten Bauart der Österreichischen Bundesbahnen". F 13.3./2

Nach H. Luithlen³² zeigte es sich, daß bei den beengten Raumverhältnissen des 10,3 km langen Arlbergtunnels schon kleine Änderungen der Gleislage zum Streifen der Stromabnehmer an den Fahrleitungskonstruktionen, insbesondere an den Isolatoren, führen. Dies versuchte man durch eine geringe Absenkung des Fahrdrabtes und durch fortdauernde Nachregelungen zu verhindern. Weiter läßt der Sinnzusammenhang vermuten, daß es beim gleichzeitigen raschen Aufsteigen der Stromabnehmer beim Stromabnehmerwechsel zu Überschlügen zu Jochen und anderen Konstruktionen kam. R. Lorenz³³ teilt in einem Rückblick auf den elektrischen Zugbetrieb auf der Arlbergbahn mit, daß Profilerweiterungsarbeiten im Arlbergtunnel den Verzicht auf die schmalen Hilfsbügel ermöglichten, wodurch sich der Aufbau der Stromabnehmer der Elektrolokomotiven der Arlbergbahn wesentlich vereinfachen ließ.

W. Breyer³⁴ und E. Pawelka³⁵ beschreiben die Einheitsstromabnehmer der Österreichischen Bundesbahnen. Nach dem Merkbuch für die Fahrzeuge der Reichsbahn von 1941³⁶ sind

³⁰ Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen unter besonderer Berücksichtigung Österreichs, Wien 1927, S. 89.

³¹ EuM, 46 (1928), S. 1153 ff.

³² ETZ, 48 (1927), S. 1217 f.

³³ EuM, 51 (1933), S. 553 ff.

³⁴ EB, 25 (1954), S. 265 ff., 303 ff.

³⁵ Siemens Technische Berichte, 4 (1952), Heft 1, Sonderdruck.

³⁶ DV 939c. Merkbuch für die Fahrzeuge der Reichsbahn. III. Elektrische Lokomotiven, Elektrische Trieb-, Steuer- und Beiwagen. Ausgabe 1941.

den Einheitsstromabnehmern der BBÖ folgende Merkmale gemeinsam: Der Winkeleisenrahmen ist über längs liegende Rillenisolatoren doppelt gegen das Fahrzeugdach isoliert, der Hub-Senk-Mechanismus ist am Stromabnehmerrahmen montiert. Die 1746 mm breite Wippe weist ein 1200 mm langes Aluminiumschleifstück für eine maximale Fahrdrachtauslenkung von 450 mm auf. Die tiefste Fahrdrachtlage beträgt 4800 mm über SO.

Bauart I

BBÖ 1170.100, 1670, 1670.100; ET 10.

Während es für die Reihen 1670 und 1670.100 in der älteren Literatur keine ausführliche Beschreibung gibt, geht E. R. Kaan³⁷ bei der Darstellung des Triebwagens ET 10 nicht auf die Stromabnehmer ein. Dieser erste Einheitsstromabnehmer der BBÖ entspricht in den meisten Maßen dem Stromabnehmer ÖSSW 2 mit breiter Schere. Charakteristisch ist die Verstrebung der Holmen der Oberschere.

Bauart II

BBÖ 1170.200; ET 11, ET 30.

Über die Prototypen der Reihe 1170.200 der BBÖ schreibt W. Orel³⁸, daß die Stromabnehmer als normalisierte Konstruktionen von früheren Bauarten übernommen werden. Derselbe Verfasser³⁹ spricht bei der Darstellung des elektrischen Teils des ET 11 von der "Verwendung bewährter Konstruktionsteile". Tatsächlich unterscheidet sich die Bauart II von der Vorgängerbauart nur in wenigen Details, so in der Breite der Unterschere oder den Hubfedern. Das Merkbuch für die Fahrzeuge der Reichsbahn 1941 weist darauf hin, daß die BBÖ die vorhandenen überbreiten Stromabnehmer der Wechselstromlokomotiven der Preßburgerbahn durch solche der Bauart II mit 2100 mm breiter Wippe mit Fischerplatte Bauart Goldeband ersetzte.

Bauart III

BBÖ 1170.200, 1870 (DRB E 18.2)

J. Teichtmeister⁴⁰ weist kurz auf die Stromabnehmer der Serienlokomotiven der Reihe 1170.200 hin; die elektrische Ausrüstung der Schnellzuglokomotiven der Reihe 1870 stellt die ältere Literatur nicht dar. Nach E. Pawelka⁴¹ führte man bei der Einheitsbauart III die Hohlwellen drillsteif

³⁷ EB, 6 (1930), S. 329 ff.

³⁸ EuM, 53 (1935), S. 277 ff.

³⁹ EB, 13 (1937), S. 272 ff.

⁴⁰ EB, 17 (1941), S. 207 ff.

⁴¹ Siemens Technische Berichte, 4 (1952), Heft 1, Sonderdruck.

und leicht aus. In den oberen Scherenteilen ist je eine Diagonale angeordnet, um das leichte Spielen der Gelenke durch Ungenauigkeiten in der Ausführung weniger zu beeinträchtigen.

Nach dem Merkbuch für die Fahrzeuge der Reichsbahn von 1941 beabsichtigte die DRB, bei der Umstellung von Aluminium- auf Kohleschleifleisten anstelle der vorhandenen 1746 mm breiten BBÖ-Wippe die 1950 mm breite Reichswippe aufzubauen. Tatsächlich ersetzte man meist nur das 1200 mm lange Aluminiumschleifstück durch ein Kohleschleifstück von 1300 mm Länge. Die während der Reichsbahnzeit dem österreichischen Netz zugewiesenen Lokomotiven der Baureihe E 94 hatten Stromabnehmer SBS 38 und SBS 39 (siehe 2.3.). Nach Betriebsaufnahmen tauschte man die HISE-Stromabnehmer der in Österreich gebliebenen E 18 42 zwischen 1946 und 1953 gegen solche der Bauart III.

Bauart IV

ÖBB 1040, 1041, 1062.

Neben der genannten Literatur über die Einheitsstromabnehmer der Österreichischen Bundesbahnen gehen H. Lenk⁴² und W. Breyer⁴³ in Beschreibungen der Reihen 1040 und 1041 auf diese Bauart ein. Ausgehend vom Stromabnehmer des Typs 350/1 der SBB (s. 14.3.) und grundsätzlichen Überlegungen von J. Göttinger⁴⁴ über Scherenstromabnehmer für hohe Fahrgeschwindigkeiten verwirklichte ÖSSW für die ersten Nachkriegslokomotiven den Scherenstromabnehmer WVSS 51 mit folgenden Konstruktionsmerkmalen: Stützisolatoren tragen den einfach gestalteten Grundrahmen mit der nur mehr auf einer Seite abgestrebten leichten und statisch bestimmten Schere, wobei man an der bisherigen Scherengestellbreite von 1500 mm festhielt, um eine hinreichende Seitensteifigkeit sicherzustellen. Der Antrieb erfolgt elektropneumatisch über einen Drehisolator. Um das Fahren mit nur einem angehobenen Stromabnehmer zu ermöglichen, lagerte man die beiden 1000 mm langen Kohleschleifstücke mit einem Krümmungsradius von 3,5 m im Abstand von 220 mm in einer Palette auf einer 1950 mm breiten Wippe. In den fünfziger Jahren ersetzte man bei den Reihen 1018 und 1118 (DRB E 18.2 und E 18) die Bauart III durch die Bauart IV. z 13.3./1

Bauart V

ÖBB 1010, 1110, 1141, 1042, 1050, 1067; 4030, 4030.100, 4030.200, 4130, 4061.

⁴² ELIN, 5 (1953), S. 59 ff.

⁴³ EB, 23 (1952), S. 269 ff., 301 ff.

⁴⁴ EB, 24 (1953), S. 36 ff.

Z 13.3./2

Im Rahmen einer Beschreibung der Reihe 1010 geht J. Wallner⁴⁵ ausführlich auf diesen Stromabnehmer ein; W. Schammann⁴⁶ bei der Darstellung der Reihe 1141 und R. Rotter⁴⁷ bei der Vorstellung einer neuen Typenreihe elektrischer Triebwagen der ÖBB jeweils kurz. Bei prinzipiell gleichem Aufbau wie bei der Bauart IV verringerte man beim ÖSSW-Stromabnehmer WVSS 54 die Scherengestellbreite auf 1230 mm, um der Wirkung des seitlich an der Wand des Triebfahrzeugs aufsteigenden Fahrtwindes zu entgehen und eine einfachere Konstruktion in der Lagerung der Palette zu erreichen. Den Schleifstückabstand vergrößerte man auf 360 mm. Der elektrische Schnelltriebwagen Reihe 4130 erhielt den Stromabnehmer Va zur Aufnahme einer 1320 mm breiten Doppelwippe für SBB-Strecken. Mitte der sechziger Jahre montierte man bei den Reihen 1018 und 1118 zur Verbesserung der Stromabnahme im oberen Geschwindigkeitsbereich anstelle der Bauart IV die Bauart V. Die Bauart V bildet die Grundlage zur Entwicklung des Stromabnehmers DBS 54 der DB (s. 2.3.).

Bauart VI

ÖBB 1110.500, 1042, 1042.500, 1043, 1044; 4010, 4020.

Z 13.3./3

W. Breyer⁴⁸ und V. Köttner⁴⁹ beschreiben den speziell für die Reihe 4010 von Siemens AG Österreich (früher ÖSSW) entwickelten Einholmstromabnehmer, da durch die Bremswiderstände ein Großteil der Dachfläche beansprucht wird. Nach W. Breyer⁵⁰ besitzt die Einholmbauart VI die gleiche Seitensteifigkeit wie die Vierholmbauart V, wiegt jedoch statt 250 kg nur 190 kg. Ursprünglich trug von den zwei gegeneinander gestellten Einholmstromabnehmern der vordere, näher zur Drehgestellmitte liegende, für den Einsatz auf SBB-Strecken eine 1320 mm breite Doppelwippe mit 600 mm langen Aluminium-, später Kohleschleifleisten, der andere eine 1950 mm breite Wippe mit 1000 mm langen Kohleschleifstücken für die ÖBB-Fahrleitung. Seither rüstete man die weitaus meisten Neubaulokomotiven der ÖBB mit der Bauart VI aus, insbesondere die von F. Kühner und K. Mojziz⁵¹ beschriebene Reihe 1044 für eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h. Bei den nach A. Kempfer⁵² nachträglich mit einer Gleichstrom-Widerstandsbremse ausgerüsteten Lokomotiven der Reihe 1110.500 mußte man aus Platzgründen die Scherenstromabnehmer Bauart V durch die Bauart VI ersetzen. Die Serie der Einholmstromabnehmer der DB (s. 2.3.) leitet sich von der Bauart VI der ÖBB ab.

⁴⁵ EB, 27 (1956), S. 73 ff.

⁴⁶ ELIN, 8 (1956), Heft 4, Sonderdruck.

⁴⁷ EB, 29 (1958), S. 193 ff., 224 ff.

⁴⁸ EB, 39 (1968), S. 202 ff., 233 ff.

⁴⁹ JdE, 17 (1966), S. 93 ff.

⁵⁰ EB, 38 (1967), S. 30.

⁵¹ ebt, 10 (1975), S. 71 ff.

⁵² ÖBB, (1971), Heft 8, S. 27 ff.

Bauart VII

ÖBB 1063, 1064.

Während W. Kramer und K. Sommeregger⁵³ die Reihe 1063 beschreiben, notieren W. Kramer und F. Edlinger⁵⁴ die Besonderheiten der Reihe 1064 und gehen dabei auch kurz auf den Stromabnehmer ein. Der Einholmstromabnehmer Bauart VII unterscheidet sich von der Bauart VI nur dadurch, daß der Antrieb wie bei den Bauarten I bis III am Stromabnehmer-rahmen und nicht auf dem Dach montiert ist. Z 13.3./4

Umbaustromabnehmer I, II, III, SBS 38, SBS 39

1967 schreibt W. Breyer⁵⁵, daß bei den ÖBB alle alten Stromabnehmer mit der gleichen Schere aufgebaut werden, wenn sie beschädigt sind. Sie erhalten dabei Doppelwippen mit individuell gefederten und gedämpften Schleifstücken. Nach Mitteilung von H. Petrovitsch bauten die ÖBB 1963/64 bei sämtlichen älteren Stromabnehmerbauarten unter Verwendung der alten Rahmen neue Scheren mit Paletten Bauart Wansisch ein, wodurch bei den ÖBB die allgemeine Einführung des Einbügelbetriebs erfolgen konnte. Darauf ersetzte die Elektrotechnische Direktion 1974 die bis dahin vorgeschriebenen Schutzstrecken mit 3 Trennstellen über 5 Felder von insgesamt bis zu 280 m Länge⁵⁶ durch eine aus 4 Leichtbau-Streckentrennern bestehende Schutzstrecke mit einer Gesamtlänge von 6640 mm⁵⁷.

13.4. Entwicklungsgeschichte des elektrifizierten Netzes

Unter den für das Jahr 1905 von W. A. Müller⁵⁸ zusammengestellten elektrischen Bahnbetrieben Österreichs sind insbesondere folgende schmalspurigen Lokalbahnen bemerkenswert:

1883 Mödling - Hinterbrühl⁵⁹

1904 Innsbruck Stubaitalbf - Fulpmes (Stubaitalbahn)⁶⁰

Während die erstgenannte Bahnlinie 1932 stillgelegt worden ist, stellte man die ursprünglich mit 2500 V 42,5 Hz, später mit 3250 V 50 Hz gespeiste Stubaitalbahn 1983 auf Gleichstrombetrieb um.⁶¹

⁵³ ebt, 18 (1983), Heft 1, S. 10 ff.

⁵⁴ ebt, 20 (1985), Heft 1, S. 4 ff.

⁵⁵ EB, 38 (1967), S. 30.

⁵⁶ Zeichnung RPL 59 Auflage 1954.

⁵⁷ Zeichnung ED 5324/4 vom 12.12.1974.

⁵⁸ EKB, 6 (1908), S. 88 ff.

⁵⁹ M. Hohn u. a., Mödling - Hinterbrühl. Die erste elektrische Bahn Europas für Dauerbetrieb, Wien 1983.

⁶⁰ EKB, 3 (1905), S. 672 ff., 693 ff.

⁶¹ Betriebsumstellung der Stubaitalbahn am 2. Juli 1983, Innsbruck 1983.

F. X. Saurau⁶² und A. Koci⁶³ beschreiben die mit Gleichstrom betriebenen elektrischen Vollbahnen Österreichs; hiervon seien genannt:

- 1905 Bludenz - Schruns (Montafonerbahn)
- 1909 Salzburger Lokalbahnen
- 1912 Linzer Lokalbahn
- 1919 Peggau-Deutschfeistritz - Übelbach
- 1931 Feldbach - Bad Gleichenberg

Während die Steiermärkischen Landesbahnen die Strecke nach Übelbach 1968 auf 15 kV 16 2/3 Hz umstellten, folgte die Montafonerbahn 1972. Keine dieser Linien ging in Staatsbesitz über.

Nach denselben Verfassern ließ das Kriegsministerium 1902 die 1,6 km lange normalspurige Schlepfbahn zur Munitionsfabrik Wöllersdorf mit 3000 V 42 Hz Drehstrom elektrifizieren. 1903 befaßte sich die österreichische Staatseisenbahnverwaltung "sehr eingehend" mit der Frage der elektrischen Zugförderung auf der Arlbergbahn.⁶⁴ Drei Jahre später schuf das Eisenbahnministerium eine "Studienabteilung zur Vorbereitung des elektrischen Betriebes der Staatsbahnlinien". A. Hruschka⁶⁵ legt ausführlich die Ergebnisse dieser Studien dar.

Z 13.4./1 Die ersten mit hochgespanntem Einphasenwechselstrom und Sonderfrequenz betriebenen Eisenbahnstrecken Österreichs entstanden jedoch aus lokaler Initiative:

- 1911 St. Pölten - Mariazell - Gußwerk
(Mariazellerbahn)⁶⁶
- 1912 Innsbruck - Staatsgrenze bei Scharnitz
(Mittenwaldbahn)⁶⁷
- 1913 Staatsgrenze bei Griesen - Reutte in Tirol
(Außerfernbahn)⁶⁸
- 1914 (Wien -) Groß Schwechat - Landesgrenze bei Berg NÖ
(Preßburgerbahn, österreichische Teilstrecke)⁶⁹

⁶² Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen unter besonderer Berücksichtigung Österreichs, Wien 1927, S. 35 ff.

⁶³ 75 Jahre elektrische Eisenbahnen in Österreich, Wien 1955, S. 31 ff.

⁶⁴ EKB, 1 (1903), S. 35.

⁶⁵ EKB, 8 (1910), S. 483 ff., 514 ff., 538 ff., 561 ff., 573 ff., 596 ff.; EKB, 9 (1911), S. 561 ff., 586 ff., 605 ff.

⁶⁶ EKB, 10 (1912), S. 291 ff.; s. auch EuM, 54 (1936), S. 485 ff.; EB, 13 (1937), S. 136 ff.; EuM, 72 (1955), S. 518 ff.; JdE, 13 (1962), S. 219 ff.

⁶⁷ EKB, 11 (1913), S. 116 ff., 129 ff.; EB, 34 (1963), S. 15 ff.

⁶⁸ ZVDEV, 53 (1913), S. 760 f.

⁶⁹ EKB, 12 (1914), S. 553 ff., 565 ff., 577 ff.; EuM, 32 (1914), S. 813 ff., 830 ff.; Organ, 90 (1935), S. 10 ff.

1914 Landesgrenze bei Berg NÖ - Kittsee/Köpcsény
 (- Preßburg/Pozsony)
 (Preßburgerbahn, ungarische Teilstrecke)⁷⁰

K. Innerebner⁷¹ weist darauf hin, daß "die Stadtgemeinde Innsbruck im Verein mit der k. k. priv. österreichischen Creditanstalt in Wien laut Urkunde vom 1. Juli 1910 die Konzession zum Bau und Betrieb der österreichischen Strecken der Mittenwaldbahn" erhielt. Die Betriebsführung übernahmen von der Eröffnung an die beiderseitigen Staatsbahnverwaltungen, bei den übrigen österreichischen Strecken die Niederösterreichischen Landesbahnen.

Nach A. Hruschka⁷² teilte 1912 das Eisenbahnministerium dem Finanzministerium mit, daß es sich für die "eheste Elektrisierung" der Salzkammergutlinie Stainach-Irdning - Attnang-Puchheim entschieden hat. 1918 stellt Birk⁷³ fest, daß die Staatseisenbahnverwaltung für den zukünftigen elektrischen Betrieb Wasserrechte erworben hat. Im gleichen Jahr beklagt K. Hohenegg⁷⁴, daß die Elektrifizierung der österreichischen Vollbahnen über Vorarbeiten nicht hinaus gediehen ist. Das 1919 errichtete "Elektrisierungsamt der Deutschösterreichischen Staatsbahnen"⁷⁵ unter der Leitung von P. Dittes erarbeitete ein Elektrifizierungsprogramm. Angesichts des von H. Littrow⁷⁶ geschilderten Brennstoffmangels der österreichischen Staatsbahnen erließ die Nationalversammlung am 23.07.1920 ein Gesetz über die Einführung der elektrischen Zugförderung auf den österreichischen Staatsbahnen⁷⁷, das die Elektrifizierung der Strecken Salzburg - Innsbruck - Bregenz - Lindau ohne die damals noch der Südbahn-Gesellschaft gehörende Teilstrecke Wörgl - Innsbruck, aber mit den Nebenlinien in Vorarlberg, der Tauernbahn und der Salzkammergutlinie vorsah, wobei mit den Strecken Innsbruck - Landeck - Bludenz und Stainach-Irdning - Attnang-Puchheim begonnen werden sollte.⁷⁸ P. Dittes⁷⁹ und H. Luithlen⁸⁰ führen dies näher aus.

⁷⁰ EKB, 13 (1915), S. 25 ff.

⁷¹ Tiroler Wirtschaftsstudien, Bd. 10: Hundert Jahre Tiroler Verkehrsentwicklung 1858-1958, Innsbruck 1961, S. 115 ff.

⁷² EKB, 10 (1912), S. 686 ff.

⁷³ ZVDEV, 58 (1918), S. 45 f.

⁷⁴ EuM, 36 (1918), S. 113 f.; EKB, 16 (1918), S. 69 f.

⁷⁵ EKB, 17 (1919), S. 91 f.

⁷⁶ ZVDEV, 60 (1920), S. 766 f.

⁷⁷ EuM, 38 (1920), S. 478 ff.;
 ZVDEV, 60 (1920), S. 665 ff.

⁷⁸ EKB, 18 (1920), S. 47 f.

⁷⁹ EKB, 19 (1921), S. 85 f., 97 ff., 141 ff.;
 EuM, 38 (1920), S. 213 ff.; EuM, 39 (1921), S. 185 ff.

⁸⁰ EB, 1 (1925), S. 65 ff.

Nach A. Koci⁸¹ nahm die das erste Elektrifizierungsgesetz ergänzende Elektrifizierungsnovelle vom 16.07.1925 vor allem die Strecke Kufstein - Wörgl - Innsbruck - Brenner, die inzwischen durch die Übernahme des Betriebes der Linien der Südbahn-Gesellschaft zum Bundesbahnnetz gekommen war, in das Elektrifizierungsprogramm auf. Dagegen stellte man die elektrische Ausrüstung der Tauernbahn sowie der Linien Bregenz - St. Margrethen und Bregenz - Lindau vorerst zurück.

Als 1927 die Strecke Kufstein - Bregenz/Buchs (SG) elektrisch betrieben wurde, teilte die Generaldirektion der BBÖ der Öffentlichkeit den vorläufigen Abschluß der Elektrifizierung der BBÖ mit, da insbesondere der Rückgang der Kohlenpreise eine Elektrifizierung der Westbahn Salzburg - Wien unwirtschaftlich erscheinen lasse.⁸² E. E. Seefehlner⁸³ setzt sich noch im gleichen Jahr bei einem Vortrag im "Wiener Industriellen Klub" mit diesem Vorstandsbeschluß auseinander. Im Januar 1928 gibt der Vorstand der BBÖ eine Denkschrift über die Elektrifizierung Salzburg - Wien heraus, worin er sein Vorgehen begründet.⁸⁴ Die Angelegenheit wurde vor den Nationalrat gebracht, worauf dessen Verkehrsausschuß den Bundesminister für Handel und Verkehr beauftragte, von einem unabhängigen Sachverständigen-Kollegium ein Gutachten in dieser Angelegenheit einzuholen.⁸⁵ Dieses wurde noch im gleichen Jahr erstattet. Während fünf Gutachter eine Fortsetzung der Elektrifizierung östlich von Salzburg befürworten, verneinen dies drei Sachverständige.⁸⁶ C. Hochenegg⁸⁷ unterzieht dieses Gutachten einer kritischen Beurteilung.

Nach der Elektrifizierung der Brennernordrampe im Jahre 1928⁸⁸ und der von H. Luithlen⁸⁹ gewürdigten Aufnahme des durchgehenden elektrischen Zugbetriebes Salzburg - Wörgl zwei Jahre später trat zunächst eine Pause ein. Wendet sich 1932 J. Weldler⁹⁰ noch besonders scharf gegen die Elektrifizierung der BBÖ, spricht man im folgenden Jahr bei der Festsitzung der Verwaltungskommission der BBÖ zum zehnjährigen Bestehen dieses Unternehmens über das bereits ausgearbeitete Programm zur Fortsetzung der Elektrifizierung.⁹¹

⁸¹ Die Österreichischen Bundesbahnen elektrifizieren. Zur Aufnahme des durchgehenden elektrischen Betriebes auf der Westbahnstrecke bis Wien, Wien 1952, S. 10.

⁸² Organ, 82 (1927), S. 526; ETZ, 48 (1927), S. 1852.

⁸³ EuM, 45 (1927), S. 1029 ff.

⁸⁴ Organ, 83 (1928), S. 185 f.

⁸⁵ ZVDEV, 68 (1928), S. 94 ff., 121 ff.

⁸⁶ EuM, 46 (1928), S. 831 ff.; Organ, 83 (1928), S. 388.

⁸⁷ EuM, 47 (1929), S. 213 ff.

⁸⁸ ZVDEV, 69 (1929), S. 212 f.

⁸⁹ EuM, 48 (1930), S. 855 ff.

⁹⁰ EuM, 51 (1933), S. 75 ff.

⁹¹ ZVDEV, 73 (1933), S. 840 f.

Nach E. R. Kaan⁹² konnte 1933 auf der Nordrampe der Tauernbahn der elektrische Betrieb aufgenommen werden, zwei Jahre später nach demselben Verfasser⁹³ die Südrampe bis Spittal-Millstättersee. 1934 konstituierte sich die "Österreichische Gesellschaft zur Förderung der Elektrifizierung der Bundesbahnen"⁹⁴, wobei E. E. Seefehlner⁹⁵ eine Schrift über die Bedeutung der Elektrifizierung der Bundesbahnen vorlegte; hierbei ging es insbesondere um die Elektrifizierung der Strecke Salzburg - Wien. 1937 berichtet E. R. Kaan⁹⁶, daß die Bundesregierung die Mittel für die Elektrifizierung Salzburg - Linz zur Verfügung stellt, wobei die erste Teilstrecke bis Attnang-Puchheim am 1.10.1938, die zweite Teilstrecke bis Linz am 1.10.1939 eröffnet werden sollte. Nach dem Anschluß Österreichs als Ostmark an das Deutsche Reich führten die bereits für die Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig genannten Gründe (s. 2.4.) dazu, daß der elektrische Zugbetrieb 1940 nur bis Attnang-Puchheim aufgenommen werden konnte. Die Deutsche Reichsbahn verwirklichte ansonsten 1939 den Doppelspurausbau Kufstein - Wörgl, im Zweiten Weltkrieg den Bau verschiedener Verbindungsbahnen, so z. B. Berg NÖ - Engerau.

Im Gegensatz etwa zu den Ausführungen von A. Giesl-Gieslingen⁹⁷ beurteilt A. Koci⁹⁸ die weiteren Auswirkungen des Beschlusses, die Bauarbeiten nach Abschluß der Elektrifizierung Salzburg - Bregenz/Buchs (SG) zunächst nicht weiterzuführen, wie folgt: "Nach ihrer Fertigstellung kam es unter dem Einfluß wirtschaftlicher Gegenkräfte zu einem Stillstand in den Elektrifizierungsarbeiten, der - wie wir heute rückschauend feststellen müssen - nicht nur den Bundesbahnen, sondern auch der gesamten österreichischen Wirtschaft schwersten Schaden brachte. Wie anders hätte sich der Wiederaufbau Österreichs und seiner Wirtschaft nach dem Zweiten Weltkrieg abspielen können, wenn die Westbahn bereits elektrisch betrieben worden wäre, wie es im Plan der Arbeiten bis 1930 lag, wenn sie also nicht durch den Kohlenmangel der Nachkriegsjahre fast völlig lahm gelegt worden wäre!" An anderer Stelle⁹⁹ führt derselbe Verfasser aus, daß im Jahre 1950 auf der etwa 780 km langen Westbahnstrecke entsprechend 13 Prozent des Gesamt-

⁹² EuM, 51 (1933), S. 661 f.; EB, 10 (1934), S. 23.

⁹³ EuM, 52 (1934), S. 157 ff.; EB, 10 (1934), S. 93, :
s. auch EuM, 53 (1935), S. 274.

⁹⁴ EuM, 52 (1934), S. 234 f.; EB, 10 (1934), S. 149.

⁹⁵ EuM, 52 (1934), S. 237 ff., 254 ff.

⁹⁶ EuM, 55 (1937), S. 97 ff.;
s. auch ZVDEV, 77 (1937), S. 854 f.

⁹⁷ Die Ära nach Gölsdorf. Die letzten drei Jahrzehnte des österreichischen Dampflokomotivbaus, Wien 1981, S. 204 ff.

⁹⁸ JdE, 8 (1957), S. 79 f.

⁹⁹ EuM, 68 (1951), S. 413.

netzes der ÖBB etwa 39 Prozent der Verkehrsleistungen der Bundesbahnen gefahren werden.

Immer wieder betont A. Koci¹⁰⁰, daß sofort nach dem Zweiten Weltkrieg die Bundesbahnen im Jahre 1945 die Vorarbeiten für die Fortsetzung ihrer Elektrifizierung wieder aufnahmen, die unter dem Eindruck des aus der Kohlennot entstandenen katastrophalen Verkehrszusammenbruchs erstmals das gesamte Bundesbahnnetz umfaßten. Nach dem vom selben Verfasser¹⁰¹ in einem Rückblick dargestellten Elektrifizierungsprogramm von 1945 sollten in 12 Jahren rund 2000 km Strecken elektrifiziert werden: zunächst die Westbahn bis Wien, ferner die Verlängerung des elektrischen Betriebes auf der Tauernbahn bis an die italienische und jugoslawische Staatsgrenze und die elektrische Ausrüstung einiger Anschlußstrecken an die Westbahn. Eine zweite Gruppe im Programm umfaßt die Südbahn von Wien nach Graz und Villach mit einigen Seitenlinien sowie die Enns- und Pyhrnbahn. Schließlich sollte ein Großteil des Wiener Nahverkehrsnetzes elektrifiziert werden.

Mit der Fertigstellung der Westbahnelektrifizierung bis Wien im Dezember 1952 hatte A. Koci¹⁰² als Leiter des Elektrodienstes den dringlichsten Punkt des Elektrifizierungsprogramms verwirklicht. Behinderte nach demselben Verfasser¹⁰³ zunächst der Mangel an Baustoffen und Arbeitskräften den Baufortschritt, trat später an Stelle dieser Schwierigkeiten der Geldmangel, wodurch die Streckenarbeiten auf die wichtigsten Streckenabschnitte konzentriert werden mußten; ein völliger Abbruch der Arbeiten konnte jedoch vermieden werden. Das 1954 überarbeitete Elektrifizierungsprogramm sah nunmehr die Fertigstellung der Arbeiten im Bereich der Westbahn vor, sodann die Elektrifizierung der Südbahn bis Spielfeld-Straß und Villach, die Ennstal- und Pyhrnbahn und einige Ergänzungsstrecken. Den damals vorgesehenen Zeitplan für die Elektrifizierung der einzelnen Streckenabschnitte notiert M. Schantl¹⁰⁴, jedoch ließ sich auch dieser nicht einhalten. Nach der Überspannung von Anschlußstrecken zur Westbahn im Jahre 1955¹⁰⁵ rüsteten die ÖBB vor allem die Südbahn mit der Semmeringstrecke für elektrischen Zugbetrieb aus.¹⁰⁶ Die

¹⁰⁰ EuM, 66 (1949), S. 152 ff.; EuM, 70 (1953), S. 1 ff.; EuM, 94 (1977), S. 94 ff.; 75 Jahre elektrische Eisenbahnen in Österreich, Wien 1955, S. 58.

¹⁰¹ EuM, 73 (1956), S. 89 ff.

¹⁰² Die Österreichischen Bundesbahnen elektrifizieren. Zur Aufnahme des durchgehenden elektrischen Betriebes auf der Westbahnstrecke bis Wien, Wien 1952; EuM, 70 (1953), S. 1 ff.

¹⁰³ EuM, 73 (1956), S. 90 f.

¹⁰⁴ JdE, 6 (1955), S. 42.

¹⁰⁵ EuM, 72 (1955), S. 413 f.

¹⁰⁶ Elektrisch über den Semmering, Wien 1959; JdE, 13 (1962), S. 83 ff.

Elektrifizierung der Wiener Schnellbahn brachte 1962 eine wesentliche Verbesserung im Nahverkehr der österreichischen Bundeshauptstadt.¹⁰⁷ Zwei Jahre später war mit der Inbetriebnahme der Teilstrecke Selzthal - St. Michael die letzte der den Alpenbogen über den Schobersattel querenden Hauptbahnlinie auf elektrischen Zugbetrieb umgestellt.¹⁰⁸ 1966 wurde über die teilweise neutrassierte Strecke Bruck a. d. Mur - Graz die steirische Landeshauptstadt und zweitgrößte Stadt Österreichs an das elektrisch betriebene Netz angeschlossen.¹⁰⁹ In den darauffolgenden Jahren elektrifizierten die ÖBB nach L. Mimmler¹¹⁰ neben Umleitungs- und Entlastungsstrecken die für den internationalen Verkehr wichtigen Strecken nach Hegyeshalom, Spielfeld-Straß und Summerau.

Stellt G. Hengel¹¹¹ fest, daß die Betriebsaufnahme auf der Nord- und Pyhrnbahn zum Winterfahrplanwechsel 1977 das Ende der bisherigen Elektrifizierungsphase bedeute und weitere Streckenelektrifizierungen seit 1976 im Rahmen des Ausbaus des Nahverkehrs in Ballungsräumen erfolgen, stellt G. Winkler¹¹² vier Jahre später das Elektrifizierungsprogramm 1980-1989 vor. Dieses umfaßt insbesondere die Strecke Absdorf-Hippersdorf - Sigmundsherberg - Gmünd NÖ, das "Rieder Kreuz" im Innkreis und die Linie (Spittal-Millstättersee -) Abzw. Lendorf - Lienz. Hinzu kommen noch die von R. Jaworski¹¹³ dargestellten Neubaustrecken nach dem als "ÖBB-Konzept 2000" dargestellten Infrastruktur-Leitplan. Z 13.4./2

Nach Mitteilung der GD ÖBB wird derzeit bis Sommerfahrplan 1989 die Strecke Abzw. Lendorf - Lienz - Staatsgrenze bei Sillian überspannt, 1989 bis 1991 folgt die Teilstrecke Hollabrunn - Unter Retzbach, 1989 bis 1993 die Linie Sigmundsherberg - Gmünd NÖ.

13.5. Österreichische Firmenbauarten

13.5.1. Firmenbauarten der 1. Generation

In Österreich verwendete man für die ersten Fahrleitungsanlagen für hochgespannten Einphasenwechselstrom auf der Stubaitalbahn sowie Mittenwald- und Außerfernbahn Konstruktionen der AEG (s. 3.1.1.), für die Mariazellerbahn und Teilstrecken der Arlbergbahn solche von SSW (s. 3.2.2.).

¹⁰⁷ EuM, 79 (1962), S. 145 ff.

¹⁰⁸ EuM, 81 (1964), S. 574 ff.

¹⁰⁹ Bruck a. d. Mur - Graz elektrifiziert, Wien 1966; EuM, 83 (1966), S. 479 f.

¹¹⁰ EuM, 87 (1970), S. 467 ff.; EuM, 92 (1975), S. 241 ff.

¹¹¹ EB, 48 (1977), S. 268 ff.

¹¹² ÖBB, (1981), Heft 5, S. 4 ff.

¹¹³ ETR, 30 (1981), S. 871 ff.

Die Ausprägung der österreichischen Firmenbauarten der 1. Generation ist wesentlich mit der Überspannung der 1924 elektrifizierte Salzkammergutlinie Stainach-Irdning - Attnang-Puchheim verbunden. In der Literatur finden sich hierüber nur spärliche Angaben. Nachdem nach Aussage älterer ÖBB-Mitarbeiter die ELS Steeg beim Anschluß Österreichs an das Reich 1938 und die FLM Steeg in den fünfziger Jahren aufgelöst wurden, sind die meisten bahninternen Unterlagen über die ortsfesten Anlagen der Salzkammergutlinie verschwunden. Nur dank des unverdrossenen Einsatzes des früheren Fahrleitungsmeisters in Ebensee J. Fellner und dessen Nachfolger R. Heissl war es möglich, die wesentlichen konstruktiven Merkmale dieser Bauarten an Hand älterer Lagepläne und in Gesprächen mit pensionierten FLM-Angehörigen abzuklären.

13.5.1.1. AEGU-Fahrleitung

1914 Groß Schwechat - Berg NÖ
 1923 Innsbruck Westbf - Telfs-Pfaffenhofen
 1924 Ebensee - Attnang-Puchheim
 1925 Langen am Arlberg - Bludenz

Z 13.5.1.1./1

Mehrfach beschreibt E. E. Seefehlner¹¹⁴ die Fahrleitung Groß Schwechat - Berg NÖ, J. Teichtmeister und G. Michalek¹¹⁵ notieren wertvolle Ergänzungen. Auf freier Strecke sah man nachgespanntes Kettenwerk von 3,5 m Systemhöhe und 100 m Längsspannweite in der Geraden, 60 m im Gleisbogen - gegebenenfalls mit Bogenabzügen - vor, das ursprünglich mit einem Zickzack von ± 900 mm, später ± 600 mm, verlegt wurde. Damit sich der Kupferfahrdraht unabhängig vom Stahltragseil bewegen kann, sah man im Abstand von 5 m V-förmige Hänger mit einer Basislänge von 3 m vor, woran der Fahrdraht über eine Metallrolle aufgehängt ist. Waagerechte Ausleger mit einem Ankerseil oder -draht tragen das Kettenwerk über eine Rolle mit 2 Kettenglied-Isolatoren (Hewlett-Isolatoren), im Gleisbogen mit 2 Seitenhaltern am Fahrdraht und Tragseil: bogenaußen auf Zug, bogeninnen auf Druck. Das Kettenwerk mit einer Nachspannlänge von 1000 m ist einseitig nachgespannt, Streckentrenner ersetzen Streckentrennungen. In Bahnhöfen mit fest abgespanntem Kettenwerk entspricht die Fahrleitung jener der Mittenwaldbahn (s. 3.1.1.).

Neben J. Teichtmeister und G. Michalek berichten H. Kraus¹¹⁶ und A. Horn¹¹⁷ über die Bewährung dieser Anlage. Bereits in den ersten Betriebsjahren mußte man die V-Aufhängung des Fahrdrahts durch lotrechte Hängedrähte aus

¹¹⁴ ETZ, 34 (1913), S. 137 ff., 200 ff.; EKB, 12 (1914), S. 565 ff.; EuM, 32 (1914), S. 813 ff.

¹¹⁵ Organ, 90 (1935), S. 10 ff.

¹¹⁶ EuM, 72 (1955), S. 522 ff.

¹¹⁷ Die Preßburgerbahn 1914-1974, Wien 1974, S. 100.

Stahldraht, später aus Bronze, ersetzen. Die Längsspannweite von 100 m in der Geraden erwies sich in windgefährdeten Abschnitten als zu groß. Rauhreif, Eis und Schnee führten zusammen mit dem fast ständig wehenden Wind vom Neusiedlersee her besonders auf der Teilstrecke Maria Ellend - Deutsch Altenburg zu außergewöhnlichen Beanspruchungen der Fahrleitung: Im Fahrdraht kam es zu Schwingungen von bis zu 2 m Amplitude, um den Fahrdraht bildete sich ein Eispanzer von 7 cm Durchmesser und darüber. Nachdem es verschiedentlich zu Bügelentgleisungen und Fahrdratstrissen gekommen war, setzte man 1929/30 und nach 1945 in den windgefährdeten Abschnitten Zwischenmasten, zunächst wie die DRB in Mitteldeutschland und Schlesien nur mit einem Seitenhalter, später mit Rohrschwenkauslegern. Weiter ersetzte man die Kettenglied-Isolatoren durch solche der Einheitsbauart und baute zwischen Bahnhof und freier Strecke anstelle von Streckentrennern Streckentrennungen ein. Die Fahrleitung der nurmehr bis Wolfsthal bestehenden Strecke ist heute weitgehend der Einheitsfahrleitung der ÖBB angepaßt oder durch diese ersetzt worden.

P. Dittes¹¹⁸ und H. Luithlen¹¹⁹ stellen die Besonderheiten der Fahrleitung der AEG-Union auf der Arlbergstrecke dar. Abgesehen von einem Versuchsabschnitt zwischen Innsbruck und Telfs, wo man das Kettenwerk mittels Handwinden abspannte, die je nach Jahreszeit zu betätigen waren, spannte man sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof das Kettenwerk mit einer Regelspannweite von 75 m selbsttätig nach. Das Tragseil ist grundsätzlich über Rollen geführt, die auf freier Strecke an doppelten Kettenglied-Isolatoren an Auslegern mit Stützstrebe, im Bahnhof an Jochkonstruktionen mit geschnittenem Tragseil wie in Deutschland (s. 3.1.2.), angebracht sind. Die Bahnhöfe Langen am Arlberg und Bludenz erhielten Querseilaufhängung mit einem Quertragseil und spannungsführenden Richtseilen. Bei Auslegermasten der freien Strecke im Gleisbogen sind die Hängeisolatoren in Schräglage, bogeninnen liegt der Seitenhalter auf Druck. Für das einseitig nachgespannte Kettenwerk von 1000 m Nachspannlänge sah man zweifeldrige Nachspannungen bzw. Streckentrennungen mit Fahrdratnäherung vor. Auf freier Strecke zwischen Innsbruck und Telfs ordnete man anstelle von Auslegermasten aus Eisen teilweise Holzmasten mit einem Querträger an. In kleinen Bahnhöfen dieser Teilstrecke baute man in Nebengleisen anstelle von Kupferfahrdrat solchen aus Eisen ein.

Eichberg¹²⁰ und H. Luithlen¹²¹ berichten, daß der Fahrdrat aus Eisen zu einem außerordentlich starken Ver-

¹¹⁸ ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 105 ff.

¹¹⁹ ETZ, 45 (1924), S. 1398 ff.; EB, 1 (1925), S. 65 ff.; EuM, 43 (1925), S. 355 ff.; Organ, 82 (1927), S. 488 ff.

¹²⁰ Organ, 82 (1927), S. 503 ff.

¹²¹ ETZ, 48 (1927), S. 1213 ff.

schleiß an den Aluminiumschleifstücken führte. Auch habe sich das Holzgstände wegen der aufgetretenen Verbiegung und Verdrehung der Holzstangen nicht besonders bewährt, ebenso der Versuch, anstelle der selbsttätigen Nachspannung eine solche mit Handwinden einzuführen. Schließlich zeigte es sich, daß die auf wenig geneigten Talstrecken durchaus bewährte Bauart der Strombrücken zwischen den abgespannten Fahrdrähten auf den Bergstrecken mit größeren Primärstromstärken durch eine sicherere Bauart ersetzt werden mußte.

- F 13.5.1.1./3 Nach H. Luithlen¹²² erhielt die Teilstrecke Ebensee - Attnang-Puchheim die gleiche Bauart wie die AEGU-Baulose der Arlberglinie, jedoch ist die Isolation, abgesehen vom Bahnhof Attnang-Puchheim und den Tunnels, einfach. In der Geraden und im Gleisbogen mit großen Krümmungsradien verwendete man Holzmasten mit Querträgern. Die Bahnhöfe erhielten im allgemeinen Jochkonstruktionen, nur in Attnang-Puchheim und Gmunden wendete man nach P. Dittes¹²³ Querseilaufhängung mit spannungsführenden Richtseilen an. H. Luithlen¹²⁴ notiert, daß im Sommer 1927 durch Blitzschläge im gewitterreichen Salzkammergut bei einigen Abspannisolatoren der Hewlett-Bauart die Stahlbänder abschlammten, so daß die Fahrleitungskette zu Boden fiel. Bereits im Vorjahr mußte man nach Eichberg¹²⁵ eine Anzahl Holzmasten austauschen oder durch Beimasten verstärken, da die Fahrleitung infolge Verziegens der Holzmasten verschoben wurde, was ständig Nachregulierungen notwendig machte.
- F 13.5.1.1./4

13.5.1.2. ÖSSW-Fahrleitung

1924 Bad Aussee - Ebensee

Die Bauart der Österreichischen Siemens-Schuckertwerke leitet sich von jener der Strecke Kiruna - Riksgränsen (Riksgränsbahn) ab. F. Zolland¹²⁶ beschreibt die Elektrifizierung dieser Strecke eingehend; P. Poschenrieder¹²⁷, Reishaus¹²⁸, G. Soberski¹²⁹ und Winkler¹³⁰ gehen kurz auf deren Fahrleitungsanlage ein. Th. Thelander¹³¹ stellt die Elektrifizierung der Schwedischen Staatsbahnen ausgehend von dieser Linie dar.

¹²² ETZ, 45 (1924), S. 1402 ff.; EB, 1 (1925), S. 79.; Organ, 82 (1927), S. 491.

¹²³ EuM, 44 (1926), S. 366.

¹²⁴ ETZ, 48 (1927), S. 1216.

¹²⁵ Organ, 82 (1927), S. 503 ff.

¹²⁶ EKB, 12 (1914), S. 161 ff., 186 ff.

¹²⁷ EuM, 36 (1918), S. 141 ff.

¹²⁸ EKB, 18 (1920), S. 163 f.

¹²⁹ Organ, 71 (1916), S. 23 ff.

¹³⁰ ZVDI, 64 (1920), S. 181 ff.

¹³¹ Der elektrische Eisenbahnbetrieb in Schweden. Sein Beginn und seine Entwicklung, Stockholm 1954.

Der Umbau der 129 km langen größtenteils nördlich des Polarkreises liegenden Strecke Kiruna - Riksgränsen der Schwedischen Staatsbahnen auf elektrischen Betrieb mit 15 kV 16 2/3 Hz wurde 1910 bis 1915 durchgeführt. Sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof verwendete man ein aus 50 mm² Kupfertragseil und 80 mm² Kupferfahrdrabt bestehendes Kettenwerk von 1,3 m Systemhöhe mit 50 bis 60 m Spannweite und einem durchschnittlichen Hängerabstand von 17,5 m. Auf freier Strecke sind die aus leichtem Gasrohr hergestellten Schwenkausleger drehbar um die über Konsolen am Mast befestigten einfachen Stützisolatoren angeordnet, ebenso auf Bahnhöfen mit zwei Gleisen. Auf sämtlichen drei- und mehrgleisigen Bahnhöfen sah man Jochkonstruktionen mit zwischen dem Querträger und dem Untergurt angeordneten geerdeten Schwenkauslegern vor, weshalb man dort das Tragseil schneiden mußte. Bemerkenswert ist die Aussage von F. Zolland¹³², zur Einzelmastausrüstung von Bahnhöfen: "Anfangs war es beabsichtigt, einen Bahnhof probeweise mit einfachen Rohauslegern auszuführen derart, daß ein Mast rechts und links die Ausleger für zwei Gleise aufnahm. Es wurde hiervon aber später Abstand genommen, da es sich sehr bald ergab, daß durch die Anordnung so vieler Maste zwischen den Gleisen die Übersichtlichkeit des Bahnhofs stark gestört werden würde, und außerdem die Schneeräumung dann sehr große Schwierigkeiten und Unkosten bereitet hätte."

Im Tunnel kann das nachgespannte Tragseil auf einem beidseits auf Stützisolatoren ruhenden geraden Querrohr hin und her gleiten, wobei Seitenhalter Tragseil und Fahrdrabt seitlich festlegen. Innerhalb einer Nachspannlänge von etwa 1,3 km sind auf freier Strecke die Masten auf einer Seite angeordnet. Sowohl die Nachspannung als auch die Streckentrennung sind zweifelndig mit Fahrdrabtnäherung ausgebildet, der Festpunkt mit gespreiztem Ausleger. F 13.5.1.2./1

In einem Erfahrungsbericht betont F. Kuntze¹³³, daß sich bei der Fahrleitung die völlige Drehbarkeit der Auslegerarme als vorteilhaft erwiesen hat, wodurch bei Störungen größere Beschädigungen der Fahrleitung vermieden werden.

Die Fahrleitungsanlage des ÖSSW-Bauloses Bad Aussee - Ebensee der Salzkammergutlinie stellt die Erbauerfirma in Veröffentlichungen ohne Verfasserangabe dar¹³⁴, P. Dittes¹³⁵ und H. Luithlen¹³⁶ geben kurze Hinweise. Von dieser Fahrleitung sind sowohl die Zeichnungen der Bauteile als

¹³² EKB, 12 (1914), S. 187 f.

¹³³ EKB, 14 (1916), S. 97 ff.

¹³⁴ Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen, Wien 1925, S. 55 ff.; Siemens-Zeitschrift, 5 (1925), S. 321 ff.

¹³⁵ ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 109.

¹³⁶ ETZ, 45 (1924), S. 1403 f.; EB, 1 (1925), S. 79; EuM, 43 (1925), S. 361 ff.

auch die Einbauzeichnungen in Handausgaben bei der FLM Ebensee vorhanden.

- Z 13.5.1.2./1 Für die Stützpunkte der freien Strecke übernahm man grundsätzlich die Fahrleitung der Riksgränsbahn, jedoch mit 50 mm² Stahltragseil und 100 mm² Kupferfahrdrabt bei einer dichteren Hängerteilung und einer Spannweite von 60 bis 75 m. Im Gleisbogen liegen die Seitenhalter grundsätzlich auf Zug, bogeninnen entweder mit einem Rüsselausleger oder mit einem als Hilfsausleger bezeichneten angelenkten Seitenhalter. Bei engen Gleisbögen ordnete man Zwischenmasten mit Bogenabzügen an Stützisolatoren an. In den Bahnhöfen verlegte man das Kettenwerk mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdrabt auf schmiedeeisernen Jochen mit Untergurt, auch hier unter Verwendung von Stützisolatoren.
- F 13.5.1.2./2 Im Tunnel mit doppelter Isolation sah man doppeltes Kettenwerk vor, das auf der Tunnelwölbung angepaßten gekrümmten Querrohren aufliegt. Sowohl Nachspannung als auch Streckentrennung entsprechen der Ausführung der Riksgränsbahn. Den Festpunkt in der Mitte einer Nachspannlänge von durchschnittlich 1200 m bildete man nach älteren Lageplänen entweder mit gespreiztem Ausleger, der im Salzkammergut als "Hirschg`weih" bezeichnet wird, oder als zweifeldriges Festpunktfeld mit Ankerseilen aus.
- F 13.5.1.2./3

Nach Eichberg¹³⁷ und H. Luithlen¹³⁸ mußte man die im ÖSSW-Abschnitt verwendeten Abspann- und Stützisolatoren wegen fortgesetzter Überschläge durch Stab- und Delta-Isolatoren ersetzen, dies insbesondere infolge von Vogelschäden.

13.5.1.3. ÖBBW-Fahrleitung

1924 Stainach-Irdning - Bad Aussee

- P. Dittes¹³⁹ und H. Luithlen¹⁴⁰ geben nur spärliche Hinweise auf die Fahrleitungsbauart der Österreichischen Brown Boveri-Werke. Nach F. X. Saurau¹⁴¹ bauten die ÖBBW ein nachgespanntes Kettenwerk mit Bronzetrageil zur Verstärkung der Leitfähigkeit des Fahrdrabtes ein. Die Stützpunkte der freien Strecke ähneln der ÖSSW-Bauart mit Rohrschwenkauslegern an Stützisolatoren, jedoch sieht man hier ausgebuchste Isolatoren vor: Der Isolator mit einer eingehanften Bronzebuchse dreht sich auf einer Eisenstütze. Bei Masten auf der Bogeninnenseite liegen die Seitenhalter auf Druck.
- Z 13.5.1.3./1
- Z 13.5.1.3./2

¹³⁷ Organ, 82 (1927), S. 506.

¹³⁸ ETZ, 48 (1927), S. 1216.

¹³⁹ ZVDI, 69 (1925), Sh. S. 109.

¹⁴⁰ ETZ, 45 (1924), S. 1403 f.; EB, 1 (1925), S. 79 ff.; EuM, 43 (1925), S. 360 ff.; Organ, 82 (1927), S. 491.

¹⁴¹ Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen unter besonderer Berücksichtigung Österreichs, Wien 1927, S. 79.

Die Ausrüstung der Bahnhöfe ähnelt dem von Weiler¹⁴² beschriebenen Quertragwerk der Schwedischen Staatsbahnen, das bei der 1923 bis 1926 elektrifizierten Strecke Stockholm - Göteborg eingebaut wurde. An Jochkonstruktionen mit Untergurt sind Hängesäulen montiert, die oberhalb des Querträgers Schwenkausleger für das Tragseil an Stützisolatoren tragen, unterhalb des Untergurts den Seitenhalter.

Nach Mitteilung von J. Fellner und R. Heissl war bei dem Baulos der ÖBBW in den Bahnhöfen bei allen Gleisen nachgespanntes Kettenwerk. Wie bei den anderen österreichischen Firmenbauarten der 1. Generation sah man bei der Weichenüberspannung, Nachspannungen und Streckentrennungen Fahrdrähtnäherungen vor. Während die Streckentrennung zweifeldrig ausgebildet war, sah man bei der einfeldrigen Nachspannung zwei Reiter in Feldmitte vor. In der Mitte des beidseitig nachgespannten Kettenwerks von etwa 1000 m Nachspannlänge liegt ein zweifeldriges Festpunktfeld. Schließlich ist folgender Satz von U. Kroll¹⁴³ zur ÖBBW-Fahrleitung bemerkenswert: "Die westlichen Streckenteile der Arlbergbahn erhielten bei ihrer Umstellung in den Jahren 1927/28 die ÖBBW-Fahrleitung der Salzkammergutbahn, die von diesem Zeitpunkt an die Einheitsfahrleitung der Österreichischen Bundesbahnen wurde." Diese Aussage ist näher zu untersuchen.

13.5.2. Firmenbauarten der 2. Generation, Vorarlberger Bauart

P. Dittes¹⁴⁴ stellt 1928 fest: "Die in mehrjähriger Entwicklung unter Verwertung der Betriebserfahrungen entstandene Einheitsfahrleitung der Ö.B.B. wurde nunmehr bereits auf den eingleisigen Strecken Bludenz - Feldkirch - Buchs, Feldkirch - Bregenz und Kufstein - Wörgl, sowie auf den zweigleisigen Strecken Wörgl - Innsbruck, Innsbruck - Brenner und Saalfelden - Wörgl angewendet und gelangt gegenwärtig auch auf der Strecke Salzburg - Saalfelden zur Ausführung." H. Luithlen¹⁴⁵ schreibt 1927: "Bei den Fahrleitungsanlagen sind die älteren Bauarten und die neue Einheitsfahrleitung zu unterscheiden." 1933 notiert derselbe Verfasser¹⁴⁶: "Vom Jahre 1925 an gelangte durchwegs die Einheitsfahrleitung der Österreichischen Bundesbahnen zum Einbau, deren erste Anordnung aus Bild 10 (Einheitsfahrleitung auf der Strecke Bludenz - Feldkirch) dargestellt ist." Im Jahre 1926 hält H. Luithlen¹⁴⁷ dagegen fest: "Die Fahrleitungsanlagen der Linie Kufstein - Wörgl

¹⁴² GA, 107 (1930), S. 89 ff.

¹⁴³ EB, 31 (1960), S. 126.

¹⁴⁴ EB, 4 (1928), S. 300.

¹⁴⁵ EB, 3 (1927), S. 177.

¹⁴⁶ EB, 9 (1933), S. 134.

¹⁴⁷ EuM, 44 (1926), S. 86.

- Innsbruck werden nach der "Vorarlberger" Bauart hergestellt."

Differenzierter formuliert P. Dittes¹⁴⁸ im gleichen Jahr: "Die Fahrleitungsanlage für die Strecken westlich von Bludenz weist gegenüber den bisherigen Ausführungen eine Reihe bemerkenswerter Änderungen und das Bestreben einer weitgehenden Vereinheitlichung auf ..." H. Luithlen¹⁴⁹ verdeutlicht dies: "Eine durchgreifende Änderung erfuhr der Fahrleitungsbau dadurch, daß an Stelle der von den einzelnen Elektrizitätsfirmen ausgebildeten verschiedenen Systeme eine Einheitsbauart gewählt wurde. Diese wurde im Jahre 1925 aus der auf der Salzkammergutbahn von den Österr. Siemens-Schuckert-Werken (und den Österr. Brown-Boveri-Werken) angewendeten, zuerst vom Berliner Mutterhause der erstgenannten Firma bei den Schwedischen Staatsbahnen eingeführten Bauart mit einfacher Isolation und drehbaren Auslegern entwickelt, und zwar über Antrag der Österr. Bergmann E. G. unter erstmaliger Verwendung eines Knüppelisolators besonderer Bauart mit sehr einfachen, von der gleichen Firma in Zusammenarbeit mit der Elektrisierungsdirektion herausgebrachten Befestigungsteilen ... Bei der endgültigen Ausarbeitung der Einheitsfahrleitung wurden einige Änderungen durchgeführt."

Damit weist die Fahrleitung der Strecke Bludenz - Bregenz/Buchs (SG) verschiedene einheitliche Elemente auf, dennoch kann man die dort verwirklichteten Bauarten nicht als "Einheitsfahrleitung der BBÖ" bezeichnen, vielmehr erweist sich die von H. Luithlen 1926 gewählte Bezeichnung als sinnvoll.

Mehrfach erläutert P. Dittes¹⁵⁰ die Vorgaben für die Ausbildung der Fahrleitung für die westlich von Bludenz zu elektrifizierenden eingleisigen Strecken. Die neu zu entwickelnde Bauweise sollte möglichst preisgünstig und dabei äußerst betriebssicher sein. Ein leichtes Gestänge und einfache Isolation, die sich auf der Salzkammergutlinie bewährt hatten, erschienen als wesentliche Voraussetzungen für eine Herabdrückung der Anlagekosten. Die Forderung nach einem leichten Gestänge hatte niedrige Draht- und Seilkräfte zur Folge, diese wiederum bedingten verhältnismäßig kleine Längsspannweiten. Daraus ergaben sich folgende Grunddaten: Auf freier Strecke ist das 35 mm² Stahltragseil und der 100 mm² Kupferfahrdrat jeweils mit 6 kN nachgespannt, die Längsspannweite in der Geraden beträgt 60 m, im Gleisbogen entsprechend weniger. Im Bahnhof ist das 50 mm² Stahltragseil fest abgespannt, im Hauptgleis der 100 mm² Kupferfahrdrat mit 6 kN nachgespannt, in Nebengleisen der 65 mm² Kupferfahrdrat mit 3,9 kN. Die Sy-

¹⁴⁸ EuM, 44 (1926), S. 373.

¹⁴⁹ EuM, 46 (1928), S. 822 f.

¹⁵⁰ EuM, 44 (1926), S. 384 ff.; ZÖIAV, 78 (1926), S. 417 f.

stemböhe auf freier Strecke beträgt 1,3 m, im Bahnhof 2,1 m. Auf freier Strecke verwendet man soweit möglich Breitflanschträger als Masten. Diese stellt man im Gleisbogen grundsätzlich bogenaußen, um auf Druck liegende Seitenhalter zu vermeiden. Im eingleisigen Tunnel ist das Trageil fest.

13.5.2.1. ÖBEG-Fahrleitung

1926 Bludenz - Feldkirch - Buchs (SG)

Nach F. Schuster¹⁵¹ verwendeten die einzelnen Baufirmen bei der Elektrifizierung der Salzkammergutlinie und der Strecke Innsbruck - Bludenz 22 verschiedene Isolatortypen. Auf Vorschlag der Österreichischen Bergmann-Elektrizitäts-Gesellschaft entschied sich die Elektrifizierungsdirektion der BBÖ bei der Streckenausrüstung der vorarlberger Strecken für einen durchschlagsicheren Doppelkopf-Vollkern-Isolator, wovon man nur noch fünf Bauformen benötigte. H. Westphal¹⁵² weist in einem Beitrag über die Vollkern-Isolatoren der BBÖ darauf hin, daß für die 55 kV-Übertragungsleitung drei dieser Isolatoren zu einer Kette vereint wurden.

H. Faber¹⁵³ nennt weitere Details der Fahrleitung Bludenz - Buchs (SG). Um den Windabtrieb zu verringern, ordnete man das Trageil in der Gleisachse an. In kleinen Bahnhöfen sah man wegen des nachgiebigen Moorgrundes Jochkonstruktionen vor, in Feldkirch dagegen Querseilaufhängung mit geerdetem oberen und spannungsführendem unteren Richtseil, wie sie A. Schieb¹⁵⁴ für das Elektrifizierungsprojekt Halle (S) - Köthen - Magdeburg notiert. Sowohl Nachspannung als auch Streckentrennung bildete man zweifeldrig mit 2 gegenüberstehenden Auslegermasten und Fahrdrachtnäherung aus, den Festpunkt mit gespreiztem Ausleger. Z 13.5.2.1./1 F 13.5.2.1./2 Z 13.5.2.1./2 F 13.5.2.1./1

13.5.2.2. ÖSSW-Fahrleitung

1927 Feldkirch - Bregenz

Abgesehen von den sehr allgemein gehaltenen Ausführungen von H. Faber¹⁵⁵ über die Elektrifizierung der BBÖ in Vorarlberg, notiert P. Dittes¹⁵⁶ lediglich die Baulosaufteilung. Die Literatur liefert nur verschiedene Abbildun-

¹⁵¹ EuM, 47 (1929), S. 1102 ff.

¹⁵² EB, 5 (1929), S. 184 ff.

¹⁵³ EB, 4 (1928), S. 88.

¹⁵⁴ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 150 f.

¹⁵⁵ EB, 4 (1928), S. 88.

¹⁵⁶ EuM, 44 (1926), S. 373.

gen.¹⁵⁷ Ein bei der ELS Innsbruck vorhandener älterer Lageplan ist die wichtigste Quelle.

Beim Rohrschwenkausleger baute man hier erstmals den später bei der Einheitsfahrleitung 1926 verwendeten Schwenkauslegerbock ein. In den meisten Bahnhöfen sah man Jochkonstruktionen mit Untergurt vor, in Bregenz und Lauterach Querseilaufhängung mit spannungsführenden Richtseilen. Um beim Befahren von Weichenstraßen einen besseren Bügellauf zu erhalten, baute man dort sowohl bei Fahrdrähtkreuzungen als auch bei Fahrdrähtnäherungen Streben zwischen Tragseil und Fahrdraht ein; H. Luithlen¹⁵⁸ führt dieses Erfordernis auf die geringe Zugkraft des Fahrdrahts von 6 kN zurück. Wie bereits im Salzkammergut verwendete ÖSSW auch hier Innenausleger bei Auslegerstützpunkten an Weichen. Da der Lageplan bei der zweifeldrigen Nachspannung grundsätzlich nur einen Zwischenmast notiert, montierte man vermutlich auch dort Innenausleger. Die zweifeldrige Streckentrennung und der Festpunkt mit gespreiztem Ausleger entsprechen den Ausführungen der ÖBEG.

1927 stellt P. Dittes¹⁵⁹ fest, daß sich die auf den Strecken westlich Bludenz eingebaute Fahrleitung "bisher vollkommen bewährt hat, sodaß sie als nunmehr von allen in Betracht kommenden österreichischen Elektrizitätsfirmen ausgeführte Einheitsfahrleitung auch bei den Strecken östlich von Innsbruck zur Anwendung gelangt."

13.6. Einheitsbauarten der BBÖ

13.6.1. Vorschriften der Elektrisierungsdirektion

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die von der Elektrisierungsdirektion aufgestellten Fahrleitungsvorschriften nicht mehr im Original vorliegen (s. 13.1.4.), sondern nur in einer Bearbeitung von H. Luithlen¹⁶⁰, worin dieser an Hand der deutschen Vorschriften (s. 5.1.2.) Unterschiede notiert und Ergänzungen anführt.

Eine einwandfreie Stromabnahme wird bis 100 km/h gefordert. Die Regelspannweite beträgt 60 m, der Zickzack ± 450 mm. Die Seitenhalter sind so anzuordnen, daß der Stromabnehmer auch bei angehobenem Fahrdraht nicht an sie anschlagen kann. Für das Anheben des Fahrdrahtes ist dessen gleichmäßige Bestreichung durch alle vier Bügel zweier unmittelbar gekuppelter Lokomotiven zu berücksichtigen. Die Fahrdrähthöhe ist auf freier Strecke auf 5750 mm über SO festgelegt, bei Bahnübergängen und in Bahnhöfen bei $+10^{\circ}\text{C}$

¹⁵⁷ EB, 3 (1927), S. 187 f., Abb. 35 f.; EuM, 46 (1928), S. 827, Abb. 31; Organ, 82 (1927), S. 492, Abb. 13.

¹⁵⁸ ETZ, 48 (1927), S. 1218.

¹⁵⁹ EuM, 45 (1927), S. 563.

¹⁶⁰ EB, 3 (1927), S. 179 ff.

6000 mm über SO, unter Brücken und sonstigen Überbauten 5100 mm über SO, in Tunnels 4900 mm über SO. Der Mindestabstand zwischen Tragseil und Fahrdraht beträgt bei nachgespanntem Tragseil 300 mm, bei festem Tragseil 800 mm. Die Hänger sind in einer Entfernung von etwa 7 m angeordnet. Der Festpunkt besteht im Regelfall aus gespreiztem Ausleger, ein zweifeldriges Festpunktfeld sieht man nur auf zweigleisigen Strecken bogeninnen vor. Zur Isolation ist der Vollkern-Isolator der ÖBEG vorgeschrieben, in Bahnhöfen mit gemischtem Betrieb ein Doppelschirmisolator.

Auf freier Strecke sind Tragseil und Fahrdraht nachzuspannen, im Bahnhof nur der Fahrdraht. Die Nachspannlänge beträgt 1100 bis 1200 m, bei Kettenwerkslängen von 600 m auf freier Strecke und 500 m im Bahnhof ist einseitige Nachspannung zulässig. Anstelle der Gewichtsnachspannung kann bei Fahrleitungsstücken von weniger als 200 m in Bahnhöfen eine Federnachspannung eingebaut werden.

Die BBÖ schreiben achterförmigen Profilmfahrdrabt von 100 mm² für Hauptgleise und 65 mm² für Nebengleise vor, da die Klemmen auf dem Achterquerschnitt besser sitzen. Der Querschnitt des Längstragseils aus verzinktem Stahl beträgt auf freier Strecke 35 mm², im Bahnhof 50 mm²; für die Hänger verwendet man 10 mm² Bronzeseil. Die Umgrenzung des lichten Raumes ist den Vorschriften als Anlage beigegeben.¹⁶¹

13.6.2. Einheitsfahrleitung 1926

Nach H. Luithlen¹⁶² begann die Elektrisierungsdirektion im Jahre 1925 mit der Konstruktion einer Einheitsfahrleitung. Schubert¹⁶³ führt 1938 bei einem Dezernententreffen in Hamburg aus: "Im Jahre 1926 wurde die von den vorm. ÖBB in Zusammenarbeit mit den Elektrofirmer entwickelte Einheitsfahrleitung erstmals ausgeführt und seither mit geringfügigen Verbesserungen angewendet." Nach der im Archiv der ELS Innsbruck vorhandenen Sammlung von Stammzeichnungen dieser ersten österreichischen Einheitsfahrleitung wurden die meisten Zeichnungen im Jahre 1926 gepaust. Sowohl K. Sedlak¹⁶⁴ als auch ein Bedingnisheft der ÖBB¹⁶⁵ ordnen der ersten Einheitsfahrleitung der BBÖ das Jahr 1926 zu.

¹⁶¹ EB, 1 (1925), S. 79, Abb. 27.

¹⁶² EuM, 48 (1930), S. 870.

¹⁶³ Niederschrift über den Erfahrungsaustausch der Sachdezernenten über Beobachtungen im elektrischen Zugbetrieb (Ortsfeste Anlagen) 1938. 1. Teiltagung in Hamburg, München 1938, S. 73.

¹⁶⁴ ÖBB, (1971), Heft 12, S. 15 ff.

¹⁶⁵ DB 925. Die Fahrleitungen der Österreichischen Bundesbahnen. Entwicklung und Grundlagen. Ausgabe 1974, S. 15 ff.

13.6.2.1. Strecken Salzburg - Wörgl und Kufstein - Brenner

- 1927 Innsbruck Hbf - Staatsgrenze bei Kufstein
- 1928 Wörgl - Saalfelden
- 1928 Innsbruck Hbf - Brennersee
- 1929 Salzburg Hbf - Schwarzach-St. Veit
- 1930 Schwarzach-St. Veit - Saalfelden
- 1934 Brennersee - Eigentumsgrenze bei Brennersee

H. Luithlen¹⁶⁶ beschreibt den Entwicklungsgang: "Die zuerst für die eingleisigen Strecken in Vorarlberg entwickelte Bauart wurde unter Mitarbeit der Oesterr. Siemens-Schuckertwerke, der AEG-Union E.-G. und der "Elin" A.-G. für elektrische Industrie für zweigleisige Strecken ausgestaltet und bildet in dieser Form jetzt die von allen beteiligten Firmen angewendete Einheitsfahrleitung, die auf der Linie Wörgl - Innsbruck bereits in Betrieb steht und für die Vergebung der im Bau befindlichen Teilstrecke Saalfelden - Wörgl als Grundlage diente." Im folgenden Jahr erweitert derselbe Verfasser¹⁶⁷ diese Aussage: "Die zuerst für die eingleisigen Strecken in Vorarlberg entwickelte Bauart wurde unter Mitarbeit der Österr. Siemens-Schuckert-Werke, der AEG-Union E. G., der ELIN-A. G., der Österr. Bergmann E. G. und der Österr. Brown-Boveri-Werke für zweigleisige Strecken ausgestaltet." Entsprechend waren alle genannten Firmen am Fahrleitungsbau beteiligt. P. Dittes¹⁶⁸ nennt die Baulosaufteilung der im Jahre 1927 im Bau befindlichen Strecken:

- AEGU: Innsbruck - Brenner
- ÖSSW: Wörgl - Kitzbühel
- ELIN: Kitzbühel - St. Johann i. T.
- ÖBBW: St. Johann i. T. - Hochfilzen
- ÖBEG: Hochfilzen - Saalfelden

P. Dittes¹⁶⁹ beschreibt die Merkmale der Einheitsfahrleitung nur in wenigen Aufsätzen, H. Luithlen¹⁷⁰ dagegen mehrfach sehr ausführlich, K. Sachs¹⁷¹ die Stützpunkte auf freier Strecke bzw. im Tunnel, schließlich Schubert¹⁷² beim Dezernententreffen 1938 in Hamburg. Ein Dienstbehelf der ÖBB¹⁷³ listet die gemeinsamen Kennzeichen dieser Einheitsfahrleitung auf. Die wichtigste Quelle ist jedoch

¹⁶⁶ EB, 3 (1927), S. 179.

¹⁶⁷ EuM, 46 (1928), S. 823.

¹⁶⁸ EuM, 45 (1927), S. 572.

¹⁶⁹ EuM, 44 (1926), S. 384 ff.; EuM, 45 (1927), S. 563.

¹⁷⁰ Organ, 82 (1927), S. 488 ff.; ETZ, 48 (1927), S. 1213 ff.; EB, 3 (1927), S. 172 ff.; EuM, 46 (1928), S. 821 ff.; EuM, 48 (1930), S. 855 ff.

¹⁷¹ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 222, 232 ff.

¹⁷² Niederschrift der Tagung in Hamburg, München 1938, S. 71 ff.

¹⁷³ DB 925, Ausgabe 1974, S. 15 f.

die Handausgabe der Regelpläne und ED-Zeichnungen von 1927/28.¹⁷⁴

Sowohl in der Geraden als auch bogenaußen sieht die Einheitsfahrleitung 1926 lotrechtes Kettenwerk vor. In der Geraden und in Gleisbögen mit einem Krümmungshalbmesser von 900 m und mehr ist am Stützpunkt ein Hänger angeordnet, bei kleineren Kurvenradien baut man 2 m beidseits des Stützpunktes je einen Hänger ein. Zwischen Terfens und Jenbach sah man diese Hängeraufteilung auch in der Geraden vor. Z 13.6.2.1./1

In der Geraden verwendet man Stützpunkte mit Rohrschwenkauslegern, die von der ÖSSW-Fahrleitung Feldkirch - Bregenz abgeleitet sind, im Gleisbogen bei Krümmungsradien unter 900 m bogeninnen mit angelenktem Seitenhalter. Auf freier Strecke baut man im Regelfall Breitflanschträger als Masten ein, auf Teilstrecken auch abgefahrene Straßenschienen. Auf Bahnhöfen ist die Querseilaufhängung mit spannungsführenden Richtseilen die Regel, nach M. Heydmann¹⁷⁵ wegen deren Übersichtlichkeit und Sicherheit gegen etwaige Betriebsunfälle, da ein Beschädigen von Zwischenmasten bei Jochen im Falle von Entgleisungen vermieden wird. Nach H. Luithlen¹⁷⁶ mußte man in Sonderfällen dennoch Jochkonstruktionen verwenden, so auf dem Viadukt an der Ostseite des Innsbrucker Hauptbahnhofs oder im Bahnhof St. Johann in Tirol wegen der außerordentlich ungünstigen Bodenverhältnisse. Sieht man im eingleisigen Tunnel ein Kettenwerk mit festem Tragseil vor, das auf einem geraden Querrohr aufliegt,¹⁷⁷ ist im zweigleisigen Tunnel das Kettenwerk nachgespannt, da Rohrschwenkausleger an Hängeböcken aus U-Eisen verwendet werden; bogeninnen liegt hier der Seitenhalter auf Druck. Z 13.6.2.1./2 F 13.6.2.1./1 Z 13.6.2.1./3 Z 13.6.2.1./4 F 13.6.2.1./2 Z 13.6.2.1./5 Z 13.6.2.1./6

Die wichtigste Änderung gegenüber der Vorarlberger Bauart betrifft die Ausbildung von Nachspannung und Streckentrennung. Nach einem Dienstbehelf der ÖBB¹⁷⁸ haben sich die für eingleisige Strecken geplanten zweifeldrigen Streckentrennungen mit Annäherung der an zwei gegenüberstehenden Masten mit Auslegern festgelegten Fahrdrähte zufolge der dabei möglichen unterschiedlichen Schwingungen der beiden Kettenwerke nicht bewährt. Bei der Einheitsfahrleitung 1926 ist die Nachspannung zweifeldrig mit einer Fahrdrähtkreuzung am Zwischenstützpunkt mit Innenausleger ausgebil- Z 13.6.2.1./7 Z 13.6.2.1./8

¹⁷⁴ Einheitsfahrleitung der Österr. Bundesbahnen

Teil 1 Streckenausrüstung (09.1927)

Teil 2 Bahnhofs-ausrüstung (09.1927)

Teil 3 Gestänge und Fundamente (02.1928)

Teil 4 Einzelteile (09.1927)

¹⁷⁵ GA, 107 (1930), S. 31 ff.

¹⁷⁶ EuM, 46 (1928), S. 826 ff.

¹⁷⁷ Ebenda, Abb. 30.

¹⁷⁸ DB 925, Ausgabe 1974, S. 16.

det, die Streckentrennung dreifeldrig. Nach H. Luithlen¹⁷⁹ behielt man in geraden und schwach geneigten Strecken den Festpunkt mit gespreiztem Ausleger bei, in kurvenreichen Linien und in größerem Gefälle verlaufenden Bergstrecken sah man ein zweifeldriges Festpunktfeld vor.

Z 13.6.2.1./9

Nach der Aufnahme der elektrischen Zugförderung auf der Teilstrecke Schwarzach-St. Veit - Saalfelden im Jahre 1930 trat zunächst eine Ruhepause in der Streckenelektrifizierung ein, in der man sehen konnte, wie sich die einzelnen Komponenten der Einheitsfahrleitung 1926 im Betrieb verhalten.

H. Luithlen¹⁸⁰ stellt 1932 fest, daß sich das verzinkte Stahltragseil wegen des nach der Erstellung der Fahrleitungsanlage bis zur Aufnahme des elektrischen Zugbetriebs fortbestehenden Dampfbetriebes trotz des aufgetragenen Schutzanstriches nicht bewährt hat und empfiehlt, entsprechend den finanziellen Möglichkeiten in größerem Umfang Tragseil aus Bronze oder Kupferpanzerstahl zu verwenden, wie es bisher nur in Bahnhöfen mit gemischtem Betrieb geschehen ist. Weiter notiert derselbe Verfasser¹⁸¹ im Jahre 1933, daß sich der bisher verwendete Zickzack von ±450 mm im Betrieb als "etwas zu groß" erwiesen hat und auf ±400 mm vermindert wurde. Ein Dienstbehelf der ÖBB¹⁸² datiert diese Änderung auf das Jahr 1938. Weiter stellt H. Luithlen¹⁸³ fest, daß die halbwindschiefe Kette in Vorarlberg (s. 13.5.2.1.) vom Betrieb wegen des beobachteten geringeren Windabtriebs gelobt wird, schließlich, daß sich der einschirmige Einheitsisolator hinsichtlich seiner Übersschlagssicherheit mit einer Übersschlagsspannung von 57 kV bei Regen als vollkommen betriebstüchtig erwiesen hat und nur in stark verrauchten Bahnhöfen oder in der Nähe von Hüttenwerken oder Zementfabriken die in Tunnels verwendete zweischirmige Ausführung erforderlich ist. Nachdem es bei großer Kälte beim einschirmigen Isolator vereinzelt zu Isolatorrissen gekommen war, legte man fest, bei Abspannungen jeweils zwei Kappenisolatoren zu verwenden.

13.6.2.2. Tauernbahn

1933 Schwarzach-St. Veit - Mallnitz
 1935 Mallnitz - Spittal-Millstättersee
 1941 Berg NÖ - Engerau

¹⁷⁹ EuM, 46 (1928), S. 824.

¹⁸⁰ EuM, 50 (1932), S. 616 f.

¹⁸¹ EB, 9 (1933), S. 134 f.

¹⁸² DB 925, Ausgabe 1974, S. 14.

¹⁸³ EB, 9 (1933), S. 135; EuM, 50 (1932), S. 616 f.

E. R. Kaan¹⁸⁴ beschreibt zunächst die Streckenausrüstung der Nordrampe der Tauernbahn, dann jene der Südrampe¹⁸⁵; Schubert¹⁸⁶ nennt beim Dezernententreffen 1938 in Hamburg verschiedene Details. Die Handausgabe der in sechs Bänden vorliegenden Zeichnungen der Bauteile bzw. Einbauzeichnungen aus dem Jahre 1936¹⁸⁷ ist auch hier die wichtigste Quelle.

Nachstehend seien nur die von der eben beschriebenen Ausprägung der Einheitsfahrleitung 1926 abweichenden Merkmale notiert. Sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof ist das Kettenwerk bei allen Gleisen nachgespannt. In längeren eingleisigen Tunnels ist das Tragseil fest, in kurzen eingleisigen Tunnels sind Tragseil und Fahrdrabt als verlängerter Festpunkt verankert; das gleiche gilt wegen der geringen Temperaturschwankungen für den Scheiteltunnel mit Ausnahme von je zwei 500 m langen Abschnitten nächst den Tunnelenden. Als Tragseil verwendet man im Regelfall 35 mm² Bronzeseil, im eingleisigen Tunnel 50 mm² Bronzeseil, auf der zweigleisigen Tunnelstrecke Bockstein - Mallnitz zur Erhöhung der Leitfähigkeit 70 mm² Kupferseil. Auf offener Strecke ist das in der Geraden halbwindchief verlegte Kettenwerk im Zickzack von ±400 mm verlegt, im Tunnel bis höchstens über vier Spannfelder mit ±200 mm. Als Masten für die Auslegerstützpunkte verwendet man im Regelfall Breitflanschträger, zwischen Schwarzach-St. Veit und Dorfgastein auch aus je zwei Altschienen in den Bahnwerkstätten zusammengesweißte Altschienenmasten; nur die Anklammermasten an Brücken sind Flachmasten.

In den Bahnhöfen sollte die verhältnismäßig teure Querseilaufhängung nach einer besonders sparsamen Form der Einheitsbauart durch die Aufstellung von Einzelmasten ersetzt werden, dies auch in größeren Bahnhöfen wie Spittal-Millstättersee mit damals 10 Gleisen. Schubert¹⁸⁸ nennt beim Dezernententreffen 1938 Vergleichswerte: Lagen bei den BBÖ die Kosten für 1 km Bahnhofsgleis bei Querseilaufhängung 50 Prozent höher als 1 km der freien Strecke, kostet 1 km Bahnhofsgleis bei Einzelmastausrüstung 5 bis 10 Prozent weniger als 1 km der freien Strecke. Um im Bahnsteigbereich Masten zwischen den Gleisen zu vermeiden, verwendete man vereinzelt leichte Joche über 3 oder 4 Gleise mit einer Hängesäule, die normale Schwenkausleger trägt, so in den Bahnhöfen Angertal, Badgastein oder Mallnitz. Vereinzelt baute man auch Ausleger über 2 Gleise ein, z. B. im

¹⁸⁴ EuM, 51 (1933), S. 267, 661 f.; EB, 10 (1934), S. 23.

¹⁸⁵ EuM, 52 (1934), S. 157 ff.; EB, 10 (1934), S. 93; Organ, 90 (1935), S. 250 ff.

¹⁸⁶ Niederschrift der Tagung in Hamburg, München 1938, S. 75 ff.

¹⁸⁷ SB-54. Ausführungszeichnungen über die Einheitsfahrleitung der Ö.B.B., Bände A - F, Stand 1936.

¹⁸⁸ Niederschrift der Tagung in Hamburg, München 1938, S. 75.

Bahnhof Kaponig (früher: Obervellach). Sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof beträgt die Fahrdrachhöhe 5,75 m über SO, die Systemhöhe 1,3 m und die Längsspannweite in der Geraden 60 m; bei Überbauten ist die Fahrdrachhöhe 4,95 m.

- z 13.6.2.2./3 In den eingleisigen Tunnels der Tauernnordrampe liegen die Seitenhalter auf Zug, in den Tunnels der Südrampe dagegen auf Druck. Im zweigleisigen Tauerntunnel verwendet man Rohrschwenkausleger an Rundeisenstützen. In der Mitte einer Nachspannlänge von bis zu 1200 m ist ein Festpunkt angeordnet: auf der Nordrampe je nach Lage mit gespreiztem Ausleger oder als zweifeldriges Festpunktfeld zwischen zwei Abspannmasten, auf der Südrampe als zweifeldriges Festpunktfeld beidseits eines Abspannmasts. Während man außerhalb von Tunnels für die gemeinsame Nachspannung des Kettenwerks über eine Schwinde Rollenspannwerke mit Kette vorsieht, ordnet man im Tauerntunnel eine Federnachspannung an.
- z 13.6.2.2./1
- z 13.6.2.2./2

Nach einer von A. Horn¹⁸⁹ veröffentlichten Abbildung erhielt die 1941 in Betrieb genommene elektrifizierte Strecke Berg NÖ - Engerau die gleiche Fahrleitungsbauart wie die Tauernbahn.

13.6.3. Einheitsfahrleitung der BBÖ östlich Salzburg (1938)

1940 Salzburg Hbf - Attnang-Puchheim

Die Einleitung zu den Ausführungszeichnungen über die ÖBB-Einheitsfahrleitung 1949¹⁹⁰ bezeichnet die Fahrleitung der Strecke Salzburg - Attnang-Puchheim ausdrücklich in dieser Weise.

Auf der zur Elektrifizierung vorgesehenen Teilstrecke Salzburg - Linz sollte auf günstig trassierten Abschnitten mit einer Höchstgeschwindigkeit von 120 bis 130 km/h gefahren werden. E. R. Kaan¹⁹¹ stellt das Elektrifizierungsvorhaben als solches dar, K. David¹⁹² und Schubert¹⁹³ speziell die Fahrleitungsanlage und deren Vorgeschichte, schließlich ein Dienstbehelf der ÖBB¹⁹⁴ die Merkmale der dort verwendeten Fahrleitungsbauart. Hiervon sind im Ar-

¹⁸⁹ Die Preßburgerbahn 1914-1974, Wien 1974, S. 124.

¹⁹⁰ El 45. Ausführungszeichnungen über die ÖBB-Einheitsfahrleitung 1949 ausgeführt auf den Strecken Linz - Attnang, Villach - Spittal, Bischofshofen - Eben. Band I (Stücklisten). Stand 1950, S. 5.

¹⁹¹ EuM, 55 (1937), S. 97 ff.

¹⁹² EB, 15 (1939), S. 9 ff.

¹⁹³ Niederschrift der Tagung in Hamburg, München 1938, S. 78 ff.

¹⁹⁴ DB 925, Ausgabe 1974, S. 17 f.

chiv der ELS Innsbruck nur wenige Stammzeichnungen erhalten geblieben; eine Handausgabe wurde nicht erstellt.

Nach theoretischen Erwägungen und Berechnungen bauten die BBÖ drei Nachspannlängen der Einheitsfahrleitung 1926 im Unterinntal zwischen den Bahnhöfen Brixlegg und Jenbach unter Beibehaltung der gegebenen Mastabstände um. In allen drei Nachspannlängen spannte man den Fahrdraht mit 10 kN, beließ den Tragseilzug von 6 kN jedoch unverändert; weiter baute man an jedem Stützpunkt ein Y-Beiseil ein. In jeder der drei Nachspannlängen beließ man in der einen Hälfte den normalen Hängerabstand von 7,5 m, in der anderen Hälfte verdoppelte man diesen durch Herausnahme jedes zweiten Hängers. Die erste Nachspannlänge erhielt nur Y-Aufhängung, die zweite auch angelenkte Seitenhalter bei den Druckauslegern in der Geraden und bogeninnen, die dritte Nachspannlänge angelenkte Seitenhalter an allen Stützpunkten. Im November 1937 führte man mit zwei gekuppelten Lokomotiven der Reihe 1670.100 Schnellfahrversuche bis 125 km/h durch, wobei die eine Lokomotive anstelle der normal aufgebauten Einheitsbauart I zwei Stromabnehmer der Bauart III erhalten hatte. Die Ergebnisse hielt man durch Filmaufnahmen fest und befuhr anschließend zum Vergleich die Einheitsfahrleitung 1926 mit erhöhter Geschwindigkeit. F 13.6.3./1

Als Ergebnis dieser Versuche traf man für die Fahrleitung Salzburg - Attnang folgende Festlegungen: In Hauptgleisen ist der 100 mm² Kupferfahrdraht mit 10 kN nachzuspannen, der 65 mm² Kupferfahrdraht in Bahnhofnebenngleisen mit 6,5 kN. Um die Systemhöhe von 1,3 m bei der auf 75 m vergrößerten Längsspannweite beibehalten zu können, ist das 35 mm² Bronzetrage-seil mit 9 kN nachzuspannen. Das in der Geraden halbwindsschiefe Kettenwerk ist in allen Spannfeldern mit einem Vordurchhang von 6 bis 7 cm zu verlegen. Alle Stützpunkte im Hauptgleis erhalten 9 m Y-Beiseil, das Regelmaß der Hängerentfernung von 8,0 m wird nur in einigen Fällen bis 9 m vergrößert. Alle auf Druck gestellten Ausleger erhalten angelenkte Seitenhalter, die auf Zug liegenden Ausleger nur dann, wenn die Auslenkung des Fahrdrachtes von der Auflagefläche des Isolatorbockes das Maß von 3,10 m übersteigt. F 13.6.3./2

Eine im Archiv der ELS Innsbruck vorhandene Zeichnung für die Elektrifizierung Salzburg - Attnang gibt eine Übersicht der Ausleger-Bauformen in schematischer Darstellung.¹⁹⁵ Die Ausleger-Bauform 1 (umgangssprachlich "Einsler-Ausleger") weist normale Rohr-Seitenhalter auf, Bauform 2 angelenkte Seitenhalter beim Stützpunkt K, die Bauformen 3 bis 5 angelenkte Seitenhalter beim Stützpunkt L mit unterschiedlich bemessenen Tragrohren, Seitenhaltergelenken und Seitenhaltern. Bei jeder Ausleger-Bauform unterscheidet man die Gruppe A mit Spitzenankerrohr (Druckrohr), z. B. Bauform 1, und die Gruppe B mit Spitzenanker-

¹⁹⁵ Zeichnung ED 5003/1 ÖSSW Bauleitung Salzburg 1938.

draht (Spanndraht), z. B. Bauform 1 s. Diese 1938 eingeführte Bezeichnungsweise ist um etliche Bauformen erweitert heute noch bei den ÖBB üblich.

Nach einem Dienstbehelf der ÖBB¹⁹⁶ beträgt die Nachspannlänge im Regelfall 1500 m, maximal 1600 m. Beim Zwischenstützpunkt der zweifeldrigen Nachspannung ist der Ausleger mit Innenausleger bisheriger Ausführung in zwei nebeneinander angeordnete Einzelausleger aufzulösen, ebenfalls bei Weichenauslegern. Bei der Nachspannung wird die Fahrdrähtkreuzung in Fahrtrichtung gesehen hinter dem Mittelmast eingebaut, bei Weichen sind die Fahrdrähte zu kreuzen. Radspannwerke mit einer bei Seilriß selbsttätig wirkenden Fangvorrichtung und einer Übersetzung 1 : 3,33 ersetzen die Nachspannvorrichtungen über Rollen mit einer Übersetzung von 1 : 2.

Während E. R. Kaan¹⁹⁷ über die Überspannung der Bahnhöfe 1937 ausführt: "Für die Ausrüstung der Bahnhöfe ist ähnlich wie auf der Tauernbahn eine aufgelöste Bauweise mit Einzelmasten vorgesehen, die gegenüber der Verwendung von Querseilfeldern oder Querjochen gewisse Vorteile bietet, so daß sie auch in den größeren Bahnhöfen angewendet werden soll.", äußert K. David¹⁹⁸ zum gleichen Thema zwei Jahre später: "Für kleinere Bahnhöfe hatte die Einzelmastausrüstung den Vorteil, mit einer zwischen die Gleise gestellten Mastreihe zwei zur gleichen Bahnhofschaftgruppe gehörige Fahrleitungsketten durch beidseitig an den Masten angebrachte Drehausleger zu fassen. Die Preise je km fertiggestellter Bahnhoffahrleitung konnten, besonders bei den Bahnhöfen in Krümmungen, bis fast auf die Hälfte jener Kilometerkosten gesenkt werden, die bei Querseilausrüstung aufgelaufen wären. In Bahnhöfen mit weniger als 6 bis 8 Gleisen (im Mittel) ist die Einzelmastausrüstung wirtschaftlich; umgekehrt ist in Bahnhöfen mit mehr als 6 bis 8 Gleisen mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit und die Wirtschaftlichkeit die Ausrüstung mit Quertragwerken vorzuziehen."

Tatsächlich erhielt der Bahnhof Vöcklabruck mit 10 Gleisen eine Querseilaufhängung nach den Zeichnungen der Einheitsfahrleitung 1926 (s. 13.6.2.1.), jedoch mit als Aufsetzmasten ausgebildeten Gittermasten nach RZA-Normen. Die übrigen mittleren und kleineren Bahnhöfe zwischen Salzburg und Attnang-Puchheim rüstete man nach den Konstruktionsgrundlagen der Tauernbahn aus; im Bahnhof Frankenmarkt findet sich eine leichte Jochkonstruktion über 4 Gleise mit Hän-
 F 13.6.3./3
 F 13.6.3./4
 gesäule für Schwenkausleger.

Auch nach dem Anschluß Österreichs an das Reich führte die DRB den Fahrleitungsbau Salzburg - Attnang-Puchheim nach

¹⁹⁶ DB 925, Ausgabe 1974, S. 18.

¹⁹⁷ EuM, 55 (1937), S. 98.

¹⁹⁸ EB, 15 (1939), S. 9.

den Vorschriften und Zeichnungen der vormaligen Elektrifizierungsdirektion zu Ende. Nur der im Hinblick auf einen größeren Umbau vorerst provisorisch überspannte Bahnhof Hallwang-Elixhausen erhielt definitiv eine Fahrleitungs-ausrüstung nach RZA-Normen mit Querseilaufhängung und festem Tragseil. Hier hatten die BBÖ zunächst die Masten in Betonhohlfundamente eingesetzt, wobei der mit feinkörnigem Split angefüllte Hohlraum mit einer aufbetonierten Fundamentkappe verschlossen wurde.

Nach einem Bericht der Versuchsanstalt München¹⁹⁹ führte man am 11.02.1941 mit der Lokomotive E 18 206 vier Meßfahrten Salzburg - Attnang-Puchheim und zurück mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h durch, "die infolge der sehr schlechten Gleislage und der vielen engen Kurven und der deswegen fast überall festgelegten Geschwindigkeitsbeschränkungen nur selten ausgefahren werden konnte." In der Geraden stellte man bei 90 km/h am vorderen Bügel Höhenschwankungen von 11 cm, hinten 13 cm fest, bei 105 km/h traten keine größeren Schwankungen auf. Bei kürzerem Mastabstand in Gleisbögen maß man Höhenschwankungen von etwa 2 cm. Bei den Fahrten 1 und 2 stellte man die Anpreßkraft der Stromabnehmer auf jeweils 50 N ein und registrierte bei einem Fahrdrahtanhub von 11 bis 13 cm 28 bzw. 14 Spannungsunterbrechungen. Bei den mit einer Stromabnehmeranpreßkraft von 33 N gefahrenen Fahrten 3 und 4 zählte man 53 bzw. 48 Spannungsunterbrechungen. Bei allen Fahrten verwendete man den Einheitsstromabnehmer Bauart III der ehemaligen BBÖ mit Aluminiumschleifstücken.

13.7. Die Reichsbahnzeit 1938-1945

13.7.1. Änderungen

Wie bereits dargelegt, verfügen die ÖBB erst seit 1960 über einen Fahrleitungsmeßwagen im eigentlichen Sinn (s. 1.7.). Nach Mitteilung von H. Petrovitsch wies der mit 2 Stromabnehmern Bauart III ausgerüstete elektrotechnische Meßwagen der BBÖ nur Einrichtungen des maschinentechnischen Versuchswesens auf. Damit war es für die Versuchsanstalt München von besonderem Interesse, nach der Übernahme der österreichischen Strecken die dortigen Fahrleitungen mit dem Fahrleitungsmeßwagen der DRB zu befahren.

Nach einem Bericht der Versuchsanstalt²⁰⁰ befuhr am 19.10.1939 die mit HISE-Stromabnehmer mit Doppelkohleschleifstück ausgerüstete Lokomotive E 04 11 die Strecke Kufstein - Innsbruck - Bregenz als Meßfahrt zur Untersuchung der Fahrdrahtlage. Im Arlbergtunnel wurde der Meßwagen und die E 04 11 von einer österreichischen E 22 (BBÖ 1570) gescho-

¹⁹⁹ Bericht B 7/1941 aufgestellt am 18.02.1941.

²⁰⁰ Bericht B 227/1939 aufgestellt am 26.10.1939.

den Vorschriften und Zeichnungen der vormaligen Elektrifizierungsdirektion zu Ende. Nur der im Hinblick auf einen größeren Umbau vorerst provisorisch überspannte Bahnhof Hallwang-Elixhausen erhielt definitiv eine Fahrleitungs-ausrüstung nach RZA-Normen mit Querseilaufhängung und festem Tragseil. Hier hatten die BBÖ zunächst die Masten in Betonhohlfundamente eingesetzt, wobei der mit feinkörnigem Split angefüllte Hohlraum mit einer aufbetonierten Fundamentkappe verschlossen wurde.

Nach einem Bericht der Versuchsanstalt München¹⁹⁹ führte man am 11.02.1941 mit der Lokomotive E 18 206 vier Meßfahrten Salzburg - Attnang-Puchheim und zurück mit einer Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h durch, "die infolge der sehr schlechten Gleislage und der vielen engen Kurven und der deswegen fast überall festgelegten Geschwindigkeitsbeschränkungen nur selten ausgefahren werden konnte." In der Geraden stellte man bei 90 km/h am vorderen Bügel Höhenschwankungen von 11 cm, hinten 13 cm fest, bei 105 km/h traten keine größeren Schwankungen auf. Bei kürzerem Mastabstand in Gleisbögen maß man Höhenschwankungen von etwa 2 cm. Bei den Fahrten 1 und 2 stellte man die Anpreßkraft der Stromabnehmer auf jeweils 50 N ein und registrierte bei einem Fahrdrahtanhub von 11 bis 13 cm 28 bzw. 14 Spannungsunterbrechungen. Bei den mit einer Stromabnehmeranpreßkraft von 33 N gefahrenen Fahrten 3 und 4 zählte man 53 bzw. 48 Spannungsunterbrechungen. Bei allen Fahrten verwendete man den Einheitsstromabnehmer Bauart III der ehemaligen BBÖ mit Aluminiumschleifstücken.

13.7. Die Reichsbahnzeit 1938-1945

13.7.1. Änderungen

Wie bereits dargelegt, verfügen die ÖBB erst seit 1960 über einen Fahrleitungsmeßwagen im eigentlichen Sinn (s. 1.7.). Nach Mitteilung von H. Petrovitsch wies der mit 2 Stromabnehmern Bauart III ausgerüstete elektrotechnische Meßwagen der BBÖ nur Einrichtungen des maschinentechnischen Versuchswesens auf. Damit war es für die Versuchsanstalt München von besonderem Interesse, nach der Übernahme der österreichischen Strecken die dortigen Fahrleitungen mit dem Fahrleitungsmeßwagen der DRB zu befahren.

Nach einem Bericht der Versuchsanstalt²⁰⁰ befuhr am 19.10.1939 die mit HISE-Stromabnehmer mit Doppelkohleschleifstück ausgerüstete Lokomotive E 04 11 die Strecke Kufstein - Innsbruck - Bregenz als Meßfahrt zur Untersuchung der Fahrdrahtlage. Im Arlbergtunnel wurde der Meßwagen und die E 04 11 von einer österreichischen E 22 (BBÖ 1570) gescho-

¹⁹⁹ Bericht B 7/1941 aufgestellt am 18.02.1941.

²⁰⁰ Bericht B 227/1939 aufgestellt am 26.10.1939.

ben, da die Schleifstückbreite der Zuglok das im Tunnel zulässige Maß überschritt.

Bei der ÖSSW-Fahrleitung Feldkirch - Bregenz (s. 13.5.2.2.) maß man bei Riedenburg am hinteren Stromabnehmer der Lokomotive bei 100 km/h innerhalb einer Spannweite eine größte Höhendifferenz von 43 cm. Zwischen Hohenems und Hatlerdorf hatte man zwei Versuchsabschnitte mit gegenüber der Ursprungsausführung abgeänderten Zugkräften eingerichtet. Es erwies sich, daß sich der mit 9 kN nachgespannte Fahrdraht besser befahren läßt als der mit 7,25 kN gespannte.

Am 14./15.03.1940 führte die E 04 11 mit Kohleschleifstück erneut Meßfahrten zur Fahrleitungsuntersuchung auf Strecken der Ostmark durch.²⁰¹ Auf der Strecke Innsbruck - Brenner bezeichnet der Bericht auf der Steigung von 25 Promille bei Geschwindigkeiten bis 50 km/h und Höhenschwankungen des Stromabnehmers bis 4 cm die Stromabnahme als gut, auf der Steigung von 18 Promille bei Geschwindigkeiten bis 72 km/h und Höhenschwankungen bis 10 cm dagegen als schlecht.

Auf der Fahrt von Innsbruck bis Schwarzach-St. Veit erwies sich die Stromabnahme auf der Versuchsstrecke Brixlegg - Jenbach mit einer Fahrdrahtzugkraft von 10 kN und Y-Beiseil (s. 13.6.3.) bei 85 km/h als sehr gut; die Höhenschwankung des Stromabnehmers betrug dort höchstens 5 cm, anschließend bis 17 cm.

Auf der offenen Strecke der Tauern-Nordrampe wird die Stromabnahme bei 70 km/h und Höhenschwankungen des Stromabnehmers bis 20 cm als mäßig gut bezeichnet; in den vier eingleisigen Tunnels dagegen als gut, ebenfalls im Tauern-tunnel bei 76 km/h und Höhenschwankungen bis 6 cm. Auf der Tauern-Südrampe dagegen bezeichnet der Bericht die Stromabnahme bei 55 km/h als schlecht, als sehr schlecht zwischen Pusarnitz und Spittal bei Höhenschwankungen bis 30 cm bei 85 km/h. Dagegen trat auf der letztgenannten Teilstrecke zwischen km 75 und km 76 mit einem Fahrdrahtzug von 10 kN bei Höhenschwankungen von 3 bis 12 cm nur eine Lastunterbrechung auf.

Beim Dezernententreffen 1941 spricht H. Nibler²⁰² davon, daß bei den Ostmarkfahrleitungen zur Einführung des Reichsstromabnehmers der Fahrdrahtzug wegen des größeren Bügeldruckes zu erhöhen ist, weiter sind die Stützpunkte vor allem in den Tunnelstrecken elastischer auszubilden.

²⁰¹ Bericht B 8/1940 aufgestellt am 2.04.1940.

²⁰² Niederschrift über den Erfahrungsaustausch der Sachdezernenten über Beobachtungen im elektrischen Zugbetrieb (Ortsfeste Anlagen). Textband, München 1941, S. 179.

Beim Lehrgang 1942 teilt A. Mosler²⁰³ mit, daß im Vorjahr für die Fahrleitung der Osmark die Erhöhung des Fahrdratzuges auf 10 kN angeordnet wurde, weiter verbesserte man diese wesentlich durch den Einbau eines Y-Beiseils an den Stützpunkten sowie den Umbau der Näherungen in Kreuzungen bei der Weichenüberspannung. "Die alte Einheitsfahrleitung sowohl des Altreichs als auch nach der Änderung und Verbesserung die der Ostmark kann bei Verwendung von Kohlebügeln wirklich einwandfrei nur bis 100 km/h, bei Verwendung von Al-Bügeln bis 120 km/h befahren werden." Weiter spricht derselbe Verfasser davon, daß auf den Ostmarkstrecken die Fahrleitungsaufhängung in den Tunnels teilweise geändert oder ganz umgebaut werden mußte.

Ein Bericht der Versuchsanstalt München²⁰⁴ erhellt die Hintergründe dieses Umbaus. Im Dezember 1941 war es an zwei Tagen zu Fahrleitungsstörungen in eingleisigen Tunnels der Tauern-Südrampe gekommen, indem die Einfachschleifstücke der E 94 größere Längen der Tunnelfahrleitung samt der in die Decke einbetonierten Stützpunkteisen zerstört hatten; die gegossene Siluminhalterung des Kohleschleifstücks hatte sich im mittleren Teil stark nach unten durchgebogen. Darauf ließ die RBD Villach sämtliche Seitenhalter in den eingleisigen Tunnels der Südrampe auf Zug umbauen, die normal auf 50 bis 60 N eingestellte Anpreßkraft des Stromabnehmers SBS 38 der E 94 auf 40 N reduzieren und auf der Tauernstrecke die Höchstgeschwindigkeit dieser Baureihe in den Tunnels auf 40 km/h, im Freien auf 50 km/h herabsetzen. Auf einzelnen Teilstrecken der Tauernbahn erhöhte man den Fahrdratzug von 6 kN auf 10 kN.

Nach diesen Änderungen erhielt die Versuchsanstalt den Auftrag, die Fahrleitungsanlage nachzuprüfen und führte vom 10. bis 12.02.1942 Messungen der Bügeldrücke an den Fahrleitungen der Tauernbahn und der Strecke Schwarzach-St. Veit - Wörgl durch. Notiert der genannte Versuchsbericht lediglich, daß der Druckanstieg der Lokomotive E 94 bei der Einfahrt in einen Tunnel mit 60 km/h durch "Auf"-Wirbel 20 bis 25 N beträgt, diskutiert H. Nibler²⁰⁵ die nach dem abgedruckten Meßschrieb zwischen Taxenbach-Rauris und Lend durchgeführten Meßfahrten ausführlicher: Durch den Vorbau der zur Meßfahrt verwendeten Lokomotive E 94 erhöht sich bei der Einfahrt in einen eingleisigen Tunnel mit 70 km/h die Anpreßkraft des vorderen Stromabnehmers um etwa 33 Prozent und beginnt schon einige hundert Meter vor der Ausfahrt wieder auf den ursprünglichen Wert zurückzugehen. "Da die Tunnelfahrleitungen in der Regel wegen

²⁰³ Vorträge bei den Unterrichtskursen mit Erfahrungsaustausch über Konstruktion, Bau und Betrieb von Fahrleitungsanlagen. Lehrgang Mai/Juni 1942 in München, S. 52 ff., 91.

²⁰⁴ Bericht F 8 V/1942 aufgestellt am 9.03.1942.

²⁰⁵ GA, 74 (1950), S. 7 f.

Platzmangels nicht zu sehr durch den Stromabnehmer angehoben werden dürfen, empfiehlt es sich, die Fahrdrahtzugspannung, das Fahrdrahtgewicht oder beides entsprechend dem größeren Auftrieb des Stromabnehmers zu erhöhen."

Zur Fahrleitungsanlage der Tauernbahn notiert der Meßbericht²⁰⁶, daß die Zahl und Zeitdauer der Spannungsunterbrechungen gegenüber den Meßfahrten im Dezember 1939 und März 1940 wesentlich geringer geworden ist: "Ein großer Teil der seinerzeit aufgetretenen Spannungsunterbrechungen ist durch das schwere und träge Doppelkohleschleifstück verursacht worden." Zwischen Pusarnitz und Spittal-Millstättersee trat bei 90 km/h keine Spannungsunterbrechung auf. Da die Stromabnahme im Tauerntunnel gegenüber früheren Meßfahrten nicht besser geworden ist, schlägt die Versuchsanstalt vor, einen schwereren Fahrdraht einzubauen.

Ein Dienstbehelf der ÖBB²⁰⁷ nennt als weitere Änderungen im österreichischen Netz zur Reichsbahnzeit den Ersatz der bisher verwendeten Einsetz-Gittermasten mit quadratischem Querschnitt durch Rechteckaufsetzmasten aus Winkeleisenprofilen, die Vergrößerung des Hängerabstands auf 12,5 m und verschiedene Bauteile.

13.7.2. Um- und Neubauten

1939 Kufstein - Wörgl (Doppelspurausbau)
 1940 Verbindungskurve Feldkirch
 1943 Umgehungsbahn Innsbruck
 1943 Verschiebebahn Thaur
 1944 Attnang-Puchheim, Umspanngruppe

Nach Mitteilung der ELS Innsbruck erhielt das beim Doppelspurausbau zugelegte 2. Gleis Kufstein - Wörgl auf freier Strecke die weiterentwickelte Einheitsfahrleitung 1931 Bauart BBC mit Y-Beidraht und Schrägausleger (s. 8.2.2.), im Bahnhof eine Querseilaufhängung nach RZA-Normen. Während über die Fahrleitung der Verbindungskurve Feldkirch keine Unterlagen mehr vorhanden sind, beschreibt die Festschrift zur Eröffnung der Konzertkurve in Innsbruck²⁰⁸ die Lage der eingleisigen Umgehungsbahn Innsbruck von Hall in Tirol über die Betriebsausweiche Amras zum Berg-Isel-Tunnel, ebenfalls jene des Verschiebebahn Thaur nördlich der Streckengleise Innsbruck - Hall in Tirol. Nach Unterlagen der ELS Innsbruck begann der Bau im Juni 1943, die Inbetriebnahme beider Objekte erfolgte im November 1943. Nach Fotos aus der Sammlung von W. Kreuz erhielt die Umgehungsbahn Innsbruck eine Kettenfahrleitung mit Rohrschwenkauslegern nach RZA-Normen, der Verschiebebahn Thaur

F 13.7.2./1

²⁰⁶ Bericht F 8 V/1942 aufgestellt am 9.03.1942.

²⁰⁷ DB 925, Ausgabe 1974, S. 18 f.

²⁰⁸ Die Konzertkurve in Innsbruck, Wien 1957, S. 11.

Thaur eine Querseilaufhängung mit spannungsführenden Richtseilen ebenfalls nach RZA-Normen. F 13.7.2./2

Auch über die Umspanngruppe Attnang-Puchheim existieren bei Dienststellen der ÖBB keine Unterlagen mehr. Nach einem zu Beginn der Elektrifizierungsarbeiten Attnang-Puchheim - Linz angefertigten Foto bestand noch 1948 nördlich der Streckengleise Attnang-Puchheim - Schwanenstadt eine viergleisige Umspanngruppe mit einer Einfachfahrleitung an Holzmasten entsprechend den Richtlinien für behelfsmäßigen Wiederaufbau gestörter Fahrleitungen des RZA München von 1944 (s. 10.2.1.).

Weiter ersetzte man in den Bahnhöfen Imst-Pitztal, Mallnitz und Spittal-Millstättersee im Zusammenhang mit größeren Bahnhofsumbauten die gesamte vorhandene Fahrleitausrüstung durch eine Querseilaufhängung nach RZA-Normen. Weitere Bahnhöfe erhielten nur einzelne Querfelder, wie Gries bei der Einrichtung eines fahrbaren Unterwerks oder Pettneu bei der Verlängerung der Kreuzungsgleise. Wie bei den übrigen während des Zweiten Weltkriegs mit der Einheitsfahrleitung 1931 ausgerüsteten Strecken der DRB führte man vermutlich unter österreichischem Einfluß die Querseilaufhängung auch in der Geraden und im Gleisbogen mit Kurvenradien von mehr als 800 m mit spannungsführenden Richtseilen aus (s. 6.2.). Bei den ersten Elektrifizierungsvorhaben der ÖBB baute man vereinzelt aus vorhandenen Bauteilen Quertragwerke nach RZA-Normen ein, so im Bahnhof Hard-Fussach bei der Elektrifizierung Bregenz - St. Margrethen 1949. F 13.7.2./3
F 13.9.1./6
F 13.7.2./4

Obwohl die DRB versuchte, beim Fahrleitungsbau die ED-Normen durch solche des RZA München zu ersetzen, mußte nach einem Dienstbehelf der ÖBB²⁰⁹ beim Anschluß an die Reichsbahn der Übergang vom Profildraht auf den Rillendraht als untragbar verworfen werden, da gleichzeitig auch alle am Draht angreifenden Klemmen und Verbindungsmittel hätten übernommen werden müssen; dies hätte zu einer doppelten Lagerhaltung geführt. Eine nicht zu verhindernde Vermischung des Klemmenmaterials hätte durch Verwechslungen zum Einbau unpassender Klemmen und zu einer unvermeidlich höheren Störungsanfälligkeit der Fahrleitung geführt. Das dem Verfasser vorliegende Exemplar der Handausgabe der Ausführungszeichnungen der Einheitsfahrleitung 1926 aus dem Jahre 1936²¹⁰ notiert für jedes Bauteil, ob dieses, eventuell mit einer anderen ED-Nummer versehen, bleibt oder durch eine Ezs- bzw. EzsN-Zeichnung ersetzt wird.

Nach A. Koci²¹¹ legte man die im Zweiten Weltkrieg gebauten elektrisch betriebenen Verbindungslinien nach 1945

²⁰⁹ DB 926/3, Ausgabe 1974, S. 68.

²¹⁰ SB-54. Ausführungszeichnungen über die Einheitsfahrleitung der Ö.B.B., Band E, Stand 1936.

²¹¹ EB, 23 (1952), S. 2.

still. Sowohl der Ausbau von Bahnhöfen als auch die systematische Erneuerung der Fahrleitungsanlagen haben dazu geführt, daß nur noch an wenigen Stellen des ÖBB-Netzes Fahrleitungen nach RZA-Normen vorhanden sind.

13.8. Einheitsbauarten der ÖBB

13.8.1. Allgemeine technische Bestimmungen

Ein Bedingnisheft der ÖBB²¹² legt die allgemeinen technischen Bestimmungen für die Ausführung der ÖBB-Einheitsfahrleitung fest. Die Auflage 1966 notiert hierzu:

Sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof besteht das nachgespannte Kettenwerk von 1,3 m Systemhöhe aus 40 mm² Kupfer-Stahl-Seil und 100 mm² Kupferfahrdrabt in Hauptgleisen bzw. 65 mm² Kupferfahrdrabt in Nebengleisen. Die größte Längsspannweite in der Geraden und in Krümmungsradien bis 1500 m beträgt 75 m. Bei Spannweiten von mehr als 48 m ist bei großen Krümmungsradien und in der Geraden die Aneinanderreihung gleich langer Spannfelder und jede Regelmäßigkeit bei der Wahl der Spannweiten zu vermeiden, wobei die Längenunterschiede bei unregelmäßiger Anwendung 1 bis 5 m betragen sollen. Mit Genehmigung der Generaldirektion kann auf untergeordneten wenig befahrenen Nebengleisen eine Fahrleitung ohne Tragseil ausgeführt werden.

Die Regelfahrdrabhöhe beträgt auf freier Strecke und in Bahnhöfen 5,75 m, unter Überbauten mindestens 4,95 m, der Fahrdrabtzickzack ± 400 mm. Der Fahrdrabt ist mit einem Vordurchhang so zu verlegen, daß dieser 1 mm je Meter Spannfeldweite beträgt. In der Geraden ist das Kettenwerk halbwindchief verlegt. Y-Beiseil ist in Hauptgleisen bei einer Streckenhöchstgeschwindigkeit von mehr als 80 km/h einzubauen.

Für Gleise der freien Strecke sind Stützpunkte mit Rohrschwenkauslegern vorzusehen. Bei Strecken mit mehr als 2 Gleisen erfolgt die Aufhängung an Querseilfeldern oder an Auslegern über 2 Gleise. In kleineren Bahnhöfen bis zu 5 Gleisen verwendet man Einzelstützpunkte oder Ausleger über 2 Gleise, in größeren Bahnhöfen mit mehr als 5 Gleisen Querseilaufhängung; diese ist auch in kleineren Bahnhöfen im Bereich von Bahnsteigen oder an Bahnhofköpfen zulässig, wenn die Aufstellung von Einzelmasten oder von Masten mit Auslegern über 2 Gleise unzweckmäßig ist.

Die Nachspannlänge beträgt höchstens 1600 m. Radspannwerke sind für einen Temperaturbereich von -30°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ auszubilden und spannen Tragseil und Fahrdrabt über eine Schwinge gemeinsam nach, z. B. im Hauptgleis mit jeweils

²¹² BH 939 A. Allgemeine technische Bestimmungen für die Ausführung der ÖBB-Einheitsfahrleitung, Auflage 1966.

10 kN. Bei der zweifeldrigen Nachspannung und Weichen sind die Fahrdrähte grundsätzlich mit Fahrdrahtkreuzungen zu verlegen; Streckentrennungen werden dreifeldrig ausgebildet. Bei Auslegerstützpunkten bildet man den Festpunkt als zweifeldriges Festpunktfeld aus, bei Querseilaufhängung als Fischbauch.

Seit 1963 baut man auf freier Strecke, insbesondere in windgefährdeten Streckenabschnitten, Strecken mit mehr als 2,5 Promille Steigung und Strecken mit höheren Fahrgeschwindigkeiten halbe Nachspannfelder mit 800 m Nachspannlänge ein, wobei die fest abgespannten Enden dieser Spannabschnitte stets bergseitig bzw. in zweigleisigen Strecken mit Neigungen bis 2,5 Promille gegen den Anfangspunkt der jeweiligen Fahrtrichtung anzuordnen sind. Weitere Vorschriften betreffen die Verwendung der Seile und Drähte, Bauformen von Auslegern, Ausbildung von Querseilfeldern, Fahrleitungsmasten und Schalteinrichtungen.

An der Entwicklung der Einheitsfahrleitung 1949 läßt sich verfolgen, welche Punkte der allgemeinen technischen Bestimmungen von der Einheitsfahrleitung der BBÖ östlich Salzburg (s. 13.6.3.) übernommen wurden, insbesondere, welche Anordnungen nach dem Zweiten Weltkrieg neu getroffen worden sind und welche Gründe später zu Änderungen führten.

13.8.2. Einheitsfahrleitung 1949

1949 (Bregenz -) Abzw. Lauterach - St. Margrethen
 1949 Attnang-Puchheim - Linz Hbf
 1950 Spittal-Millstättersee - Villach Hbf/Villach Westbf
 1951 Villach Westbf - Warmbad Villach
 1951 Linz Hbf - Amstetten
 1951 Bischofshofen - Eben im Pongau
 1952 Warmbad Villach - Arnoldstein
 1952 Amstetten - Wien Westbf
 1953 Arnoldstein - Staatsgrenze bei Thörl-Maglern
 1954 Bregenz - Staatsgrenze bei Lochau-Hörbranz
 1955 Warmbad Villach - Rosenbach
 1955 Wels - Staatsgrenze bei Passau

Die im Archiv der ELS Innsbruck vorhandenen Zeichnungen aus der Zeit der Österreichischen Staatseisenbahnen tragen die Bezeichnung "Elektrifizierungsbau 1946", nach der Konstituierung der ÖBB dagegen "ÖBB-Einheitsfahrleitung 1949". Die 1950 herausgegebene Handausgabe trägt den Titel "Ausführungszeichnungen über die ÖBB-Einheitsfahrleitung 1949 ausgeführt auf den Strecken Linz - Attnang, Villach - Spittal, Bischofshofen - Eben". Damit ist jedoch nicht gesagt, daß die in den Zeichnungen niedergelegte Fahrleitungsbauart ursprünglich überall auf den genannten Teilstrecken vorhanden gewesen ist. Vielmehr sind unter der Bezeichnung "Einheitsfahrleitung 1949" auch verschiedene Varianten der in den Ausführungszeichnungen festgelegten Einheitsfahrleitung der ÖBB einbezogen, wovon bei der

Elektrotechnischen Direktion nie Zeichnungen erstellt worden sind. Erst bei der Elektrifizierung Wels - Staatsgrenze bei Passau kam die Ausbildung der Einheitsfahrleitung 1949 zu einem gewissen Abschluß, weshalb insbesondere deren Entwicklung von 1949 bis 1955 näher darzustellen ist.

Zwar schreibt A. Koci häufig über Elektrifizierungsvorhaben der ÖBB, doch finden sich darin nur selten nähere Ausführungen über die Fahrleitung, so z. B. bei der Elektrifizierung Bregenz - Lindau: "Die Streckenausrüstung wurde auf der österreichischen Seite nach dem System der Einheitsfahrleitung der Bundesbahnen, auf der deutschen Seite im wesentlichen in der diesem System sehr ähnlichen deutschen Einheitsfahrleitung ausgeführt."²¹³ Allgemein sprechen verschiedene Verfasser anlässlich der Eröffnung des elektrischen Zugbetriebs auf Teilstrecken der ÖBB von der Einheitsfahrleitung und nennen jeweils die Anzahl der Masten oder der Isolatoren, auch die Masse des verarbeiteten Kupfers oder Stahls, doch findet sich eine ausführliche Beschreibung der Einheitsfahrleitung 1949 der ÖBB nur in bahninternen Unterlagen: in Dienstbehelfen²¹⁴, Bedingnisheften²¹⁵ samt zugehöriger Beilage mit den wichtigsten Regelplänen²¹⁶. Die ergiebigste Quelle ist auch hier die Handausgabe der Ausführungszeichnungen aus dem Jahre 1950²¹⁷ mit den 1955 und 1958 erschienenen Ergänzungen, weiter die Handausgabe aus dem Jahre 1963²¹⁸.

Ein Bedingnisheft der ÖBB²¹⁹ legt die Verwendung unterschiedlicher Materialien für das Längstragseil fest. Vor 1958 sah man auf freier Strecke und im Bahnhof bei besonderer Korrosionsgefahr 50 mm² Bronzeseil bei 100 mm² Fahrdraht bzw. 35 mm² Bronzeseil bei 65 mm² Fahrdraht vor, im Tunnel in der Regel 50 mm² Bronzeseil, ausnahmsweise 70 mm² Kupferseil. Zur Querschnittsverstärkung bei großen Unterwerksabständen oder bei einseitiger Speisung sah man letzteres auf besondere Anordnung auch auf offener Strecke vor. In allen übrigen Fällen verwendete man 50 mm² feuer-

²¹³ EuM, 72 (1955), S. 68 f.; EB, 26 (1955), S. 46.

²¹⁴ DB 925. Die Fahrleitungen der Österreichischen Bundesbahnen. Entwicklung und Grundlagen, Ausgabe 1974;
DB 926. Die Fahrleitungen der Österreichischen Bundesbahnen. Planungsrichtlinien, Bd. 1 - 3, Ausgabe 1974.

²¹⁵ BH 939 A. Allgemeine technische Bestimmungen für die Ausführung der ÖBB-Einheitsfahrleitung, Auflage 1966.

²¹⁶ Beilage zu DB 925/926/927. Die Fahrleitungen der Österreichischen Bundesbahnen, Ausgabe 1974.

²¹⁷ El 45. Ausführungszeichnungen über die ÖBB-Einheitsfahrleitung 1949 ausgeführt auf den Teilstrecken Linz - Attnang, Villach - Spittal, Bischofshofen - Eben, Bd. 1 - 3, Stand 1950.

²¹⁸ DB 945. Ausführungszeichnungen über die ÖBB-Einheitsfahrleitung, Bd. 1 - 3, Stand 1963.

²¹⁹ BH 939 A, Auflage 1966, S. 10 f.

verzinktes Stahlseil. Von 1958 bis 1963 baute man auf den Hauptgleisen der freien Strecke 70 mm² Kupfer-Stahl-Seil mit kupferummantelten Stahladern ein, auf Hauptgleisen der Bahnhöfe 50 mm² Bronzeseil, auf Nebengleisen 35 mm² Bronzeseil. Bei Neubauten ab 1963 montierte man einheitlich 40 mm² Kupfer-Stahl-Seil.

Nach einem Dienstbehelf der ÖBB²²⁰ verwendet man in Österreich seit Beginn der Elektrifizierung einheitlich Profilmahrdrähte von 100 mm² und 65 mm² Querschnitt, da diese nicht nur den Vorteil einer besseren Ausnützbarkeit, sondern durch ihre breite Kontaktfläche von Anfang an einen geringen über lange Zeit gleichbleibenden Verschleiß aufweisen. Nach A. Koci²²¹ fertigt man diesen zur Verlängerung der Gebrauchsdauer mit einem Kadmiumzusatz von höchstens 0,5 Prozent. 1959 erhöhte man den Tragseilzug von Fahrleitungen über Hauptgleisen von bisher 9 kN auf 10 kN, nicht dagegen bei vereinzelt verwendeten 70 mm² Kupfertragseilen.²²² Der 100 mm² Fahrdraht ist unverändert mit 10 kN gespannt. Die Hängerentfernung beträgt mindestens 9 m, höchstens 12,5 m.²²³

Z 13.8.2./1
Z 13.8.2./2

Die größten Änderungen gab es beim Stützpunkt. Nach K. David²²⁴ und A. Koci²²⁵ litt der Fahrleitungsbau in den ersten Nachkriegsjahren unter dem Mangel an Walzstahl; vor allem die für die Fahrleitungsmasten der freien Strecke bis dahin als Regelausführung verwendeten Breitflanschträger waren fast nicht zu erhalten. Masten aus zusammengeschweißten Altschienen auf der Westbahn oder Signalmasten aus Reichsbahn-Beständen in Kärnten konnten als Behelfslösung nur in geringem Umfang verwendet werden, weil es an geeigneten Altschienen ebenfalls mangelte und auch die überzähligen Signalmasten bald aufgebraucht waren. Seit Anfang der dreißiger Jahre konnten die ÖBB mit den auf der Strecke Völs - Kematen eingebauten Schleuderbetonmasten gute Erfahrungen sammeln, die Kreisform der Masten erwies sich jedoch für die verdrehungssichere Anbringung der Armaturen als unzuverlässig. Als günstige Lösung boten sich Rüttelbetonmasten mit Rechteckquerschnitt von solcher Größe an, daß sie an den Befestigungsstellen für die Fahrleitungsarmaturen die gleichen Abmessungen aufweisen wie die entsprechenden Breitflanschträgermasten, jedoch gewichtsmäßig nur etwa ein Viertel bis ein Drittel des Stahlbedarfs erfordern wie die seinerzeit von den BBÖ verwendeten Stahlmasten. Nach F. Schnabel²²⁶ bauten die ÖBB erstmals auf der freien Strecke des Bauabschnitts Marchtrenk -

F 13.8.2./4

F 13.8.2./1

²²⁰ DB 926/3, Ausgabe 1974, S. 67 ff.

²²¹ EuM, 78 (1961), S. 538.

²²² DB 925, Ausgabe 1974, S. 22.

²²³ Regelplan 25 Auflage 1965.

²²⁴ EuM, 72 (1955), S. 525 f.

²²⁵ EuM, 73 (1956), S. 89 ff.

²²⁶ ELIN, 5 (1953), S. 128 ff.

Hörsching der Westbahn Rüttelbetonmasten ein. Nach Überwindung von Anfangsschwierigkeiten bei der Fabrikation dieser Masten stellte man auch Bahnhofschtalgerüste und Querseilmasten mit rechteckigem Querschnitt aus Rüttelbeton her, zunächst auf der viergleisigen Strecke Hütteldorf-Hacking - Unter-Purkersdorf, weiter Hütteldorf - Penzing. Bei der Elektrifizierung Wels - Staatsgrenze bei Passau sah man erstmals sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof grundsätzlich Rüttelbetonmasten vor, lediglich in den Bahnhöfen Schärding und Neumarkt-Kallhamm mußte man einige überlange bzw. hochbeanspruchte Querseilmasten aus Stahl fertigen, auch solche, die wegen der beschränkten Reichweite des 20 t-Stellkranes seitlich zu weit von der Gleisachse abstehen.

Nach einem Dienstbehelf der ÖBB²²⁷ stellt man in Österreich die Betonmasten seit 1953 in vorgefertigte Hohlfundamente mit nach unten konisch verengten Hohlräumen; Hohlfundamente mit parallelelflächigem Hohlraum wurden erstmals im Bahnhof Hallwang-Elixhausen verwendet (s. 13.6.3.). Die um den Mastfuß verbleibenden Zwischenräume werden mit hartem, scharfgriffigem, trockenem Feinsplrit ausgefüllt und dann die Öffnung mit einer 10 cm dicken Betonschicht verschlossen. Bei Umbauten können die Betonmasten aus solchen Fundamenten verhältnismäßig leicht entfernt und wiederverwendet werden. 1969 stellte man die Erzeugung vorfabrizierter Fertigfundamente ein, weil die Kosteneinsparung durch den zusätzlichen Erdaushub nicht mehr gegeben ist.

Bei den Armaturen ist nach der Handausgabe der Einheitsfahrleitung 1949 aus dem Jahre 1950²²⁸ der Ersatz des bisherigen festen Auslegerbocks durch eine drehbare Ausführung aus Temperguß bemerkenswert, damit mit weniger Bauteilen eine einfache Montage und größere allseitige Beweglichkeit erreicht wird; zudem entfallen die Vogelschutzspitzen. Nach derselben Quelle übernahm man z. T. in abgeänderter Form einige bewährte Einzelteile der reichsdeutschen Fahrleitungsausrüstung in die Einheitsfahrleitung 1949.

Eine neue, in bezug auf den Porzellankörper vereinfachte Isolatorensreihe, bot bei allen Bauformen die Wahl zwischen Einfachschirm- und Doppelschirmisolator. Die Handausgabe der Ausführungszeichnungen von 1950 sieht nur für die Ausbildung eines neuen Streckentrenners und für Tunnelausrüstungen Stabisolatoren vor. Nach einem Dienstbehelf der ÖBB²²⁹ stellte man 1964 infolge der zunehmenden Verschmutzung von Fahrleitungsisolatoren, hoher Reinigungskosten und der Unmöglichkeit, bei dichtem Verkehr die Fahrleitungen zu Reinigungszwecken oder wegen Überschlügen häufig

²²⁷ DB 925, Ausgabe 1974, S. 19 ff.

²²⁸ El 45. Ausführungszeichnungen über die ÖBB-Einheitsfahrleitung 1949 ..., Bd. I. Stand 1950, S. 5 f.

²²⁹ DB 925, Ausgabe 1974, S. 24.

abzuschalten, die Beschaffung von Einfachschirmisolatoren mit einer Prüfwechselfspannung bei Regen von etwa 50 kV ein und verwendet seither bei Neu- und Umbauten nur mehr Doppelschirmisolatoren oder gleichwertige Typen mit einer Prüfwechselfspannung von etwa 70 kV. Den als Abspannisolator für Fahrleitungskettenwerke verwendeten Kappenisolator ersetzte man nach einer Berichtigung zur El 45 vor 1959 durch einen dreischirmigen Stabisolator.

Die Ausleger-Bauformen 1 - 5 bzw. 1s - 5s übernahm man un- Z 13.8.2./3
mittelbar von der Einheitsfahrleitung der BBÖ östlich Z 13.8.2./4
Salzburg (s. 13.6.3.); auch hängte man das Stützrohr beim Z 13.8.2./5
Stützpunkt L wie bei der Einheitsfahrleitung 1938 am 9 m Z 13.8.2./6
langen Y-Beiseil auf, sah jedoch 2 Hänger im Abstand von Z 13.8.2./7
jeweils 1 m zum Stützpunkt vor. Auch die Handausgaben der Z 13.8.2./8
Einheitsfahrleitung 1949 von 1950 bzw. 1963 notieren diese Z 13.8.2./9
Anordnung. In den fünfziger Jahren erweiterte man die Aus- Z 13.8.2./10
leger-Bauformen um die Typen 6 - 9 bzw. 6s - 9s mit vorge- Z 13.8.2./11
setzter Isolation, wobei am oberen Ende des Auslegerrohrs
ein Isolator befestigt ist. 1958 entwickelte man Drehaus- Z 13.8.2./12
leger mit vorgesezter Isolation an Auslegerböcken mit 0,8
bis 1,0 m Länge.²³⁰

Obwohl nach dem Titel der Handausgabe mit Ausführungs-
zeichnungen über die Einheitsfahrleitung 1949 die Fahrlei-
tungsanlage auf den Strecken Linz - Attnang, Villach -
Spittal und Bischofshofen - Eben nach den darin enthalte-
nen Zeichnungen ausgeführt sein soll, sagt A. Koci²³¹
1951: "Auf Grund der guten Erfahrungen, die bisher mit der
neu entwickelten vereinfachten Fahrleitungsaufhängung in
den Versuchsabschnitten der Strecke Spittal - Villach ge-
macht wurden, wird diese Aufhängung auf der Strecke
Amstetten - Linz nunmehr durchgehend angewendet. Die Ver-
einfachung besteht im Verzicht auf die Y-Aufhängung des
Fahrdrahtes und ihren Ersatz durch Einfachhänger beider-
seits der Stützpunkte und grundsätzliche Verwendung kurzer
Seitenhalter, die entweder aus leichten Gasrohren oder aus
feinlitzigen Drahtseilen bestehen." Zwei Jahre später
spricht derselbe Verfasser²³² nur noch von Probebauarten,
die eine Vereinfachung der Fahrleitung durch Ersparung der
Y-Aufhängung versuchen. Wie in den Versuchsabschnitten
zwischen Spittal und Villach erhielten sämtliche Ausleger-
stützpunkte der Strecke Villach - Staatsgrenze bei Thörl-
Maglern angelenkte Seitenhalter aus Seilen, jene zwischen F 13.8.2./8
Amstetten und Linz dagegen aus Rohren. Von keiner der bei- F 13.8.2./7
den Varianten der vereinfachten Einheitsfahrleitung exi-
stiert eine ED-Zeichnung.

1951 stellt A. Koci²³³ zur vereinfachten Einheitsfahrlei-
tung fest: "Die Versuchsfahrten haben gezeigt, daß die

²³⁰ DB 925, Ausgabe 1974, S. 22.

²³¹ EuM, 68 (1951), S. 413.

²³² EuM, 70 (1953), S. 30.

²³³ EuM, 68 (1951), S. 413.

Fahrleitungsbauart bis 140 km/h eine einwandfreie Stromabnahme erwarten läßt." Damals verfügten die ÖBB mit der Lokomotive 1118.01 (DRB E 18 42) wohl über ein einziges für diese Geschwindigkeit geeignetes Triebfahrzeug, jedoch noch nicht über einen Fahrleitungsmeßwagen; auch findet sich im Archiv der Versuchsanstalt München kein entsprechender Bericht. Tatsächlich befuhr man die vereinfachte Fahrleitung mit Rohrseitenhaltern bis zu deren Ersatz durch die Einheitsfahrleitung 1977 jahrelang mit bis zu 140 km/h, jedoch ist die vereinfachte Fahrleitung mit Seitenhaltern aus Seilen zwischen Spittal und Villach seit längerer Zeit normalisiert worden, nachdem die Seile an den Ösen durchgescheuert waren. Die Auslegerstützpunkte der Teilstrecke St. Pölten - Blindenmarkt mit Y-Beiseil erhielten grundsätzlich angelenkte Seitenhalter, St. Pölten - Wien dagegen die in der Handausgabe von 1950 festgelegte Anordnung, die man auch bei den später elektrifizierten Strecken anwendete.

- Z 13.8.2./16 Anscheinend überspannte man bei der Elektrifizierung Att-
nang-Puchheim - Linz die meisten Bahnhöfe noch nach den
Entwürfen der BBÖ vor dem Zweiten Weltkrieg: Einzelmast-
ausrüstung in den kleineren und mittleren Bahnhöfen, Quer-
seilaufhängung mit festem Tragseil in Linz Hbf mit einer
Systemhöhe von 1,95 m im 75 m-Feld, 1,55 m im 60 m-Feld;
ansonsten sieht die Ausführungszeichnung für Querseilauf-
hängung mit festem Tragseil 2,10 m Systemhöhe vor, so in
Villach Hbf oder Villach Westbf. Zuletzt erhielt die 1956
in Betrieb genommene Neubaustrecke Innsbruck Hbf/Innsbruck
Frachtenbf - Innsbruck Westbf (Konzertkurve) unter Berück-
sichtigung der bereits vorhandenen Fahrleitungsanlage fes-
tes Tragseil.²³⁴
- Z 13.8.2./13 Um auch in Bahnhöfen mit Querseilaufhängung mit einer we-
sentlich verminderten Systemhöhe auszukommen, mußte auch
dort das Kettenwerk nachgespannt werden. Die ÖBB wählten
zwei Ausführungsformen mit spannungsführenden Richtseilen:
- Z 13.8.2./14 Querseilaufhängung mit Tragseilrolle baute man zuerst in
den Bahnhöfen Wels und Lambach ein. Die Stammzeichnung von
AEG-Union wurde am 18.06.1947 gepaust und geprüft und baut
nach K. Sachs²³⁵ auf einem Vorschlag dieser Firma vor 1938
auf. Hierbei konnte die AEG-Union die Erfahrungen der AEG-
Fahrleitung mit nachgespanntem Tragseil im Querfeld auf
verschiedenen Teilstrecken der DRB nutzen (s. 7.5.1.). Bis
F 13.8.2./2 1963 verwendete man Tempergußrollen, seither zur Vermei-
dung von Ausgleichsströmen Rollen aus Hartporzellan.²³⁶

²³⁴ Die Konzertkurve in Innsbruck, Wien 1957, S. 26 f.

²³⁵ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und
Leipzig 1938, S. 229 ff.

²³⁶ DB 925, Ausgabe 1974, S. 24.

1952 rüstete man nach einem Dienstbehelf der ÖBB²³⁷ erstmals eine mehrgleisige Strecke mit Pendelaufhängung der Tragseile in Querseilfeldern auf; vermutlich ist die viergleisige Strecke Hütteldorf-Hacking - Unter Purkersdorf gemeint. Nach A. Koci²³⁸ erhielten bereits 1950 Zwischenbahnhöfe der Teilstrecke Spittal-Millstättersee - Villach Hbf diese Bauart, im folgenden Jahr der Bahnhof Linz Kleinmünchen und ein Teil der mehrgleisigen Strecke von dort nach Linz Hbf. Die Stammzeichnung von ÖSSW wurde am 25.11.1946 gepaust und geprüft, wobei die SSW-Fahrleitung mit nachgespanntem Tragseil im Querfeld des Bahnhofs Georgensgmünd zugrunde liegt (s. 7.5.2.). Während auf der Westbahn ansonsten lediglich der Bahnhof Tullnerbach-Preßbaum Pendelaufhängung im Querfeld erhielt, weisen alle Bahnhöfe der 1955 elektrifizierten Teilstrecke Warmbad Villach - Rosenbach diese Bauart auf, teilweise nur im einzigen vorhandenen Querfeld beim Bahnhofsschaltgerüst. Z 13.8.2./15

Ein Dienstbehelf der ÖBB²³⁹ erläutert die Nachteile dieser Variante der Querseilaufhängung: Bei Temperaturänderungen ergibt sich eine ungleiche Schrägstellung der vielfach unterschiedlich langen, in manchen Fällen sogar entgegengesetzt ausschwingenden Seitenhalter. Die starke Schräglage der Pendel bei Extremtemperaturen wirkt als teilweise Verankerung der Tragseile und verzieht die Richtseile. Die Störungsbeseitigung ist bei Pendelaufhängung schwieriger, da gleichzeitig die Höhenlage und die horizontale Entfernung der Stützpunkte eingestellt werden muß. Im Interesse größter Einheitlichkeit und geringster Ersatzteilhaltung gab man diese Bauart spätestens 1974 auf.

Bei der Elektrifizierung der Westbahn sah man in Sonderfällen Ausleger über 2 Gleise an Gittermasten wie auf der Tauernbahn vor. Um Kosten für die Masten einzusparen, entwickelte man nach einem Dienstbehelf der ÖBB²⁴⁰ im Jahre 1954 einen neuen aus abgekantetem Stahlblech hergestellten Ausleger über 2 Gleise. Dieser wird mit einem horizontal drehbaren Gelenk an den Mast angeschlossen und mittels eines genau dimensionierten Abscherstiftes so gesichert, daß im Störfall keine Überbeanspruchung der leichteren Masten auftreten kann. Eine Berichtigung zur Handausgabe der Ausführungszeichnungen von 1955 nennt als Baujahr 1953, ebenfalls die Handausgabe der Ausführungszeichnungen von 1963. Bei dieser Ausführung befestigt man die Seitenhalter an einem Seitenhaltertragrohr. F 13.8.2./5 Z 13.8.2./17

Weder die Handausgabe der Ausführungszeichnungen von 1950 noch jene von 1963 enthalten Zeichnungen von Stützpunkten in Tunnels. Ein Dienstbehelf der ÖBB²⁴¹ notiert hierzu:

²³⁷ DB 925, Ausgabe 1974, S. 21.

²³⁸ EB, 23 (1952), S. 3, Bild 4.

²³⁹ DB 926/2, Ausgabe 1974, S. 5 ff.

²⁴⁰ DB 925, Ausgabe 1974, S. 21.

²⁴¹ DB 926/1, Ausgabe 1974, S. 43 ff.

"Grundsätzlich ist zu versuchen, die selbsttätige Nachspannung von Fahrdrabt und Tragseil beizubehalten und Drehausleger mit verminderter Systemhöhe unterzubringen (z. B. Tauerntunnel, Karawankentunnel, Tunnel der Wiener Schnellbahn, Südbahn usw.). Bei entsprechender Scheitelhöhe können Stützpunkte auch nur pendelnd aufgehängte Isolatoren sein, woran das Tragseil angeklemt oder über eine Rolle durchlaufend geführt wird (z. B. neuer Semmeringtunnel, Sonnsteintunnel bei Ebensee usw.) ... In eingleisigen Tunnelstrecken besteht keine Möglichkeit zum Einbau von beweglichen Stützpunkten für das Tragseil, wenn nicht isolierte Aufhängungen mit Pendelhängern untergebracht werden können."

Demnach übernahm man bei der Einheitsfahrleitung 1949 für die Stützpunkte im Tunnel grundsätzlich die Zeichnungen der Einheitsfahrleitung 1926, ergänzte diese jedoch durch die Bauart mit nachgespanntem Kettenwerk im eingleisigen Tunnel; eine Elektrifizierungsfestschrift der ÖBB²⁴² bildet diesen Stützpunkt ab. Nach Mitteilung der Generaldirektion der ÖBB erhielten sowohl der alte als auch der neue Semmering-Tunnel nachgespanntes Kettenwerk. Im Zusammenhang mit dem 1974-1980 durchgeführten Umbau der Fahrleitung der freien Strecke der eingleisigen Arlberg-Westrampe (s. 13.8.3.2.) erhielten alle Tunnels zwischen Langen am Arlberg und Bludenz nachgespanntes Kettenwerk, jedoch nicht der Weinzierl-Tunnel und der Moltertobel-Tunnel, wo man das Tragseil fest abspannte. Schließlich spannte man auch in verschiedenen Tunnels der Mariazellerbahn das Kettenwerk nach. Bei rasch befahrenen zweigleisigen Tunnels mit Rohrschwenkauslegern an Hängesäulen sehen die ÖBB am Stützpunkt ein Y-Beiseil vor.

Die zweifeldrige Nachspannung mit getrennten Auslegern, die dreifeldrige Streckentrennung und den Festpunkt mit zweifeldrigem Festpunktfeld übernahm man grundsätzlich von der Einheitsfahrleitung der BBÖ östlich Salzburg (s. 13.6.3.). Bildete man den Festpunkt in Bahnhöfen zunächst mit Festpunktankermasten zwischen den Gleisen aus, sah man von der Elektrifizierung Wels - Passau an in Querseilfeldern nur mehr Fischbauchverankerungen vor. Erstmals baute AEG diese Bauart 1934 ein (s. 7.5.1.); nach der Handausgabe der Ausführungszeichnungen von 1963 erstellte die Stammzeichnung der ÖBB-Bauart die Firma ÖSSW. 1970 legte man für Schnellfahrstrecken die dreifeldrige Nachspannung fest.²⁴³ Von 1961 an führten die ÖBB systematisch Versuche mit Streckentrennern und Isolierschlaufen durch,²⁴⁴ die schließlich zu der von L. Mimmeler²⁴⁵ beschriebenen etwa 7 m langen für hohe Geschwindigkeiten geeigneten Schutzstrecke führten.

²⁴² Elektrisch über den Semmering, Wien 1959, S. 25.

²⁴³ DB 925, Ausgabe 1974, S. 26.

²⁴⁴ Ebenda, S. 23.

²⁴⁵ EuM, 87 (1970), S. 473 f.

13.8.3. Einheitsfahrleitung 1977

Einerseits stellte der Betrieb an die Einheitsfahrleitung der ÖBB immer höhere Anforderungen, andererseits unterbreiteten österreichische Elektrofirmer Verbesserungsverschlüsse. Verschiedene voneinander zunächst unabhängig verlaufende Entwicklungen führten schließlich zur Einheitsfahrleitung 1977 der ÖBB.

13.8.3.1. Weiterentwicklung für höhere Geschwindigkeiten

1949 stellt A. Koci²⁴⁶ fest, daß die Fahrleitung der Strecke Attnang - Linz "durch entsprechende Ausbildung der Fahrdrähtaufhängung für eine Fahrgeschwindigkeit von 130 - 140 km/h geeignet sein" wird. 1953 spricht derselbe Verfasser²⁴⁷ bereits von "dieser für Geschwindigkeiten bis 140 km/h einwandfrei geeigneten Einheitsbauart", 1956, daß nunmehr leichte Hilfsausleger, versuchsweise auch Spanndrähte, verwendet werden, "um ein sicheres Befahren dieser Fahrleitung bis zu Geschwindigkeiten von etwa 150 km/h zu ermöglichen."²⁴⁸ Nachdem in den folgenden Jahren A. Koci mehrfach dargelegt hat, daß die Einheitsfahrleitung der ÖBB für Geschwindigkeiten bis zu 140 km/h einwandfrei benutzbar ist,²⁴⁹ notiert derselbe Verfasser 1964: "Durch Verwendung der Y-Aufhängung und durch angelenkte leichte Seitenhalter ist diese Einheitsfahrleitung für Fahrgeschwindigkeiten bis mindestens etwa 160 km/h einwandfrei geeignet."²⁵⁰; schließlich 1966 bei der Elektrifizierung der Strecke Bruck - Graz: "Diese Bauart ist für Fahrgeschwindigkeiten bis 160 km/h einwandfrei geeignet, hat aber bei Versuchen im Ausland gezeigt, daß sie auch für eine Fahrgeschwindigkeit von 200 km/h durchaus betriebs-tauglich ist."²⁵¹ Hier ist zu erinnern, daß die ÖBB von 1958 an mit einer Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h fahren, seit 1969 mit 140 km/h (s. 13.2.); 1960 setzten die ÖBB erstmals ihren Meßwagen für Fahrleitungsuntersuchungen ein (s. 1.7.).

L. Mimmmler²⁵² führt 1970 bei der Elektrifizierung der Strecke Selzthal - Hieflau - Eisenerz aus: "Die Fahrleitung wird in der bewährten Regelbauart der ÖBB weitergebaut. Sie ist für eine Fahrgeschwindigkeit von 160 km/h geeignet. Sollte eine höhere Fahrgeschwindigkeit ins Auge gefaßt werden, ist daran gedacht, durch verhältnismäßig wenig aufwendige Maßnahmen die Fahrleitung anzupassen. Darunter fallen vor allem die Erhöhung der Zugspannung im

²⁴⁶ EuM, 66 (1949), S. 154.

²⁴⁷ EuM, 70 (1953), S. 30.

²⁴⁸ EuM, 73 (1956), S. 92.

²⁴⁹ EuM, 78 (1961), S. 538; EuM, 79 (1962), S. 147.

²⁵⁰ ETR, 13 (1964), S. 586.

²⁵¹ EuM, 83 (1966), S. 480.

²⁵² EuM, 87 (1970), S. 473.

Fahrdraht und im Tragseil und die Anwendung von Halbsektionen auf Schnellfahrstrecken, in zweiter Linie ist erst eine kleinere Hängerentfernung zu erwägen." K. Sedlak²⁵³ listet im darauffolgenden Jahr die einzelnen Änderungen an der Einheitsfahrleitung für Geschwindigkeiten über 140 km/h auf.

L. Mimmler²⁵⁴ skizziert den Gedankengang zur Weiterentwicklung der Einheitsfahrleitung für höhere Geschwindigkeiten: "Die seit vielen Jahren im wesentlichen unveränderte in einigen Details verbesserte Einheitsfahrleitung der Österreichischen Bundesbahnen ist für Fahrgeschwindigkeiten bis 140 km/h zugelassen. Tatsächlich kann sie bis zu etwa 165 km/h betriebsmäßig verwendet werden, wenn nicht abnormale Wetterverhältnisse herrschen. Eine Fahrgeschwindigkeit über 160 km/h ist auf den bestehenden Strecken in absehbarer Zeit nicht beabsichtigt. Da es aber notwendig ist, die Anlagen nicht bis zu ihrer Grenze zu beanspruchen, sind Änderungen der Einheitsfahrleitung ins Auge gefaßt, welche eine maximale Fahrgeschwindigkeit bis zu 200 km/h gestatten sollen." Hierauf stellt derselbe Verfasser die Merkmale der im Zuge der Elektrifizierung Graz - Spielfeld-Straß zwischen Leibnitz und Lebring eingebauten Versuchsfahrleitung dar und stützt sich dabei auf die Ausführungen eines Bedingnisheftes der ÖBB²⁵⁵: Die größte Längsspannweite beträgt 65 m, die Hängerentfernung 7 - 10 m. Die beiden Hänger im 14 m langen Y-Beiseil sind jeweils im Abstand von 1,0 m vom grundsätzlich angelenkten Leichtmetallseitenhalter angeordnet. Die Nachspannlänge beträgt etwa 1200 m, um größere Änderungen der Auslegerstellung nahe von Nachspannungen bzw. Streckentrennungen zu vermeiden. Die Nachspannungen von km 238,3 bis km 240,9 sind zweifeldrig ausgeführt, von km 241,9 bis zur Streckentrennung Leibnitz dreifeldrig. Anstelle der bisher verwendeten Doppelschirmisolatoren mit einer Prüfwechselspannung bei Regen von 65 kV baute man Stabisolatoren mit einer Prüfwechselspannung bei Regen von 80 kV ein. Die Stromverbindungen sind als Preßverbindungen hergestellt.

Die zwischen Leibnitz und Lebring bis zu einer Geschwindigkeit von 165 km/h durchgeführten Meßfahrten flossen schließlich in einen Entwurf zu einem Dienstbehelf der ÖBB²⁵⁶ ein, der in folgenden Punkten genauere Festlegungen trifft: Am Stützpunkt mit 14 m Y-Beiseil sind grundsätzlich angelenkte Leichtbau-Seitenhalter einzubauen, wobei das Seitenhaltertragrohr direkt am Auslegerrohr aufzuhän-

²⁵³ ÖBB, (1971), Heft 12, S. 15 ff.

²⁵⁴ EuM, 92 (1975), S. 246.

²⁵⁵ BH 939 B 19. Besondere technische Bestimmungen für die Ausführung der Fahrleitungsanlagen Graz - Spielfeld-Straß, 3. Ausgabe März 1972, S. 6 f.

²⁵⁶ Entwurf DB 922. Maßnahmen an Fahrleitungen der Österreichischen Bundesbahnen zur Erhöhung der zulässigen Geschwindigkeit auf 200 km/h, Entwurf 1971.

gen ist. Zur Vermeidung von Fahrleitungsschwingungen in windgefährdeten Abschnitten sind die Mastabstände so zu wählen, daß unregelmäßige Feldweiten mit mindestens 5 m Differenz aufeinander folgen. Bei zwingender Absenkung der Fahrleitung unter Überbauten sind möglichst flache Fahrdratrampen auszubilden. Es sind halbe Nachspannfelder bis 600 m Länge mit dreifeldriger Nachspannung vorzusehen. Für Tragseil und Fahrdraht sind getrennte selbsttätige Nachspannvorrichtungen einzubauen. Neigungspunkte der Gleisanlage sind bei der Mastaufteilung und Regulierung der Fahrleitung zu berücksichtigen.

Nach Mitteilung der Generaldirektion der ÖBB erhielten folgende Strecken die als Vorläuferin der Einheitsfahrleitung 1977 zu bezeichnende Bauart mit Rohrschwenkauslegern aus Stahl:

- 1976 Hall in Tirol - Innsbruck Hbf (Umbau)
- 1976 Gramatneusiedl - Staatsgrenze bei Nickelsdorf
- 1977 Gänserndorf - Bernhardsthal
- 1978 Wien FJBf - Tulln Stadt (größtenteils)

Nach Ausführungen über die Elektrifizierung Wien - Hegyeshalom²⁵⁷ handelt es sich um eine Übergangsbauart: Wohl sieht man halbe Nachspannfelder von 700 m Länge vor, auch sind Tragseil und Fahrdraht getrennt mit jeweils 10 kN nachgespannt, doch beträgt die Längsspannweite in der Geraden 75 m, die Nachspannung ist zweifeldrig. Bei der Elektrifizierung Gänserndorf - Bernhardsthal baute man halbe Nachspannfelder mit dreifeldriger Nachspannung ein.²⁵⁸

Den Entwicklungsstand der ÖBB-Einheitsfahrleitung zu jenem Zeitpunkt stellt O. Herrmann²⁵⁹ dar. Als Tragseil verwendet man im Normalfall 50 mm² feuerverzinktes Stahlseil, bei ungünstigen Umweltbedingungen aus nichtrostendem Sonderstahl.

Nach R. Hanreich²⁶⁰ richteten die ÖBB die Teilstrecke Angern - Drösing der Nordbahn Wien - Bernhardsthal in beiden Richtungen als Schnellfahrversuchsstrecke für 220 km/h her, die Längsspannweite beträgt hier "rund 60 m". Bei Schnellfahrversuchen vom 24. und 25.10.1984 erreichte die 120 001-3 der DB dort eine Höchstgeschwindigkeit von 234,8 km/h. Während die eine Quelle notiert: "Mit den mitgeführten Oberbaumeßwagen und dem elektrotechnischen Meßwagen wurden einerseits die auf Rad und Schiene wirkenden Querkräfte und das Befahren von Weichen, andererseits das Verhalten der Fahrleitung bei hohen Geschwindigkeiten über-

²⁵⁷ ebt, 11 (1976), S. 68 f.; Wien - Hegyeshalom elektrisch, Wien 1976, S. 30 ff.

²⁵⁸ ÖBB, (1977), Heft 6, S. 33 f.

²⁵⁹ ELIN, 30 (1978), S. 27 ff.

²⁶⁰ ÖBB, (1981), Heft 9, S. 10 f.; s. auch ebt, 17 (1982), Heft 2, S. 30.

prüft und gemessen."²⁶¹, stellt eine andere fest: "Alle Beteiligten waren mit den Ergebnissen voll zufrieden; sie werden an Hand der Aufzeichnungen durch die beiden Meßwagen derzeit ausgewertet."²⁶²

Nach Augenzeugen war die Stromabnahme bis 220 km/h gut. Im Vergleich zur Oberleitung Re 200 der DB mit 80 m Spannweite (s. 11.8.4.) verhält sich die zwischen Angern und Drösing eingebaute ÖBB-Fahrleitung zufolge der geringeren Längsspannweite bis 220 km/h sogar etwas besser als die Oberleitung Re 200 der DB. Bei höheren Geschwindigkeiten stellte man zu große Schwingungsamplituden und allgemein Unruhe im Kettenwerk mit starker Lichtbogenbildung fest, besonders bei Querseilaufhängung im Bahnhof Dürnkrot.

13.8.3.2. Weiterentwicklung für höhere Stromstärken

Das aus 50 mm² Stahltragseil und 100 mm² Kupferfahrdrabt bestehende Kettenwerk der ÖBB läßt eine Dauerstromstärke von 350 A zu (s. 13.8.3.4.). Nach A. Koci²⁶³ verminderte man die Strombelastung der Fahrleitungsketten der Nord- bzw. Südrampe der Semmeringstrecke, indem man diese jeweils in zwei Speisebereiche unterteilte, von denen der obere unmittelbar vom Unterwerk Semmering gespeist wird, während den unteren Abschnitten die elektrische Energie über Speiseleitungen zugeführt wird. Diese Unterteilung der Speisung führte gleichzeitig zu einer vereinfachten und beschleunigten Fehlereingrenzung auf der Strecke.

Nach dem Geschäftsbericht 1976 der ÖBB erhielt im Zusammenhang mit der Elektrifizierung der Grenzstrecke Maribor - Spielfeld-Straß mit 3000 V Gleichspannung die freie Strecke südlich des Bahnhofs Spielfeld-Straß die Einheitsfahrleitung 1949, jedoch mit 2 Fahrdrähten, wobei Tragseil und Doppelfahrdrabt getrennt nachgespannt sind.

Der Einsatz leistungsstärkerer elektrischer Triebfahrzeuge führte auf den österreichischen Gebirgsbahnen allgemein zu höheren Primärstromstärken. Insbesondere hatte nach W. Breyer²⁶⁴ die Inbetriebnahme von Thyristorlokomotiven einen höheren Energieverbrauch zur Folge. Der planmäßige Einsatz von Thyristorlokomotiven der Reihe 1043 auf der Tauernbahn führte dort von 1971 an zufolge des hohen Blindstromverbrauchs dieser Maschinen zu einem unzulässig großen Spannungsabfall in der Fahrleitung.

²⁶¹ ebt, 19 (1984), Heft 4, S. 29.

²⁶² ÖBB, (1984), Heft 12, S. 16.

²⁶³ JdE, 13 (1962), S. 91.

²⁶⁴ ÖBB, (1977), Heft 10, S. 15 ff.

Bei der 1971 in Betrieb genommenen Doppelspurinsel Oberfalkenstein - Penk mit der Pfaffenberg-Zwenberg-Brücke²⁶⁵ F 13.8.3.2./1 bauten die ÖBB nach Mitteilung der ELS Villach erstmals eine Fahrleitungskette für hohe Primärströme ein. G. Hengel²⁶⁶ nennt folgende Querschnitte: 70 mm² Kupfer-Kadmium-Tragseil, 100 mm² Kupfer-Silber-Fahrdraht, 150 mm² Kupfer-Silber-Seil als Bahnhofs-Umgehungsleitung bzw. als Verstärkungsleitung auf eingleisigen Streckenabschnitten. Die Verstärkungsleitung ist in Bahnhöfen mit der Fahrleitung parallel geschaltet; in den Bahnhofsschaltgerüsten sieht man entsprechend für die Sammelschienen 2 x 150 mm² Kupfer-Silber-Seil vor. Der Silbergehalt beträgt jeweils 0,1 Prozent. F 13.8.3.2./2

Hier sei angemerkt, daß das in einer Dienstvorschrift der ÖBB²⁶⁷ wiedergegebene Schaltbild der eingleisigen bzw. zweigleisigen Strecke mit Umgehungsleitungen und einem Schaltgerüst in jedem Bahnhof in der Tradition der ersten Elektrifizierungen der BBÖ liegt. H. Luithlen²⁶⁸ gibt sowohl die Schaltung der Fahrleitungsanlage der Arlberglinie als auch die Regelschaltung der zweigleisigen Strecke wieder.

Nach gleicher Quelle von G. Hengel ist der Fahrdraht bei einer Umgebungstemperatur von +40°C und einer Windgeschwindigkeit von 1 m/s auf die Endtemperatur von +100°C ausgelegt, was eine Betriebsstromstärke von etwa 1000 A bei neuem oder 880 A bei abgenutztem Fahrdraht erlaubt. Die Verstärkungs- bzw. Umgehungsleitung erreicht bei einem Dauerstrom von 900 A die Endtemperatur von etwa +115°C. Die zulässigen Dauerstromstärken können 2 Minuten lang um maximal 50 Prozent überschritten werden.

Auf der Tauernbahn erneuerte man vor allem das Kettenwerk der freien Strecke, da der Kupferquerschnitt der Bahnhofs-gleise ansich den Anforderungen genügte. Obwohl die allgemeinen technischen Bestimmungen für die Ausführung der ÖBB-Einheitsfahrleitung Querseilaufhängung erst in Bahnhöfen mit mehr als 5 Gleisen vorsehen (s. 13.8.1.), ersetzte man auf der Tauernbahn in den Bahnhöfen sukzessive die nach L. Mimmmler²⁶⁹ dem Betrieb vielfach hindernde und personalgefährdende Einzelmastausrüstung durch Querfelder. F 13.8.3.2./3

Nach Mitteilung von J. Husch baute man 1974-1980 die Fahrleitung der freien Strecke der Arlbergwestrampe mit den gleichen Querschnitten wie auf der Tauernbahn um. Da dort

²⁶⁵ ÖBB, (1971), Heft 8, S. 33 ff.

²⁶⁶ EB, 48 (1977), S. 274.

²⁶⁷ El 52. Dienstvorschrift für den Betrieb der Leitungsanlagen der elektrisch betriebenen Haupt-, Neben- und Anschlußbahnen, Ausgabe 1968, Anlage 1.

²⁶⁸ EB, 1 (1925), S. 75, Abb. 20; EB, 3 (1927), S. 180, Abb. 15.

²⁶⁹ EuM, 92 (1975), S. 246 f.

die Bahnhöfe meist Joche aufweisen, ist der Umbau der Bahnhofsahrleitung am Arlberg nicht so dringend wie auf der Tauernbahn und wird im Laufe der Jahre durchgeführt. Bei der Erneuerung des Abschnitts Landeck - Pians der Arlbergstrampe von 1977-1979 baute man bei gleichen Seilquerschnitten bereits 120 mm² silberlegierten Kupferfahrdrat ein.

13.8.3.3. Einführung von Aluminiumrohren

O. Herrmann u. a.²⁷⁰ stellen die Entwicklung und Erprobung von Aluminauslegern für Fahrleitungen dar. Nachdem die ÖBB bereits bei der weiterentwickelten Einheitsfahrleitung 1949 angelenkte Leichtbau-Seitenhalter aus der Aluminiumlegierung AlMgSi1 F32 eingebaut hatten (s. 13.8.3.1.), sollten auch die Rohrschwenkausleger aus einer Aluminiumlegierung gefertigt werden, um durch eine verminderte Masse die Elastizität der Fahrleitung zu verbessern, die Montage zu erleichtern und infolge stark verminderter Korrosionsanfälligkeit an Wartungskosten zu sparen.

Als Konstruktionselemente wählte man bügelgepreßte Rohre aus AlZnMg1 F35. Für die konstruktive Auslegung war vorgegeben, daß das Systembild nicht verändert werden darf und daß vorhandene Armaturen verwendet werden müssen. Weiter untersuchte man das Kurzschlußverhalten der verwendeten Aluminiumrohre, schließlich das Korrosionsverhalten. 40 Ausleger aus AlZnMg1 baute man in einen Streckenabschnitt ein, bei dem in Höhe der Ausleger eine Schnellstraße verläuft, die im Winter durch Salz schneefrei gehalten wird. Durch den starken Autoverkehr wurden diese Ausleger einem anhaltenden "Salzsprühtest" unterzogen. "Eine Kontrolle nach einer Winterperiode ergab, daß die Funktion der Ausleger dadurch nicht beeinträchtigt wurde." Nach Abschluß der Versuche baute man zunächst 40 Ausleger mit Aluminiumrohren im Streckenabschnitt Nußdorf - Klosterneuburg der Franz-Josefs-Bahn ein, im anschließenden Streckenabschnitt Klosterneuburg - St. Andrä-Wördern mit engen Innen- und Außenbögen sowie Abspannmittelmasten mit besonders starken Eckzügen rüstete man die Ausleger (500 Stück) generell mit Rohren aus AlZnMg1 aus. Sowohl das Kettenwerk als auch die Ausleger-Bauformen entsprechen hier grundsätzlich der Einheitsfahrleitung 1949.²⁷¹

F 13.8.3.3./1

Zusammenfassend stellen die Verfasser fest: "Die bislang vorliegenden Betriebserfahrungen zeigen, daß das System die Erwartungen erfüllt. Das betrifft sowohl die Korrosionsbeständigkeit, als auch die Belastbarkeit des Systems sowie die Fahreigenschaften. Für die Zukunft ist der weitergehende Einsatz dieses Systems geplant."

²⁷⁰ Aluminium, 55 (1979), S. 271 ff.

²⁷¹ ÖBB, (1978), Heft 11, S. 9 ff.

13.8.3.4. Konstruktive Merkmale der Einheitsfahrleitung 1977

- 1979 Guntramsdorf - Gumpoldskirchen (Umbau)
 1979-1981 Linz Hbf - Wels (Umbau)
 1979-1984 Innsbruck Hbf - Eigentumsgrenze bei Brennersee
 (Umbau)

Im Jahre 1977 gaben die ÖBB die Ausführungszeichnungen über die ÖBB-Einheitsfahrleitung als Dienstbehelf²⁷² heraus und ergänzen diese seither. Im Gegensatz zu den früher erschienenen Handausgaben von Ausführungszeichnungen der ÖBB handelt es sich hier um eine Zusammenstellung verkleinerter Stammzeichnungen, weshalb bei jeder Zeichnung das Ausgabedatum vermerkt ist. Da die wichtigsten Zeichnungen der neu konzipierten Einheitsfahrleitung der ÖBB im Jahre 1977 entstanden sind, sei die Fahrleitung diesem Jahr zugeordnet.

Zunächst ist abzuklären, wofür die Elektrotechnische Direktion eine neue Einheitsfahrleitung entwickelte, nachdem die stark belasteten Hauptstrecken der ÖBB bereits alle elektrifiziert waren; für die im Elektrifizierungsprogramm 1980-1989 vorgesehenen Linien (s. 13.4.) hätte die Einheitsfahrleitung 1949 ausgereicht.

Im Zusammenhang mit dem genannten Elektrifizierungsprogramm führt G. Winkler²⁷³ 1981 aus: "Mit gleichem Bericht war dem Vorstand der unbedingt notwendige Ausgabenrahmen für die bis 1989 dringend gebotenen Erneuerungsarbeiten an Fahrleitungsanlagen, Übertragungsleitungen und Unterwerken vorgelegt worden. Die technische Konzeption sowie der Erhaltungszustand zahlreicher Hauptmagistralen entspricht nach 25- bis 50-jähriger Betriebszeit nicht mehr den Anforderungen eines modernen Verkehrskonzeptes, das bei steigenden Betriebsleistungen, höheren Geschwindigkeiten und leistungsstärkeren Triebfahrzeugen wesentlich höhere Anforderungen an die Anlagen stellt. Der bereits erhebliche Nachholbedarf läßt sich aus betrieblichen und technischen Gründen nur schrittweise egalisieren und bedeutet in dieser Phase weiterhin erhöhte Störungsquoten. Die Elektrotechnische Direktion hat ... beantragt, dem Erneuerungsprogramm auf Hauptmagistralen Vorrang vor neuen Elektrifizierungsvorhaben einzuräumen, wenn der jährliche Budgetrahmen die Verwirklichung beider Konzepte gleichzeitig nicht zuläßt."

O. Herrmann²⁷⁴ und M. Irsigler²⁷⁵ beschreiben die neue Einheitsfahrleitung, verschiedene Aufsätze ohne Verfasser-

²⁷² DB 945. Ausführungszeichnungen über die ÖBB-Einheitsfahrleitung, Bd. 1 - 2, Stand 1977.

²⁷³ ÖBB, (1981), Heft 5, S. 4 f.

²⁷⁴ ebt, 16 (1981), Heft 1, S. 12 ff.

²⁷⁵ ebt, 21 (1986), Heft 2, S. 11 ff.

angabe ergänzen deren Ausführungen. Als Tragseil in Hauptgleisen verwendet man 70 mm² silberlegiertes Kupferseil, auf freier Strecke als Fahrdraht in Hauptgleisen stark belasteter Hauptstrecken 120 mm² silberlegierten Kupferfahrdrabt, bei weniger stark belasteten Eisenbahnlinien 100 mm² silberlegierten Kupferfahrdrabt, dies ebenfalls in durchgehenden Hauptgleisen der Bahnhöfe. In Nebengleisen der Bahnhöfe sieht man verzinktes Stahlseil, Bronzeseil oder Kupfer-Nirosta-Seil von 50 mm² vor und 65 mm² silberlegierten Kupferfahrdrabt. Damit bauen die ÖBB ausschließlich den mit einer Kennrille versehenen silberlegierten Kupferfahrdrabt ein. Das Kettenwerk mit logarithmischer Hängerausteilung ist mit Vordurchhang verlegt, wobei gerechnete Hänger aus 10 mm² Bronzeseil eingebaut werden. Unverändert beträgt nach den allgemeinen technischen Bestimmungen für die Ausführung der ÖBB-Einheitsfahrleitung die größte Längsspannweite 75 m (s. 13.8.1.), jedoch hat sich die Gepflogenheit herausgebildet, die Einheitsfahrleitung mit einer größten Längsspannweite von meist 64 m, maximal 65 m zu verlegen.

- Z 13.8.3.4./1 Bei Stützpunkten mit Rohrschwenkauslegern in Hauptgleisen
 Z 13.8.3.4./2 sieht man grundsätzlich angelenkte Seitenhalter mit Auf-
 Z 13.8.3.4./3 hängung des Stützrohres am Tragseilhalter vor, auch bei
 Z 13.8.3.4./4 Anordnung eines Y-Beiseils bei Geschwindigkeiten von mehr
 Z 13.8.3.4./5 als 80 km/h; hierbei ist zwischen Y-Beiseil (25 mm² Bron-
 zeseil) und Stützrohr ein Hänger locker eingebaut. Nach
 Mitteilung von O. Herrmann hat die Aufhängung des Stütz-
 rohres am Tragseilhalter den Zweck, das Durchschwingen des
 Tragrohres und damit verbunden ein Aufschaukeln der Fahr-
 leitung zu vermeiden. Die Aufhängung des Tragrohres am Y-
 Beiseil erfolgt, um bei dem bei Mehrfachtraktion auftre-
 tenden höheren Anhub der Fahrleitung durch das Y-Beiseil
 das Tragrohr anzuheben, um ein Anschlagen des Seitenhal-
 ters zu vermeiden.

Von der bisherigen Einheitsfahrleitung übernimmt man für den Normalfall die schlaffbewehrten Stahlbetonmasten, nur in Ausnahmefällen verwendet man in großen Bahnhöfen feuerverzinkte Stahlmasten als Aufsetzmasten. Unter grundsätzlicher Beibehaltung der Drehausleger-Bauformen der Einheitsfahrleitung 1949 verwendet man ausschließlich bügelgepreßte Rohre aus AlZnMg1 F35; anstelle der Konstruktionselemente aus feuerverzinktem Temperguß GTW 40 sieht man solche aus Aluminiumlegierungen, vornehmlich GK-AlSi7Mg vor, dies auch für die Kappen der im Regelfall fünfschirmigen, bei Verschmutzungsgefahr siebenschirmigen Stabisolatoren der Mindestbruchlast 72 kN.

- Z 13.8.3.4./6 Die Querseilaufhängung mit spannungsführenden Richtseilen und Tragseilrolle für nachgespanntes Tragseil entspricht der bisherigen Ausführung. Für die Quertragseile und die Richtseile verwendet man Seile aus feuerverzinkten Stahl-
 drähten, in verschmutzungsgefährdeten Gebieten aus nicht rostendem Sonderstahl von 70 mm², ausnahmsweise 120 mm² Querschnitt. In Sonderfällen, wo die Anwendungsmöglichkeiten des auf Druck liegenden Auslegers über 2 Gleise mit

Seitenhaltertragrohr überschritten werden, verwendet man einen solchen mit Anschlußträger. Eine preisgünstige Über-
spannung von Bahnhöfen mit 4 Gleisen ermöglicht die Anord-
nung von 2 gegenüberstehenden Masten mit Auslegern über 2
Gleise und durchgehendem nicht gefedertem unteren Richt-
seil, die nach L. Mimmmler²⁷⁶ erstmals zur Erprobung in
Himberg ohne Richtseilfeder bzw. Obereggenndorf mit Richt-
seilfeder ausgeführt worden ist. Z 13.8.3.4./7
Z 13.8.3.4./8

In Hauptgleisen mit halben Nachspannfeldern werden Trag-
seil und Fahrdrabt getrennt nachgespannt, in Nebengleisen
gemeinsam. Bis 130 km/h erfolgt die Nachspannung zweifeld-
rig, darüber dreifeldrig. Die Streckentrennung ist grund-
sätzlich dreifeldrig ausgeführt. Schließlich ersetzte man
den bislang in Schaltgerüsten verwendeten Hörner-Strecken-
schalter für 350 A durch einen Mast-Trennschalter mit Li-
nienkontakt für 2000 A.

Entsprechend der Konzeption der Einheitsfahrleitung 1977
baute man von 1979 an stark belastete Hauptstrecken um, so
die Teilstrecke Linz Hbf - Wels²⁷⁷. Im gleichen Jahr be-
gann nach einem Aufsatz über die Leistungssteigerung der
Brennerbahn ohne Verfasserangabe²⁷⁸ dort die Erneuerung
der Fahrleitungsanlage. War die aus 50 mm² Stahltragseil
und 100 mm² Kupferfahrdrabt bestehende Fahrleitungskette
nur mit etwa 350 A belastbar, läßt das aus silberlegier-
tem Kupfer bestehende Kettenwerk mit 70 mm² Tragseil und
120 mm² Fahrdrabt auch bei einer Fahrdrabtabnutzung von 20
Prozent etwa 1000 A als Dauerstrombelastung zu, wobei im
Abstand von 150 bis 200 m zwischen Tragseil und Fahrdrabt
Stromverbinder mit Preßklemmen eingebaut sind. Dieser Auf-
satz nennt folgende Nachspannkräfte: Tragseil 9,71 kN,
Fahrdrabt 11,48 kN; weiter als Temperatur des Kettenwerks
und der 150 mm² Umgehungsleitung aus silberlegiertem Kup-
ferseil "100°C und darüber". Verwendete man auf der Bau-
strecke Innsbruck Hbf - Matrei noch Ausleger aus Stahl-
rohr, baute man südlich davon solche aus Aluminum ein.
Nach G. Winkler und R. Rotter²⁷⁹ schloß man die Erneuerung
der Fahrleitungsanlage der Brennerbahn 1984 ab.

Während die Erneuerung der Fahrleitung Linz - Wels der
Bauzug der EZW Salzburg besorgte, führte dies auf der
Brennerbahn die Firma Siemens durch. Bei dem Ersatz abgän-
giger Fahrleitungsanlagen stark belasteter Hauptstrecken
gehen die ÖBB nach folgendem Konzept vor: Beidseits eines
Unterwerks erneuert man fortschreitend zunächst die Ab-
schnitte der freien Strecke und die Umgehungsleitungen der
Bahnhöfe mit den Schaltgerüsten, um die höheren Primär-
stromstärken auf den erneuerten Abschnitten sofort nutzen
zu können; anschließend erfolgt der Umbau der Bahnhöfe.

²⁷⁶ EuM, 92 (1975), S. 246 f.

²⁷⁷ ÖBB, (1981), Heft 1, S. 30 f.

²⁷⁸ ÖBB, (1979), Heft 12, S. 8 ff.

²⁷⁹ EB, 82 (1984), S. 261.

13.8.4. Einheitsfahrleitung für Hochleistungsstrecken

Innerhalb des Projekts "Neue Bahn" ist nach P. Großkopf²⁸⁰ das diesem Planungskonzept zugrundegelegte Hochleistungsstreckennetz aus Aus- und Neubaustrecken von besonderer Bedeutung. Für Zughöchstgeschwindigkeiten von 200 km/h ist vor allem die Westbahn mit den Neubaustrecken Wien - St. Pölten und Attnang-Puchheim - Salzburg vorgesehen, wobei die bestehende Strecke St. Pölten - Attnang-Puchheim mit größeren Neutrassierungsabschnitten zwischen Melk und Ybbs sowie zwischen Haag und St. Valentin auszubauen ist. Für den teilweisen Aus- bzw. Neubau der Strecke Wien - Graz wird etwa von Wien bis in dem Raum Gloggnitz ein Ausbau für eine Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h erwogen. Nach anschließender Untertunnelung des Semmerings ist der topographisch und siedlungsstrukturell schwierige Abschnitt Mürzzuschlag - Bruck an der Mur - Graz für einen Ausbau für Zuggeschwindigkeiten bis zu 160 km/h bzw. bis zu 120 km/h vorgesehen. Langfristig sehen die ÖBB eine direkte Neubaustrecke zwischen Salzburg und Wörgl, den Neubau einer direkten Linie zwischen Graz und Klagenfurt und eine Neubaustrecke zwischen Klagenfurt und Villach südlich des Wörthersees vor. Für diese Aus- bzw. Neubaustrecken hatte die Bau- und Elektrotechnische Direktion eine Fahrleitungsanlage für hohe Betriebsbelastungen und Geschwindigkeiten zu entwickeln.

A. Gruber²⁸¹ notiert hierfür als statische und dynamische Kriterien:

- Gleichmäßige Ruhelagen bei Fahrdrathöhe, Zickzack und Vordurchhang,
- geringe und gleichmäßige Elastizität,
- gleichmäßige Massekonzentration.

Zusätzlich muß die Fahrleitungskette auch für hohe Betriebs- und Kurzschlußströme geeignet sein sowie ein hohes Isolationsniveau und einen entsprechenden mechanischen Sicherheitsfaktor aufweisen. Diese Forderungen führten dazu, die Fahrleitung für die mechanischen Beanspruchungen optimal zu dimensionieren und die geforderte elektrische Belastbarkeit durch parallelgeschaltete Verstärkungsleitungen, die auf denselben Stützpunkten geführt sind, zu erbringen.

Z 13.8.4./1
Z 13.8.4./2

An gleicher Stelle listet A. Gruber Kennwerte der für Geschwindigkeiten über 200 km/h konzipierten neuen Einheitsfahrleitung der ÖBB auf:

- Fahrdrathöhe 5,30 m über SO bei Neubaustrecken
5,75 m bei Ausbaustrecken
- Einzelmastaufhängung für die Fahrleitung der Streckengleise und durchgehenden Hauptgleise der Bahnhöfe
- Mastabstand (Längsspannweite) 40 bis max. 65 m

²⁸⁰ ÖBB, (1987), Heft 6, S. 4 ff.

²⁸¹ ÖBB, (1987), Heft 6, S. 35 ff.

- Abstand von der Gleisachse des Streckengleises zur Vorderkante des Fahrleitungsmasts 3,2 m
- Systemhöhe 1,5 m bei Neubaustrecken,
1,3 m bei Ausbaustrecken,
1,1 m im Tunnel
- Nachspannlänge (Halbsektionen) ca. 550 m
(beschliffene Länge)
- Fahrdraht 120 mm² CuAg0,1
- Zickzack ±300 mm
- Fahrdratrampen 1:1000
- Tragseil 70 mm² bzw. 50 mm² legiertes Kupferseil
- getrennte Nachspannung von Fahrdraht und Tragseil über
2 Radspannwerke
- Y-Beiseil 25 mm² Bronzeseil
- Hängerseil 10 mm² Bronzeseil
- Verstärkungs- bzw. Umgehungsleitungen
150 mm² CuAg0,1
189/23 mm² AWAL (Aluminium/Stalum)
260/23 mm² AWAL (Aluminium/Stalum)

Diese Fahrleitung wird zur Erprobung auf der Schnellfahrstrecke Angern - Drösing eingebaut.

13.9. Sonstige Fahrleitungsbauarten

13.9.1. Umbau älterer Fahrleitungsanlagen

Den Rahmen des Umbaus von Fahrleitungsanlagen legt ein Dienstbehelf der ÖBB²⁸² fest: "Bei Änderungen oder Erneuerungen von bestehenden Anlagen ist der letzte Stand der im BH 939 A getroffenen Festlegungen dann zu berücksichtigen, wenn durch das Hinzukommen neuer oder geänderter Bauteile die spätere Erhaltung und der Aufbrauch rückgewonnenen Materials nicht erschwert und die Wirtschaftlichkeit des Umbaus nicht beeinträchtigt wird oder wenn eine technisch zwingende Notwendigkeit hiezu besteht, wie z. B. bei Umbauten zwecks Erhöhung der Streckenhöchstgeschwindigkeit u. a." Da je nach Elektrostreckenleitung und Fahrleitungsmeisterei ältere Fahrleitungsanlagen sehr unterschiedlich umgebaut werden, sei dies streckenweise dargestellt.

Der Umbau der Mittenwald- und Außerfernbahn (s. 3.1.1.) bzw. der Preßburgerbahn (s. 13.5.1.1.) wurde bereits dargelegt. Nach einem Bericht der Versuchsanstalt München²⁸³ war die zwischen Innsbruck Westbf und Telfs-Pfaffenhofen ursprünglich vorhanden gewesene AEGU-Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk (s. 13.5.1.1.) bereits 1939 auf die Einheitsfahrleitung 1926 (s. 13.6.2.1.) umgebaut: nachgespanntes Kettenwerk an Rohrschwenkauslegern auf freier Strecke, festes Tragseil und nachgespannter Fahrdraht im Bahnhof. Nach Mitteilung der FLM Wald am Arlberg baute man

²⁸² DB 925, Ausgabe 1974, S. 12.

²⁸³ Bericht B 227/1939 aufgestellt am 26.10.1939.

die ursprünglich mit derselben Bauart ausgerüstete Teilstrecke Langen am Arlberg - Bludenz vor 1955 in gleicher Weise um, teilweise mit Einzelteilen der Einheitsfahrleitung 1949. Die Jochkonstruktionen im Bahnhof behielt man meist bei, lagerte jedoch das Tragseil auf Stützisolatoren oberhalb des Querträgers. Im doppelgleisigen Arlbergtunnel ersetzte man die Sonderbauart mit 2 Fahrdrähten durch die Einheitsfahrleitung 1926 mit Rohrschwenkauslegern an Hän- gesäulen.

Der Streckenabschnitt Telfs-Pfaffenhofen - St. Anton am Arlberg war nach demselben Bericht der Versuchsanstalt München noch 1939 mit der ursprünglichen SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht (s. 3.2.2.) ausgerüstet. Zunächst beseitigte man nach Mitteilung der FLM Landeck bzw. der FLM St. Anton a. A. wie auf der Mariazellerbahn den Zwischen- tragdraht, wodurch das Kettenwerk entweder das Aussehen der RhB-Fahrleitung (s. 14.5.2.2.) erhielt oder jenes der bereits bei der RBD Breslau umgebauten Strecken, indem der Seitenhalter mit einem geteilten Hänger beidseits des Stützpunktes am Tragseil aufgehängt wurde. Die Anhebung der Streckenhöchstgeschwindigkeit auf bis 110 km/h führte zum Einbau eines Y-Beiseils an allen Stützpunkten der freien Strecke und jenen im Durchgangsgleis der Bahnhöfe. Eine weitere Anhebung auf 120 km/h zwischen Völs und Ötztal führte dort zu einem weiteren Umbau. Die freie Strecke zwischen den Streckentrennungen der Bahnhöfe von Telfs-Pfaffenhofen bis Landeck wurde durchgehend auf Rohrschwenkausleger umgebaut, größtenteils mit Materialien der Einheitsfahrleitung 1949, aber auch mit solchen der Einheitsfahrleitung 1926. Im Regelfall ist das Kettenwerk nachgespannt, nur in Ausnahmefällen ist auf einer halben bzw. einer ganzen Nachspannlänge das Tragseil fest abge- spannt:

- weil an einer Fachwerkbrücke das Tragseil an Stützisolatoren befestigt werden muß,
- wenn bei den Zwischenstützpunkten der Streckentrennung die vorhandenen waagerechten Ausleger mit Diabolo-Isolatoren weiterverwendet werden (beidseits Roppen),
- bei fester Verankerung des Tragseils an niedrigen Überbauten.

In den Bahnhöfen dieser Teilstrecke wurde die Fahrleitung weit weniger umgebaut und das feste Tragseil beibehalten, vom Bahnhof Schönwies bis zur Streckentrennung Seite Landeck auch die waagerechten Ausleger.

- F 13.9.1./6 Auf der Bergstrecke Landeck - St. Anton a. A. blieb die Umbaufahrleitung mit Y-Beiseil und waagerechten Auslegern bis zum Totalumbau auf die Einheitsfahrleitung 1977 erhalten, wo sie für die zwischen Schnann und St. Anton auf längeren Teilstrecken zugelassene Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h genügte. Auf der Teilstrecke St. Jakob - St. Anton a. A. kam es schließlich zu einem weiteren Umbau unter Beibehaltung der waagerechten Ausleger, indem man die Hauptstützpunkte der freien Strecke mit Y-Beiseil und angelenktem Seitenhalter entsprechend der weiterentwickel-
- F 13.9.1./4
- F 13.9.1./5

ten Einheitsfahrleitung für höhere Geschwindigkeiten (s. 13.8.3.1.) ausrüstete.

Bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h im Fahrplanjahr 1985/86 - über weite Streckenabschnitte 60 bis 70 km/h -, bestand auf der Salzkammergutlinie Stainach-Irdning - Attnang-Puchheim keine Notwendigkeit, die Fahrleitung in einem derartigen Umfang umzubauen wie auf der Arlberglinie.

Im Gleisbogen paßte man die Fahrleitung vom Zickzack ± 45 cm auf ± 40 cm durch den Einbau von Sehnen am Stützpunkt oder von schwebenden Bogenabzügen in Feldmitte an. Vom Bahnhof Attnang-Puchheim abgesehen, behielt man festes bzw. nachgespanntes Tragseil auf den entsprechenden Streckenabschnitten (s. 13.5.1.) bei. Allgemein ersetzte man die Isolatoren und Rohrschwenkausleger durch Einheitsteile, anstelle der an Hängesäulen der Jochkonstruktionen befestigten Seitenhalter sah man jeweils ein unteres Richtseil vor, soweit möglich baute man Fahrdrahtnäherungen in Fahrdrahtkreuzungen um.

Auf dem Bauabschnitt von ÖBBW (s. 13.5.1.3.) ersetzte man in den sechziger Jahren auf freier Strecke die Rohrschwenkausleger durch Normteile, schon früher entfernte man die Hängestützen an den Jochen der Bahnhöfe und lagerte das Tragseil auf Stützisolatoren. Der Bahnhof Stainach-Irdning wurde bei der Elektrifizierung der Ennstallinie neu überspannt. Die einfeldrige Nachspannung mit 2 Reitern in Feldmitte ersetzte man durch eine zweifeldrige der Regelbauart.

Bei dem Baulos von ÖSSW (s. 13.5.1.2.) baute man in den 70er und 80er Jahren auf freier Strecke anstelle der Gasrohrsausleger an Stützisolatoren solche der Einheitsfahrleitung 1949 ein, die bei der Erneuerung der Fahrleitung der Westbahn freigeworden waren; in den Bahnhöfen beließ man die Jochkonstruktionen.

Die Fahrleitung von AEGU (s. 13.5.1.1.) ist, abgesehen vom Ersatz der Isolatoren, weitgehend unverändert geblieben. Nach der Bombardierung des Bahnhofs Attnang-Puchheim im Jahre 1944 erhielt dieser beim Wiederaufbau größtenteils eine neue Überspannung mit festem Tragseil.

Auf allen Abschnitten der Salzkammergutlinie ermöglichen die vorhandenen Masten nur reduzierte Tragseil- und Fahrdrachtkräfte: Stainach-Irdning - Bad Aussee je 5 kN, Bad Aussee - Ebensee je 8 kN, Ebensee - Attnang-Puchheim je 6 kN. Leider lassen sich die beim Umbau der Westbahn auf die Einheitsfahrleitung 1977 freigewordenen Betonmasten nicht auf der Salzkammergutlinie verwenden, da hier wegen der mitzuführenden Verstärkungsleitung eine längere Masttype vorzusehen ist.

Im Jahre 1939 hatte das zugelegte 2. Gleis der Teilstrecke Kufstein - Wörgl die weiterentwickelte Einheitsfahrleitung

Z 13.9.1./1

1931 Bauart BBC mit Y-Beidraht und Schrägausleger, im Bahnhof eine Querseilaufhängung nach RZA-Normen erhalten (s. 8.2.2.; 13.7.2.). Im Hinblick auf im Rahmen des ORE durchzuführende Stromabnehmerversuchsfahrten bis 160 km/h in der Fahrtrichtung Wörgl - Kufstein bauten die ÖBB nach einem Bericht des ORE²⁸⁴ diese Fahrleitung von km 4,6 bis km 10,6 im Mai 1956 um, wobei man die Schrägausleger beibehielt: Das nachgespannte 50 mm² Bronzetrage-seil lagerte man auf einer Tragseilrolle, den teilweise mit Vordurchhang verlegten neuen 100 mm² Profilmahndraht hängte man über ein Stützrohr mit angelenktem Seitenhalter an einem 8 bis 10 m langen Y-Beiseil mit Bauteilen der Einheitsfahrleitung 1949 auf. Die Nachspannung beließ man zweifelndrig mit Fahndrahtkreuzung, beim zweifelndrigen Festpunktfeld legte man das Tragseil am Stützpunkt über ein Ankerseil fest. Von 1970 an befuhren Regelzüge diese Fahrleitung mit bis zu 140 km/h (s. 13.2.); in den achtziger Jahren ersetzte man diese Umbaufahrleitung wie die auf dem benachbarten Gleis mit Y-Beiseil nachgerüstete Einheitsfahrleitung 1926 durch die Einheitsfahrleitung 1977.

13.9.2. Vollelastische Fahrleitungen

1952 Blindenmarkt - Amstetten

A. Koci²⁸⁵ spricht 1953 davon, daß einige Abschnitte mit Probepbauarten in Betrieb stehen, die "eine Ersetzung der als schwere Massepunkte im Fahndraht immer noch ungünstigen Seitenhalter durch Seilverspannungen versuchen". Ein Dienstbehelf der ÖBB²⁸⁶ schreibt hierzu: "Versuche mit vollelastischer Aufhängung des Fahndrahtes an zwei in größerem Abstand nebeneinander und bei den Stützpunkten in der Höhenlage versetzten Tragseilen brachten zwar gute Fahreigenschaften, ihre Regulierung bedingt jedoch besondere Kenntnisse und den gleichzeitigen Einsatz von mindestens zwei Turmwagen, so daß die Behebung einer Störung durch eine Bereitschaft allein, wie üblich, nicht möglich gewesen wäre." Diese Versuchsbauart ersetzte man schon früh durch die Einheitsfahrleitung 1977.

Z 13.9.2./1

Bessere Ergebnisse brachte eine Anordnung von zwei in gleicher Höhe, jedoch mit an den Stützpunkten in waagrechttem Abstand von etwa 2 m verlegten nachgespannten Tragseilen und abwechselnd die Tragseile belastenden V-förmigen Aufhängungen des Fahndrahtes. Dieses System verwendete man mehrmals bei der Überspannung von Brücken, wo die Befestigung von Zwischenmasten an der Brückenkonstruktion unzulässig oder unzweckmäßig und eine Überschreitung

²⁸⁴ UIC/ORE. Frage A 3. Verhalten der Stromabnehmer und der Fahrleitung bei hohen Geschwindigkeiten, Utrecht 1957, Anlage 11 f.

²⁸⁵ EuM, 70 (1953), S. 30.

²⁸⁶ DB 925, Ausgabe 1974, S. 27.

der Höchstspannweite von 75 m notwendig war, so auf der Salzachbrücke zwischen Salzburg Hbf und Freilassing.

13.9.3. Einfach-Fahrleitungen

- 1950 Villach Westbf
- 1968 Peggau-Deutschfeistritz - Übelbach (StmLB)
- 1972 Bludenz - Schruns (MBS)

Nach den allgemeinen technischen Bestimmungen für die Ausführung der ÖBB-Einheitsfahrleitung²⁸⁷ kann mit Genehmigung der Generaldirektion "auf untergeordneten wenig befahrenen Nebengleisen (Abstell- und Schleppgleise) die Fahrleitung ohne Tragseil ausgeführt werden, falls keine öffentlichen Straßen zu kreuzen und keine Streckentrenner in die Leitung einzubauen sind. Allenfalls ist das Tragseil nur über die Streckentrenner hinweg zu führen und im weiteren Verlauf der Fahrdrabt (65 mm² Querschnitt) an den Quertragwerken (Ausleger, Querfeld) mittels rund 15 m langer Dreiecksaufhängungen zu befestigen. Die maximale Spannweite beträgt hierbei 50 m."

Nach einem Dienstbehelf der ÖBB²⁸⁸ baute man Einfachfahrleitungen nur vereinzelt über Gleisen geringer Bedeutung ein, da sie wegen der notwendigen kürzeren Spannweiten und somit größeren Zahl von Masten und Fundamenten nur geringe Einsparungen ermöglichen. Deshalb legen die Planungsrichtlinien der ÖBB²⁸⁹ fest: "Tragseillose Ausrüstungen werden daher auch auf untergeordneten Gleisen nur dann einen wirtschaftlichen Vorteil bringen, wenn wegen der kürzeren Spannweiten kein zusätzlicher Mast benötigt wird, also insbesondere dann, wenn durch die Krümmungsverhältnisse bereits geeignete Spannweiten zwangsläufig gegeben sind." Nach Mitteilung der Bau- und Elektrotechnischen Direktion gibt es keine Regelpläne für Einfach-Fahrleitungen, auch enthalten die Handausgaben 1950, 1963 und 1977 der Einheitsfahrleitung keine entsprechenden Ausführungszeichnungen.

U. Kröll²⁹⁰ weist darauf hin, daß es sich bei der in Villach Westbf über etwa 10 km Nebengleise eingebauten Einfach-Fahrleitung mit nachgespanntem Fahrdrabt um die dauerhafte Form der im Zweiten Weltkrieg provisorisch angewendeten Bauart (s. 10.2.1.) handelt. Bei der größtenteils aus Bauteilen der Einheitsfahrleitung 1949 bestehenden Einfach-Fahrleitung bildet man diese bei Ausleger-Stützpunkten tragseilarm, bei Querseilaufhängung mit 2 Quertragseilen und einem spannungsführenden Richtseil tragseillos aus. Gleitführungen ähnlich der von M. Süber-

F 13.9.3./3

F 13.9.3./1

²⁸⁷ BH 939 A, Auflage 1966, S. 6.

²⁸⁸ DB 925, Ausgabe 1974, S. 28.

²⁸⁹ DB 926/1, Ausgabe 1974, S. 29.

²⁹⁰ EB, 31 (1960), S. 127.

F 13.9.3./2

krüb²⁹¹ beschriebenen Bauart ermöglichen die Längsbewegung des Fahrdrahtes bei Temperaturänderungen. Neben Anschlußgleisen zu Fabriken, Lagern oder Kiesgruben findet man die Einfach-Fahrleitung auch in der Übergabegruppe Bruck-Fusch der Tauernkraftwerke Kaprun.

Nach M. Irsigler²⁹² erforderte bei der Elektrifizierung der Wiener Schnellbahn im Bereich der Tunnelstrecke vor dem Südbahnhof mit den beiden Haltestellen Südbahnhof und Südtiroler Platz sowie im Bereich des Bahnhofs Landstraße die aus baulichen Gründen sehr geringe zur Verfügung stehende Konstruktionshöhe Sonderkonstruktionen mit tragseilloser Fahrleitung. Entweder ersetzte man das durchlaufende Tragseil durch an den Betonquerrippen befestigte kurze Spannseile oder man verlegte einen zweiten Fahrdraht. Bei der Erneuerung der Traktionsstromanlagen der Wiener Schnellbahn 1984 bis 1987 mußte man in der Haltestelle Südtiroler Platz die tragseillose Fahrleitung beibehalten, jedoch mit 3 Fahrdrähten je Gleis (1 x 120 mm² und 2 x 100 mm²).

Als die Steiermärkischen Landesbahnen 1968 die Strecke Peggau-Deutschfeistritz - Übelbach von 2200 V Gleichspannung und 1972 die Montafonerbahn AG die Strecke Bludenz - Schruns von 750 V Gleichspannung jeweils auf 15 kV 16 2/3 Hz umstellten, wählte man im Hinblick auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 40 bzw. 50 km/h in beiden Fällen die von M. Wittgenstein²⁹³ beschriebene vollelastische Einfachfahrleitung für Bügelbetrieb mit Schrägpendel. Die von Kummeler & Matter (Zürich) für Straßen- und Nebenbahnen mit Gleichstrombetrieb entwickelte Fahrleitung baute Siemens hier erstmals auf Strecken mit 15 kV 16 2/3 Hz ein. G. Jilek als für Fahrleitungen verantwortlicher Ingenieur bei der Firma Siemens arbeitete in den vierziger Jahren mit dem späteren Oberingenieur von Kummeler & Matter, M. Wittgenstein, bei BBC München zusammen; H. Kraus²⁹⁴ beschreibt diese Anlage näher.

F 13.9.3./5

Auf freier Strecke wird der Fahrdraht durch die V-Aufhängung an einem Vollkernisolator an kurzen bzw. langen Auslegerrohren im Zickzack geführt, entsprechend im Gleisbogen meist bogenaußen, bei beengten Verhältnissen auch bogeninnenseitig. Bei kleineren Bahnhöfen verwendet man Einzelmastausrüstung, bei größeren Querseilaufhängung. Der Fahrdraht wird in halben Nachspannfeldern talseitig durch Rollenspanner selbsttätig nachgespannt: bei Nachspannungen zweifeldrig, bei Streckentrennungen dreifeldrig. Abgesehen vom Ersatz der bei der Montafonerbahn zunächst eingebauten

F 13.9.3./4

F 13.9.3./6

²⁹¹ Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und Düsseldorf 1971, S. 67 f.

²⁹² ebt, 22 (1987), Heft 2, S. 21 ff.

²⁹³ EB, 22 (1951), S. 59 ff.

²⁹⁴ Grundlagen elektrischer Bahnen, Düsseldorf ¹1986, S. 133 ff.

Einfachschirmisolatoren durch solche mit 2 Schirmen, befriedigt diese Einfach-Fahrleitung bis zur geforderten Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

14. Fahrleitungsbauarten in der Schweiz

14.1. Rechtliche und organisatorische Grundlagen

14.1.1. Eisenbahnverwaltungen

Nach H. Bauer¹ genehmigte das Schweizervolk mit dem Volksentscheid vom 20.02.1898 die Verstaatlichung verschiedener großer Privatbahnen, worauf am 1.10.1900 der Verwaltungsrat der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), am 1.07.1901 die Generaldirektion SBB ihre Tätigkeit aufnahmen. Am 1.01.1902 gingen die Schweizerische Centralbahn und die Schweizerische Nordostbahn an die SBB über, am 1.05.1903 die Jura-Simplon-Bahn. Mit dem Rückkauf der Gotthardbahn am 1.05.1909 war das Streckennetz der SBB im wesentlichen gebildet.

F. Wanner² betont, daß es sich bei allen wichtigeren schweizerischen Privatbahnen, wie Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn (BLS), Bodensee-Toggenburg-Bahn (BT), Emmental-Burgdorf-Thun-Bahn (EBT), Rhätische Bahn (RhB) oder Schweizerische Südostbahn (SOB) um Aktiengesellschaften handelt, bei denen der öffentliche Einfluß überwiegt, womit es sich um öffentliche Unternehmungen im Besitz von Kantonen und öffentlichen Körperschaften handelt, die sich nur in der privaten Rechtsform und in der privatrechtlichen Anstellung des Personals von den SBB unterscheiden. Nachstehend seien die derzeit verwendeten Bezeichnungen und Initialen schweizerischer Privatbahnen verwendet.

14.1.2. Organisationsstruktur

Eine Druckschrift der SBB³ stellt die Organisation der elektrotechnischen Dienste dar. Bei der Generaldirektion (GD) der SBB sind alle Dienste mit elektrotechnischen Tätigkeiten dem Departement Technik unterstellt.

Die Abteilung Kraftwerke (KW) ist für die bedürfnisgerechte Bereitstellung der erforderlichen Traktionsenergie und -leistung in 15 kV 16 2/3 Hz Einphasenwechselstrom an den Fahrleitungsabgängen zuständig: Bau, Erneuerung, Betrieb und Unterhalt der Energieerzeugungsanlagen (Kraft- und Umformerwerke), Bau, Erneuerung und Betrieb der Übertragungsleitungen, Bau, Erneuerung und nicht routinemäßiger Unterhalt der Unterwerke, Maschineneinsatz und Netzbetrieb, Einrichten bzw. Betreuung sämtlicher Schutz-, Über-

¹ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 1, Frauenfeld 1947, S. 133 ff.

² Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 4, Frauenfeld 1955, S. 10 ff.

³ Bau GD 33428 St II. Organisation der elektrotechnischen Dienste bei den Schweizerischen Bundesbahnen, August 1977.

wachungs-, Fernsteuer- und Reguliereinrichtungen, soweit sie der Energieversorgung dienen, einschließlich Schutz der Fahrleitungsanlagen.

Innerhalb der Bauabteilung (Bau) ist die Sektion Fahrleitungen (Fl) mit der Ausarbeitung technischer Richtlinien und der Schaffung von Baunormen befaßt, weiter mit der Entwicklung, Erprobung und Einführung von technischen Neuerungen sowie mit der Sicherung und Verwertung der Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung. Durch Aufstellen von Reglementen, Pflichtenheften und Weisungen ist die Einheitlichkeit in Bau und Unterhaltung sicherzustellen. Seit 1986 sind die Sektionen Fahrleitungen, Niederspannungstechnik und Kabeltechnik in einer Unterabteilung "Elektrische Anlagen" zusammengefaßt.

Die Abteilung Zugförderung und Werkstätten (ZfW) der GD SBB ist für Beschaffung, Betrieb und Unterhalt aller Schienen- und Straßenfahrzeuge zuständig.

Bei den Bauabteilungen der Kreisdirektionen I (Lausanne), II (Luzern) und III (Zürich) liegt das Schwergewicht in der Projektierung, Veranschlagung und Ausführung der Bauten, weiter im Unterhalt der festen Bahnanlagen und der Aufrechterhaltung der Betriebssicherheit. Den Sektionen Fahrleitungen (Fl) der Bauabteilungen der Kreise sind Fahrleitungsbezirke (Fl-Meistereien) unterstellt. Den meisten dieser Bezirke obliegt neben dem Bau und Unterhalt der Fahrleitungen der Betrieb eines Unterwerks und der Kleinunterhalt der Übertragungsleitungen.

Während es sich bei den SBB um einen selbständigen Regiebetrieb des Bundes handelt, welcher die dem Bund gehörenden oder von ihm gepachteten Eisenbahnen zu verwalten und zu betreiben hat, ist im Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement - bis 1962 als Eidgenössisches Post- und Eisenbahndepartement bezeichnet⁴ - das Bundesamt für Verkehr (BAV), Sektion für Zugförderung und elektrische Anlagen, nach J. Haenni⁵ unter anderem für die "Genehmigung der Bau- und Detailprojekte über die Einführung des elektrischen Betriebes und die Ausführung elektrischer Anlagen auf bestehenden Bahnlinien und Bahnstrecken" schweizerischer Privatbahnen sowie für die Genehmigung der Bahnstromleitungen und Unterwerke der SBB zuständig.

Die schweizerischen Privatbahnen überlassen den Fahrleitungsbau Privatfirmen, kleinere Bahngesellschaften auch den Großunterhalt. Entsprechend der Größe der einzelnen Netze ist die Organisation des elektrotechnischen Dienstes

⁴ Der Öffentliche Verkehr, 18 (1962), Heft 7, S. 3 f.;

Der Öffentliche Verkehr, 19 (1963), Heft 1, S. 5.

⁵ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 1, Frauenfeld 1947, S. 203.

bei schweizerischen Privatbahnen unterschiedlich ausgeprägt.

Bei der BLS-Betriebsgemeinschaft befaßt sich innerhalb der Abteilung "Zugförderungs- und Werkstättendienst / Elektrische Anlagen" die Sektion "Elektrische Anlagen" unter anderem mit "Betrieb Energieversorgung und Fahrleitungsanlagen". Auch bei der RhB ist der Abteilung "Zugförderungs- und Werkstättendienst" die Sektion "Fahrleitung und Energieversorgung" einbezogen, ähnlich bei der FO. Die EBT-Betriebsgemeinschaft sieht innerhalb der Abteilung "Technik" die Unterabteilung "Sicherungswesen und elektrische Anlagen" mit der Sektion "Fahrleitung und elektrische Anlagen" vor. Die BT weist innerhalb der Abteilung "Zugförderungs- und Werkstättendienst, elektrische und Sicherungsanlagen" ein "Technisches Büro" auf, das sich unter anderem mit der Fahrleitung befaßt. Auch mittelgroße Bahnunternehmen schweizerischer Privatbahnen notieren innerhalb der Abteilung "Zugförderung und Werkstättendienst" die Sektion "Fahrleitungsdienst" (SOB), wobei teilweise noch andere Aufgaben einbezogen sind, so bei SZU innerhalb der Abteilung "Technik und Zugförderung" die Sektion "Fahrleitungen, Kostenkontrolle", bei kleineren Bahngesellschaften die Sektion "Elektrische Anlagen". Bei kleinen Bahnen mit knappem Personalbestand ist entweder der Depotchef für Fahrleitungen zuständig - so bei WM "Depotchef, Baudienst und el. Anlagen" - oder die Fahrleitungen werden von einer größeren Bahnverwaltung mitbetreut (PBr von YSteC, STB von BLS).

14.1.3. Internationale Vereinbarungen, Verträge und Gesetze

R. Kunz⁶ stellt die Entwicklung der schweizerischen Eisenbahngesetzgebung in größeren Zügen dar, E. und H. Mathys⁷ listen die von 1849 bis 1948 ergangenen Gesetze, Beschlüsse und Verordnungen auf, F. Schumacher⁸ beleuchtet das Wirken des Schweizerischen Eisenbahndepartementes. Hiernach sind für den elektrischen Zugbetrieb mit hochgespanntem Einphasenwechselstrom folgende Gesetze und Verordnungen bedeutsam:

- Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen vom 24. Juni 1902
- Verordnung über die Erstellung, den Betrieb und den Un-

⁶ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 4, Frauenfeld 1955, S. 667 ff.

⁷ 10000 Auskünfte über die schweizerischen Eisenbahnen, Bern 1949, S. 7 ff.

⁸ Das Eidgenössische Eisenbahndepartement 1873-1913, Bern 1914.

terhalt von elektrischen Starkstromanlagen vom 7. Juli 1933.

- Verordnung über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt der elektrischen Einrichtungen von Bahnen vom 7. Juli 1933.
- Verordnung über die Parallelführungen und Kreuzungen elektrischer Leitungen unter sich und mit Eisenbahnen vom 7. Juli 1933
- Schwachstromverordnung vom 5. April 1978
- Verordnung über den Schutz gegen elektromagnetische Störungen (Störschutzverordnung) vom 1. Mai 1979
- Verordnung über Bau und Betrieb der Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung) vom 23. November 1983 mit zugehörigen Ausführungsbestimmungen vom 1. Januar 1984

Eine Revision der Verordnungen über elektrische Anlagen, hier der Verordnung über elektrische Anlagen von Bahnen, ist im Bundesamt für Verkehr, Sektion für Zugförderung und elektrische Anlagen, in Arbeit.

Es gibt weder ein eidgenössisches Gesetz noch einen Beschluß oder eine Verordnung, worin für schweizerische Normal- oder Schmalspurbahnen bei Einführung des elektrischen Zugbetriebes Einphasenwechselstrom definierter Größen vorgeschrieben ist. F. Schumacher⁹ weist darauf hin, daß sich die 1903 konstituierte "Schweizerische Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb" auf Veranlassung des Eisenbahndepartements vorgängig einer Beschlußfassung über die Systemfrage im Jahre 1908 zunächst über die Wahl der Periodenzahl bei Wechselstromtraktion aussprach und nach eingehender Beratung beschloß: "Als Norm der Periodenzahl werden 15 Perioden pro Sekunde festgesetzt. Bei Bahnen, die sich den Strom aus Werken beschaffen müssen, die mit 40 bis 50 Perioden betrieben werden, wird eine kleinste Periodenzahl von $13 \frac{1}{3}$ und eine grösste Periodenzahl von $16 \frac{2}{3}$ Perioden pro Sekunde zugelassen." Vier Jahre später notiert der Sonderbericht der "Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb", erstattet an die Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen¹⁰, zusammenfassend: "Für die Verhältnisse der schweizerischen Bundesbahnen, auch mit besonderer Berücksichtigung der Gotthardbahn, eignet sich am besten das Betriebssystem mit Einphasenstrom von ungefähr 15 Perioden und einer Fahrdrachspannung von etwa 15000 Volt, wobei diese Stromart

⁹ Das Eidgenössische Eisenbahndepartement 1873-1913, Bern 1914, S. 232.

¹⁰ Die Elektrifizierung der Schweizerischen Bahnen mit besonderer Berücksichtigung der Gotthardbahn, Zürich 1912, S. 138.

zweckmäßig direkt als solche in Wasserkraftwerken zu erzeugen und auf möglichste Verwendung von Werken mit Akkumulierfähigkeit zu sehen ist."

Für das weitere Verfahren hält F. Schumacher¹¹ fest: "Das Departement hielt sich bei den spätern Genehmigungen von Vorlagen für die Einführung des elektrischen Betriebes mittelst Einphasenwechselstrom an diese Kundgebung der Kommission." Alle nach 1919 elektrifizierten SBB-Strecken und normalspurige schweizerische Privatbahnen werden mit 15 kV 16 2/3 Hz gespeist - die Teilstrecke Erstfeld - Biasca während der Übergangszeit des gemischten Betriebes mit 7500 V 16 2/3 Hz -, ebenfalls die meterspurigen Strecken Bière - Apples - Morges (BAM) und Yverdon - Ste-Croix (YSteC), das Stammnetz der Rhätischen Bahn (RhB) und die damit verbundenen Strecken der Furka-Oberalp-Bahn (FO) sowie der Brig-Visp-Zermatt-Bahn (BVZ) dagegen mit 11 kV 16 2/3 Hz, die Literatur gibt hier die Spannung auch mit 10500 bis 11500 V an.

14.1.4. Vorschriften und Richtlinien

Bei den SBB gibt es für die Fahrleitungen nur drei Reglemente, wovon zwei seit Jahrzehnten gültig sind und seither lediglich geändert oder ergänzt wurden:

- R 323.1 Reglement betreffend Grundsätze und Richtlinien über das Verhalten des Personals gegenüber den Gefahren des elektrischen Stromes. Gültig ab 8. Januar 1932.
- R 323.2 Reglement über die Fahrleitungsanlagen und über Massnahmen zur Verhütung und Behebung von Störungen. Neuausgabe vom 15. Dezember 1933.
- R 323.3 Bedienung der Schalteinrichtungen für die Fahrleitungen in den Lokremisen (1984)

Für die schweizerischen Privatbahnen hat der Verband schweizerischer Transportunternehmungen (VST) ein vereinfachtes Reglement herausgegeben:

- Reglement über die Bedienung und Instandhaltung der elektrischen Anlagen (vom 1. Januar 1985).

14.1.5. Klassifizierung von Zeichnungen

Für die ersten Elektrifizierungsvorhaben erstellten die Kreisdirektionen alle erforderlichen Zeichnungen selbst, z. B.:

¹¹ Das Eidgenössische Eisenbahndepartement 1873-1913, Bern 1914, S. 232.

- "Schweizerische Bundesbahnen Kreis II. Elektrifizierung Scherzligen - Bern. Vorlage betreffend Fahrdrathleitung. Normalprofile. Bern, den 27. März 1918"
- "S.B.B. Kreis V Luzern. Elektrifikation Erstfeld - Bel-linzona. Fahrleitung. Z 3101 F 495 II Fahrleitung im einspurigen Tunnel in der Geraden. S.B.B. Leitungsbureau Kreis V Luzern, den 6. Februar 1918"

Für die nach dem ersten Elektrifizierungsprogramm zu über-spannenden SBB-Linien gab der Oberingenieur für Elektrifi-kation bei der Generaldirektion SBB ein "Montagebuch für Fahrleitungs-Konstruktionen bz 3234 vom 27. Januar 1925" heraus, das in zweisprachig kommentierten Einbauzeichnun-gen folgende Baugruppen für das gesamte SBB-Netz einheit-lich festlegt:

- Nachspannvorrichtungen
- Anordnung von Speise-, Hilfs- und Umgehungsleitungen an Fahrleitungstragwerken
- Anordnung von Seitenhaltern (Spurhaltern)
- Überspannung von einfachen Weichen und Doppelkreuzwei-chen
- Trag-, Seiten- und Abfangisolation
- Stützpunkte im eingleisigen bzw. zweigleisigen Tunnel
- Hörnerschalter
- Streckentrenner

Bis zum Zweiten Weltkrieg erstellten die Bauabteilungen der Kreisdirektionen alle weiteren Projektunterlagen selbst. In den vierziger Jahren befaßte sich die Abteilung für Bahnbau und Kraftwerke, Elektrische Anlagen, bei der GD SBB mit Zeichnungen von Einzelteilen bzw. Zusammenstel-lungen. Jeder Zeichnung ist eine Zahl mit vorangestellter Buchstabenkombination zugeordnet, z. B. "fZ 3223 Tunnel-tragwerk Einfachspur Type N". Jede Zeichnung ist datiert.

In den fünfziger Jahren führte die Bauabteilung der GD SBB, Sektion Fahrleitungen, eine Akten- und Zeichnungs-klassierung nach Kategorien, Geschäften, Bauobjekten und Musterblättern ein^{1,2}, wobei eine Nummerngruppe mit Groß- und Kleinbuchstaben verwendet wird, z. B. "A33.001a Schematische Darstellung der Fahrleitungsaufhängung". Ein Zeichnungsdatum ist nur am Rande oder gar nicht notiert.

Die Einführung der R-Fahrleitung veranlaßte die Umstellung auf eine Dezimalklassifikation, z. B. "373.72.11-14 Schwenkbar. Rohrausleger am Mast Typ II R". Grundsätzlich ist das Zeichnungsdatum notiert.

Neben Stammzeichnungen erstellen die SBB für die Montage auf DIN A 4 gefaltete Zusammendrucke und Montagebücher im Format DIN A 5.

^{1,2} Akten- und Zeichnungsklassierung. Bau/GD-Fl. A 72.001 Bl. 1,2.

14.2. Entwicklung der Höchstgeschwindigkeit

M. Hauri¹³ skizziert die Entwicklung der Fahrgeschwindigkeit bei SBB und RhB, M. Portmann¹⁴ notiert die Geschwindigkeit der Personen- bzw. Güterzüge der SBB von 1902 bis 1954, weiter stellt M. Kundert¹⁵ die Entwicklung der Reisegeschwindigkeit bei den schweizerischen Eisenbahnen dar.

Ein Bundesratsbeschuß von 1895 erlaubte für Personenzüge mit Schnellzugmaterial eine Höchstgeschwindigkeit von 75 km/h. 1905 durften mit besonderer Bewilligung der Aufsichtsbehörde Reisezüge eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h erreichen. M. Hauri¹⁶ bemerkt dazu: "Von dieser Steigerung machte zwar zur Hauptsache nur die Gotthardbahn Gebrauch, während die Schnellzüge der Bundesbahnen bis 1920 in der Regel auch auf günstigen Strecken (Ausnahme z. B. Genf - Lausanne) mit höchstens 75 km/h verkehrten, obwohl schon damals Dampflokomotiven in großer Zahl vorhanden waren, die mit 100 km/h laufen durften." Das Reglement über den Fahrdienst von 1929 setzte die Höchstgeschwindigkeit von Reisezügen auf 100 km/h fest.

Die 1935 abgelieferten elektrischen Leichttriebwagen der SBB durften mit einer Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h und gegenüber gewöhnlichen Zügen mit 10 km/h höherer Kurvengeschwindigkeit verkehren.¹⁷ Ab Sommerfahrplan 1936 fuhren die mit Ae 3/6 I-110 geführten Städteschnellzüge Zürich - Genf mit einer Höchstgeschwindigkeit von 110 km/h und gegenüber gewöhnlichen Zügen 5 km/h höherer Kurvengeschwindigkeit.¹⁸ S. Müllener¹⁹ weist für den Jahresfahrplan 1938/39 den Einsatz des mit höheren Kurven- und Streckengeschwindigkeiten verkehrenden Rollmaterials der SBB nach. Nach W. Müller²⁰ war es möglich, mit den 1940 gelieferten Gepäckschnelltriebwagen auch Leichtschnellzüge mit einer Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h und 10 km/h höherer Kurvengeschwindigkeit zu führen, seit 1946 mit Lokomotive Re 4/4 I.

Im Jahre 1951 gestaltete man die Streckentabellen neu, indem man Zügen mit höheren Kurven- und Streckengeschwindigkeiten neue Zugreihen mit zugehörigem Bremsverhältnis zuwies, z. B. R 125 ‰ oder A 95 ‰.²¹ Sonstige Schnellzüge

¹³ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 4, Frauenfeld 1955, S. 142 ff.

¹⁴ SBB, 33 (1956), S. 23 ff.

¹⁵ Die Entwicklung der Reisegeschwindigkeit bei den schweizerischen Eisenbahnen, Zürich 1941.

¹⁶ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 4, Frauenfeld 1955, S. 146.

¹⁷ SBB, 12 (1935), S. 64 f.

¹⁸ SBB, 13 (1936), S. 88 ff.

¹⁹ SBB, 15 (1938), S. 51 ff.

²⁰ SBB, 17 (1940), S. 109 ff.

²¹ SBB, 28 (1951), S. 168 f.

fuhren nach Zugreihe B 80 % mit maximal 100 km/h und gewöhnlichen Kurvengeschwindigkeiten.

1961 verkehrten die elektrischen TEE-Züge auf Teilstrecken der Simplonstrecke mit 140 km/h.²² 1969 hob man auf der Simplonstrecke die Höchstgeschwindigkeit von mit Re 4/4 II bespannten Schnellzügen nach Zugreihe RS 125 % auf 140 km/h an.²³ 1971 führte man für mit Ae 6/6 bespannte Schnellzüge die Zugreihe A 114 % mit einer Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h ein.²⁴ 1973 fuhren auch zwischen Landquart und Chur Schnellzüge nach Zugreihe RS 125 % mit 140 km/h.²⁵ 1975 hob man die Zugreihe RS wieder auf, da die Höchstgeschwindigkeit der Zugreihe R 125 % allgemein auf 140 km/h heraufgesetzt²⁶ und auf Teilstrecken der Ost-West-Transversalen St. Gallen - Zürich - Bern - Genf eingeführt wurde.

Zum "Taktfahrplan Schweiz" 1982 führte man für die IC- und Schnellzüge zwischen Lausanne und St. Gallen die Zugreihe RS 125 % mit einer Höchstgeschwindigkeit von 140 km/h und gegenüber Zugreihe R 5 km/h höheren Kurvengeschwindigkeiten ein.²⁷ Seit Januar 1986 fahren mit Re 4/4 IV bespannte IC-Züge der Simplonlinie zwischen Leuk und Visp mit 160 km/h.²⁸

Nach Mitteilung der BLS hatte man mit der Inbetriebnahme der Leichttriebwagen ab 1935 für diese 10 km/h höhere Kurvengeschwindigkeiten zugelassen. Nachdem es in den Nachkriegsjahren durch den damals schlechten Zustand des Oberbaus bei Leichttriebwagen zu einigen Achsbrüchen gekommen war, hob man bei der BLS-Betriebsgemeinschaft die Reihe R auf und fuhr lediglich nach Zugreihe A 95 % mit 5 km/h höheren Kurvengeschwindigkeiten. 1971 führte man auf den Strecken der BLS und der BN die Zugreihe R 125 % mit einer Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h ein.

Auf der meterspurigen Brüniglinie hoben die SBB die Höchstgeschwindigkeit mit Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes 1941/42 von 60 km/h auf 75 km/h an.²⁹ Die LSE erhöhte bei der Umstellung ihrer Strecke von Drehstrombetrieb auf solchen mit Einphasenwechselstrom im Jahre 1964 die Höchstgeschwindigkeit von 40 auf 75 km/h.³⁰

²² SBB, 38 (1961), Heft 6, S. 14.

²³ SBB, 46 (1969), Heft 7, S. 10.

²⁴ SBB, 48 (1971), S. 112.

²⁵ SBB, 50 (1973), S. 90.

²⁶ SBB, 52 (1975), S. 29.

²⁷ SBB, 59 (1982), S. 78.

²⁸ SBB, 63 (1986), S. 229.

²⁹ SBB, 40 (1963), Heft 6, S. 16.

³⁰ 1898-1973. 75 Jahre Eisenbahn nach Engelberg, Stansstad 1973.

Nach M. Hauri³¹ behielt die RhB auch nach Abschluß der Elektrifizierung des Stammnetzes im Jahre 1922 die Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h bei. Um 1930 hob man diese auf 50 km/h, 1936 auf 55 km/h an. Nach Mitteilung der RhB durften mit Leichttriebwagen oder Drehgestellokomotiven geführte Züge ab etwa 1947/48 mit einer Höchstgeschwindigkeit von 65 km/h und höheren Kurvengeschwindigkeiten verkehren, ab Fahrplanwechsel 1965 mit 75 km/h. Die Vorortspendelzüge Be 4/4 fuhren ab Fahrplanwechsel 1971 mit maximal 80 km/h, zwei Jahre später mit 85 km/h und seit Fahrplanwechsel 1975 mit 90 km/h. Lokbespannte Züge verkehren seit 1975 mit höchstens 80 km/h.

14.3. Stromabnehmer-Bauarten

Sowohl die SBB als auch die schweizerischen Privatbahnen ordnen den einzelnen Stromabnehmertypen die von der jeweiligen Herstellerfirma gewählte Typenbezeichnung zu. Da sich in der Literatur nur vereinzelt Hinweise auf Konstruktionsmerkmale von Stromabnehmern schweizerischer Konstruktion finden, seien als Quellen jeweils die Zeichnungsnummern des Maßbildes bzw. der Zusammenstellung notiert. Bei Stromabnehmer-Zeichnungen der Bahnverwaltungen fehlt oft das Zeichnungsdatum, deshalb ist das Jahr der Inbetriebnahme der betreffenden Type angegeben. Die aufgeführte Erstzuteilung der Stromabnehmer beruht auf Angaben in Zeichnungen sowie Unterlagen oder Auskünften der einzelnen Bahnverwaltungen. Hier sind besonders die zuletzt 1978 von der SBB-Hauptwerkstätte Zürich erstellten Stromabnehmer-Merkblätter³² zu nennen, weiter die Zusammenstellung der Stromabnehmer-Typen³³ und die Tabelle über Zuteilung der Stromabnehmer³⁴ der RhB.

Nach S. Herzog³⁵ wiesen die Versuchslokomotiven für die mit der Fahrleitung System Huber-Stockar ausgerüstete Teilstrecke Seebach - Regensdorf (s. 3.3.) Rutenstromabnehmer auf, die nach demselben Verfasser³⁶ auch auf den Triebwagen der Schmalspurbahn Locarno - Ponte Brolla - Bignasco verwendet wurden. M. Janin³⁷ bezeichnet diese Bauart als "Archet Huber". Auf der Teilstrecke Ponte Brolla - Bignasco behielt man diese Stromabnehmer auch nach der Umstellung der Schmalspurbahn von Wechselstrom auf Gleichstrombetrieb 1923 bis zur Stilllegung 1965 bei. Es war eindrucksvoll, die 1,65 m langen Ruten bei der

³¹ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 4, Frauenfeld 1955, S. 150.

³² SBB-Schrift 701.40.21.

³³ RhB-Zeichnung 1-5470a.

³⁴ RhB-Zeichnung 1-6337.

³⁵ EKB, 6 (1908), S. 212 ff., 229 ff.

³⁶ EKB, 5 (1907), S. 685 ff., 707 ff.

³⁷ Cours de traction électrique, Bd. 2, Paris 1913, S. 53.

zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h an den Stützpunkten durch die Luft peitschen zu sehen.

Für den Versuchsbetrieb Spiez - Frutigen der BLS erhielten die 1910/11 gelieferten Triebfahrzeuge der Serien Ce 6/6 und Ce 2/4 SSW-Scherenstromabnehmer mit einer Bügelbreite von 1250 mm und 950 mm Schleifstücklänge.³⁸ Die 1913 abgelieferte Lokomotive Ge 4/4 391 der RhB mit elektrischer Ausrüstung von AEG hatte Scherenstromabnehmer dieser Firma aufgebaut. Auf nahezu allen anderen Triebfahrzeugserien der SBB und der schweizerischen Privatbahnen montierte man Stromabnehmer schweizerischer Fertigung.

G. Huldschiner³⁹ bildet den BBC-Stromabnehmer für die 1910 gelieferten Triebwagen der MO ab, der mit 1540 mm Breite und 1000 mm langem Schleifstück für die im Zickzack von ± 200 mm verlegte Fahrleitung bestimmt war. Querrohre an den Gelenken und diagonal verspannte Drähte in der Oberschere finden sich bei späteren BBC-Stromabnehmern wieder. Weist hier die Pendelwippe keine Federung auf, findet sich eine solche nach Abbildungen bei einem Teil der im gleichen Jahr abgelieferten Triebwagen der Seetalbahn.

BBC 3 (1912)

BLS: Be 5/7.

RhB: Ge 2/4, Ge 4/6.

Diese als "Pantograph-Stromabnehmer Type 3 mit Luftzylinder" bezeichnete Type mit doppelt isoliertem Grundrahmen und spannungsführendem Antrieb weist für die Schere die gleichen Merkmale auf wie der Stromabnehmer der MO, jedoch mit einer am Querrohr der Scherengelenke zwischen Unter- und Oberschere befestigten Wippenfederung. Während die Ausführung RhB⁴⁰ für 11 kV eine 1600 mm breite Wippe mit 1100 mm langem Schleifstück und gebogenem Endhorn notiert, nennt die Zeichnung für die Ausführung BLS⁴¹ für 15 kV eine 1320 mm breite Wippe mit 950 mm langem Schleifstück. Damit geht die in der Begrenzung des lichten Raumes und der Fahrzeuge der schweizerischen Normalspurbahnen bzw. der schmalspurigen Brünigbahn der SBB genannte Wippenbreite von 1320 mm⁴² auf das Jahr 1912 zurück; auch die Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung Ausgabe 1.01. 1984⁴³ nennen dieses Maß. Für die RhB-Ausführung ist ein als "Katarakt" bezeichneter Glyzerin-Dämpfer nachgewiesen.

³⁸ Röhl (Hg.), Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, Bd. 4, Berlin und Wien ²1913, S. 256 f., Tafel IV.

³⁹ SBZ, 57 (1911), S. 230, Abb. 27.

⁴⁰ BBC-Zeichnung B 175 280 b.

⁴¹ BBC-Zeichnung B 177 265 a.

⁴² Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 2, Frauenfeld 1949, S. 32, Figur 4 f.

⁴³ AB-EBV zu Art. 18.2/47.1, Blatt Nr. 10 N.

BBC 5 (1914)

RhB: Ge 4/6, Ge 6/6 I.

Nach der Zusammenstellung⁴⁴ weist bei dieser Type, abgesehen von einer gegenüber der Vorgängerbauart stärker dimensionierten Scherenkonstruktion und einer Wippe mit abgeschrägtem Endhorn, der Stromabnehmerahmen erstmals die für spätere Scherenstromabnehmer-Typen für elektrische Triebfahrzeuge des Stammnetzes der RhB charakteristischen Grundmaße 1550 mm x 1550 mm auf und ist damit gegen diese tauschbar. Das die Gelenke zwischen Ober- und Unterschere verbindende Querrohr geht gekrümmt in die Zugstange der Wippenfederung über. 1948 baute man diesen Stromabnehmer in die Type 5g mit Doppelwippe um.

BBC C 1 (1919)

SBB: Ae 3/5, Ae 3/6 I, Ae 4/8, Be 4/6, Be 4/7, Ce 6/8 I;
Be 4/6.

Der Aufbau dieses für 15 kV bestimmten Scherenstromabnehmers mit schmaler Wippe⁴⁵ entspricht, abgesehen von den jeweils aus 2 Stahlrohren gebildeten Armen der Unterschere, der vorgenannten Bauart. Die Maße des Grundrahmens von 1550 mm x 1500 mm sind für alle späteren Scherenstromabnehmer normalspuriger elektrischer Triebfahrzeuge der SBB verbindlich. Nach einer SBB-Zeichnung⁴⁶ erhielt dieser Stromabnehmer bei der Umstellung auf die vereinheitlichte Doppelwippe ein Oberteil der MFO-Type PP 950.

MFO PP 950 (1919)

SBB: Ae 3/6 II, Ae 4/7, Be 3/5, Be 4/6 I, Be 6/8 III,
Ce 6/8 II, Ee 3/3, Ee 3/3 II, Ee 6/6; De 4/4.
BLS: Ce 4/6, CFe 2/6.
SZU: De 3/4, BDe 2/4.

Der Grundrahmen ist im Regelfall gegen Erde einfach isoliert. Waren bei den 1919 gelieferten Stromabnehmern in der Unter- und Oberschere einfache Rohre mit diagonal verspannten Drähten vorhanden, sah man 1920 in den Armen der Unterschere jeweils 2 Rohre vor, 1921 entfiel in der Unterschere die Drahtverspannung. Sowohl die Zusammenstellung⁴⁷ als auch die SBB-Zeichnung⁴⁸ notieren den letztgenannten Zustand. Bei allen Varianten greifen die Wippenfedern jeweils an einem Querrohr an, welches die Gelenke zwischen Unter- und Oberschere verbindet. Die Zweisystemlokomotiven der 1957/58 ausgelieferten Serie Ee 3/3 II er-

⁴⁴ BBC-Zeichnung B 220 0260.

⁴⁵ BBC-Zeichnung B 346 051.

⁴⁶ SBB-Zeichnung Zfw 11 137.

⁴⁷ MFO-Zeichnung 97 156.

⁴⁸ SBB-Zeichnung Zfw 11 129.

hielten diese Stromabnehmertypen mit längs liegender doppelter Isolation.

BBC C 2 (1923)

SBB: Ae 3/6 I, Ae 3/6 III, Ae 4/7, De 6/6, Ee 3/3, Ee 3/4;
Ce 4/4, De 4/4, Be 4/6.
BLS: Ae 6/8.

Der einfach isolierte Grundrahmen trägt die aus jeweils 2 Stahlrohren gebildeten Arme der Unterschere.⁴⁹ Zusätzlich zu den an den Gelenken angebrachten Querrohren ist in der Oberschere jeweils ein weiteres montiert, diagonal verspannte Drähte erhöhen die Quersteifigkeit der Oberschere. Erstmals greifen die Wippenfedern etwa in der Mitte der Stahlrohre der Oberschere an. Bei einer Wippenbreite von 1300 mm sind die Schleifstücke mit 950 mm für einen Zickzack von ± 200 mm ungewöhnlich lang, entsprechend ist die Neigung des Endhorns mit 62° gegen die Horizontale sehr steil. Die SBB-Serien De 6/6, Ee 3/3 und Ee 3/4 mit nur einem Stromabnehmer wiesen bei der Ablieferung eine Tandemwippe mit 2 Schleifstücken von 1150 mm Abstand auf, um Streckentrenner mit neutralem Mittelstück ohne Spannungsunterbrechung überqueren zu können. Nach einer SBB-Zeichnung⁵⁰ erhielt auch diese Stromabnehmertypen beim Umbau auf Doppelwippe die Oberschere der MFO-Type PP 950.

BBC Ss VI b (1925)

RhB: Ge 6/6 I.

Nach der Zusammenstellung⁵¹ ist der Grundrahmen dieses für 11 kV bestimmten Stromabnehmers noch doppelt isoliert, auch handelt es sich bei der Schere um eine schwere Ausführung, doch verzichtet man auf sämtliche Querrohre und Drahtverspannungen, sondern sieht zur Versteifung in der Oberschere jeweils nur eine Querverstrebung vor.

SAAS Pp 15 (1926)

SBB: Ae 4/7, Ee 3/3, Ee 6/6; RBe 2/4; Te II, Te III,
Tem II, Tem III.
BLS: Ae 6/8, Ee 3/3; De 4/5, ABDe 2/8, BDZe 2/6,
ABDZe 4/6, ABDe 4/8.
BT: Be 4/4; BCFE 2/4, BDe 3/4.
STB: BDe 2/4.

Die Abkürzung "Pp" steht für "Pantographe à commande pneumatique" (Scherenstromabnehmer mit Druckluftantrieb). Erstmals ist der Antrieb auf dem gegen Erde einfach isolierten Grundrahmen völlig mit einer durchgehenden Haube

⁴⁹ BBC-Zeichnung B 104 970.

⁵⁰ SBB-Zeichnung ZfW 11 138.

⁵¹ BBC-Zeichnung B 550 112.

Z 14.3./1

abgedeckt, weshalb anstelle eines Querrohres zwischen den Scheitelgelenken die Wippe selbst diese Verbindung übernehmen muß. Die Zusammenstellung⁵² und die SBB-Zeichnung⁵³ notieren sowohl für die Unterschere als auch für die Oberschere einfache Rohre, in der Oberschere sind jeweils aus Rohren gebildete doppelte Diagonalverstrebungen vorhanden.

H. Hegetschweiler⁵⁴ führt 1939 über die Stromabnehmer der nachgelieferten Ae 6/8-Lokomotiven der BLS aus: "Der Scherenstromabnehmer wurde dahingehend verbessert, dass er ein Breitflächenschleifstück mit Kupfereinsätzen erhielt, welches mit einer neuartigen Parallelführung versehen wurde, die auch bei hohen Geschwindigkeiten eine weitaus bessere Stromabnahme durch das Schleifstück am Fahrdrabt gewährleistet. Die sonst bei Schleifstücken alter Konstruktion auftretenden Störungen während der Durchfahrt des Lötschberg- und Simplontunnels, herrührend von den gewaltigen Luftstauungen und den dadurch erzeugten Wirbeln über dem Dach des Fahrzeugs, traten bei den mit neuen Schleifstücken versehenen Stromabnehmern nicht mehr auf ..." Über die Stromabnehmer der elektrischen Leichttriebwagen der BLS notiert H. Werz⁵⁵: "Um auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten eine störungsfreie Stromabnahme zu erhalten, wurde die Stromabnehmerwippe mit einer Parallelführung ausgerüstet, so dass der Kontakt zwischen Fahrdrabt und Schleifstück auf der ganzen Breite des letzteren stattfindet und nicht nur auf einer Kante desselben."

SAAS Pm 2-15 (1927)

SBB: Te II, Te III.

Die Abkürzung "Pm" steht für: "Pantographe à commande à main" (Scherenstromabnehmer mit Handantrieb). Nach der Zusammenstellung⁵⁶ wies dieser für elektrische Traktoren ohne Druckluftbremse bestimmte Scherenstromabnehmer zunächst eine Tandemwippe mit 2 Schleifstücken im Abstand von 1150 mm auf. Die Schere stimmt mit jener des Typs Pp 15 überein, jedoch ist an der einen Grundwelle ein Hebel mit Isolator für Handbedienung angebracht.

SAAS Pm-10000V (1946)

FO: Te 2/2.

RhB: Te 2/2.

Die Zusammenstellung⁵⁷ des für die Traktoren der RhB bestimmten Stromabnehmers weist gegenüber der Type Pm 2-15

⁵² SAAS-Zeichnung U 661 547.

⁵³ SBB-Zeichnung ZfW 11 135.

⁵⁴ Sécheron Mitteilungen, Nr. 11 (1939), S. 10.

⁵⁵ Ebenda, S. 27; s. auch EB, 15 (1939), S. 158.

⁵⁶ SAAS-Zeichnung U 661 572.

⁵⁷ SAAS-Zeichnung U 662 183.

bei gleicher Schere eine schwächer bemessene Isolation und eine Doppelwippe von 1710 mm Breite auf. Der Stromabnehmer für den gleichzeitig gelieferten Traktor der FO hat dagegen eine Wippenbreite von 1300 mm.

SAAS Pp 15000V (1943)

BAM: ABDe 4/4.

SOB: Te 2/2.

Die Fahrleitung der meterspurigen BAM ist mit einem Zickzack von ± 300 mm verlegt. Der dort verwendete SAAS-Scherenstromabnehmer weicht nach Mitteilung der Bahnverwaltung in den Abmessungen von den bis dahin gefertigten Stromabnehmern dieser Firma ab. Auf dem Grundrahmen mit quer statt längs liegenden Isolatoren ist eine dem Typ Pp 15 ähnliche Schere von 900 mm Breite montiert. Die beiden Schleifstücke mit einem Mittenmaß von 735 mm Länge und einem Abstand von 140 mm sind auf einer 1820 mm langen Pendelwippe montiert. Unter sämtlichen mit Einphasenwechselstrom betriebenen Bahnen der Schweiz weist dieser Stromabnehmer die größte Breite auf. Nach Mitteilung der SOB erhielt der Te 2/2 31 den gleichen Stromabnehmertyp, jedoch mit schmaler Wippe.

SAAS Pp-15000V (1952)

BLS: Be 4/4.

CJ: Ce 2/2.

RVT: Be 4/4.

Obwohl sich die Bezeichnung dieses Stromabnehmers von der eben beschriebenen Bauart nur durch einen Bindestrich unterscheidet, handelt es sich um eine völlig andere Type, um die letzte, die SAAS für Wechselstrombahnen gebaut hat. Die Zusammenstellung⁵⁸ notiert einen Grundrahmen mit längs liegenden Isolatoren, die Holme der Unterschere haben ovalen Querschnitt. Die Konstruktion der Oberschere stimmt mit jener der Type Pp 15 überein.

MFO M 26 (1929)

SBB: Ae 4/7, Ae 8/14.

BLS: CFe 4/5.

BVZ: HGe 4/4.

RHB: DZhe 2/4.

SZU: BDe 3/4, BDe 4/4.

Gegenüber der Type PP 950 verzichtet MFO auf Querwellen, wegen der Abdeckhaube über dem Antrieb auch auf jene zwischen den Scheitelgelenken. Jeweils 2 diagonal verstreute Rohre in der Oberschere ersetzen die Drahtverspannung, sind jedoch jeweils 600 mm unterhalb des Scheitelgelenks

⁵⁸ SAAS-Zeichnung U 662 483.

an den Rohren der Oberwelle befestigt, um dort die Wippenfedern angreifen zu lassen.⁵⁹ Der Gepäcktriebwagen der RHB wies bei der Ablieferung einen Stromabnehmer mit Tandemwippe und 2 Schleifstücken auf.

BBC Ss 382 Lh 13 (1932)

SBB: RBe 2/4.

BLS: Ce 2/4.

EBT: Be 4/4; BDe 2/4.

S. Bérard⁶⁰ stellt die Unterschiede der Be 4/4-Lokomotiven für die BT bzw. EBT heraus, schweigt sich jedoch über die Stromabnehmer aus. F. Steiner⁶¹ notiert zu den elektrischen Leichttriebwagen der SBB: "Der Pantographenstromabnehmer ist von einer besonders leichten, dabei jedoch stabilen Bauart, wie durch vorangegangene Versuche auf Schnellzuglokomotiven festgestellt wurde." In einer Übersicht über die Leichttriebwagen der BLS-Betriebsgemeinschaft geht derselbe Verfasser⁶² nicht auf die Stromabnehmer ein. Bei der Herstellerfirma liegen die Zusammenstellungen⁶³ auf.

Auf dem Grundrahmen mit quer liegender Isolation ist eine aus Stahlrohren zusammengeschraubte Schere aufgebaut, wobei jeder Holm der Unterschere aus 3 Rohren besteht. In der Oberschere ist zur seitlichen Versteifung jeweils ein diagonal zwischen den Scherengelenken montiertes Rohr vorhanden. Die Doppelwippe mit einem Außenmaß der beiden Schleifstücke von 170 mm weist sowohl eine pendelnde als auch eine vertikale Wippenfederung auf. Da schweizerische Firmen bei Zeichnungen von Stromabnehmern als Maß des Abstands der Schleifstücke einer Doppelwippe im Regelfall das Außenmaß notieren, sei nachstehend dieses Maß als "Schleifstückabstand" angegeben.

Für die Leichttriebwagen verwendete man die Ausführung 2 dieser Stromabnehmertypen⁶⁴ mit beidseits jeweils 2 in Reihe geschalteten Spiralfedern unterschiedlicher Federkonstante als vertikale Federung. Nach Mitteilung der EBT ersetzte man bei der Umstellung von Aluminium- auf Kohle-schleifstücke Mitte der sechziger Jahre die vorhandene Wippe durch eine solche des Stromabnehmer-Typs 350/2.

MFO W 75 (1935)

SBB: RBe 2/4.

BLS: Ce 2/4.

⁵⁹ SBB-Zeichnung Zfw 11 130.

⁶⁰ Sécheron Mitteilungen, Nr. 7 (1933), S. 3 ff.

⁶¹ EB, 11 (1935), S. 275.

⁶² EB, 12 (1936), S. 190 f.

⁶³ BBC-Zeichnungen B 553 220, B 553 786, B 557 746.

⁶⁴ BBC-Zeichnung B 558 257.

Dieser für elektrische Schnelltriebwagen aus dem Typ M 26 entwickelte Stromabnehmer wird in der SBB-Zeichnung⁶⁵ als "MFO Leichter Typ W 75" bezeichnet; dieser liegt die Zusammenstellung⁶⁶ der Herstellerfirma zugrunde. Die Holme der Unterschere mit ovalem Querschnitt tragen eine Oberschere mit nur jeweils einer Diagonalstrebe. Die Wippenfedern greifen wie bei dem Typ PP 950 jeweils am Gelenk zwischen Unter- und Oberschere an; die Wippe trägt ein Doppelschleifstück.

Ch. Sthioul⁶⁷ notiert Einzelheiten des verbesserten SAAS-Stromabnehmers Typ Pp 15 und des MFO-Typs W 75: Während das Breitflächenschleifstück von SAAS eine Breite von 100 mm aufweist, hat das Doppelschleifstück der MFO eine solche von 130 mm. "Die Erbauer suchten mit den sich um ihre eigene Achse drehenden breiten Schleifstücken Ungleichheiten der Fahrleitung und die Schläge auszugleichen und damit die Spannungsverluste zu vermindern."

Nachdem es beim Einsatz dieser Stromabnehmer zu zahlreichen Fahrleitungsstörungen gekommen war, unternahm die Kreisdirektion I ausgedehnte systematische Versuche. Es zeigte sich, daß bei höheren Geschwindigkeiten das Stützblech der Schleifstücke zu einem unzulässigen Anhub der Fahrleitung führt. An gleicher Stelle skizziert Ch. Sthioul die weitere Entwicklung: "Dabei kam man auf den Gedanken, das doppelte Schleifstück der Länge nach zu spalten und die beiden Hälften durch einen Hohlraum für die Luftzirkulation zu trennen, sie dann noch weiter voneinander zu entfernen, wie dies nun bei allen SBB-Wippenstromabnehmern der Fahrzeuge der Fall ist, die im Dienst nur mit einem gehobenen Stromabnehmer fahren. Auf diese Weise wurde die Hebung der Fahrleitung bei der Durchfahrt der Stromabnehmer wieder normal, d. h. 15 bis maximal 18 cm, gemessen in der Mitte einer Fahrleitungstragweite von ungefähr 100 m bei einer Geschwindigkeit von 90 km/h, statt 30 bis 32 cm, wie bei Beginn der Versuche."

Nach einer Zeichnung⁶⁸ beträgt der Schleifstückabstand der genormten Doppelwippe der SBB 180 mm, die Schleifstücke mit einem Krümmungsradius von 4500 mm sind 600 mm lang.

MFO W 93 (1939)

RhB: Ge 4/4 I; ABe 4/4.

Der Aufbau dieses Stromabnehmers entspricht grundsätzlich dem Typ W 75, ist jedoch mit einer Wippenbreite von 1710 mm und den Abmessungen des Grundrahmens auf das Stammnetz der RhB abgestimmt. Die Wippenfedern greifen jeweils an

⁶⁵ SBB-Zeichnung ZfW 11 127.

⁶⁶ MFO-Zeichnung 492 333.

⁶⁷ SBB, 22 (1945), S. 67 f.

⁶⁸ BBC-Zeichnung B 101 300.

einem Hebel am Gelenk zwischen Unter- und Oberschere an.⁶⁹ Nach einer RhB-Zeichnung von 1968⁷⁰ paßte man die Wippe und die Wippenfederung dieses Stromabnehmers dem Typ W 755 an, womit der umgebaute Stromabnehmer mit einer Wippenbreite von 1734 mm nunmehr die Bezeichnung W 93 g trägt.⁷¹

MFO W 751 (1937)

SBB: Ae 8/14; RBe 2/4, RFe 4/4, RAe 4/8, RABDe 8/12.
BVZ: HGe 4/4.

In Beschreibungen der 1937 abgelieferten Schnelltriebzüge der SBB für eine Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h geht F. Steiner⁷² nicht auf Merkmale der Stromabnehmer ein. Für den Gepäckschnelltriebwagen RFe 4/4 notiert derselbe Verfasser⁷³, daß von den 2 Stromabnehmern normalerweise nur der hintere Stromabnehmer gehoben wird und der andere als Reserve dient. Ein Bericht über Probefahrten mit Gepäckschnelltriebwagen im Frühjahr 1940⁷⁴ hält fest: "Zur Messung von Überspannungen auf der Hochspannungsseite werden Funkenstrecken verwendet."

Bei der Abteilung ZfW der GD SBB existieren von diesem Stromabnehmer keine Unterlagen mehr, jedoch wird in Zeichnungen des Typs W 754 hierauf verwiesen. Der Grundrahmen mit längs liegenden Isolatoren und die Schere stimmen mit dem Typ W 75 überein, jedoch bestehen die Stützen jeweils aus drei Streben statt aus einem Stützfuß. Die Wippenfedern sind 830 mm beidseite der normalisierten Doppelwippe an den Holmen der Oberschere befestigt.

MFO W 754 (1942)

SBB: Ae 4/6.
EBT: Ce 2/2; BDe 4/4 I.
SZU: BDe 4/4.

Nach den Zeichnungen der Herstellerfirma⁷⁵ bzw. den SBB⁷⁶ handelt es sich ausdrücklich um einen leichten Typ. Gegenüber der fünf Jahre älteren MFO-Type vereinfachte man den Grundrahmen und sah anstelle von drei Streben wieder einen zylindrischen Stützfuß wie beim Typ W 75 vor.

⁶⁹ MFO-Zeichnung 495 599.

⁷⁰ RhB-Zeichnung 1-10376.

⁷¹ RhB-Zeichnung 1-10375.

⁷² SBB, 14 (1937), S. 102 ff.; EB, 14 (1938), S. 69 ff.

⁷³ SBB, 17 (1940), S. 36.

⁷⁴ SBB, 17 (1940), S. 176 ff.

⁷⁵ MFO-Zeichnung 497 762.

⁷⁶ SBB-Zeichnung ZfW 11 128.

MFO W 98 (1941)

BVZ: ABDeh 6/6, ABDeh 8/8.
 FO: HGe 2/2, HGe 4/4; ABDeh 2/4.
 GFM: Ee 2/2.

Bei gleicher Schere wie beim Typ W 754 weist der Grundrahmen hier quer liegende Isolatoren auf, um die Einbaumaße auf 960 mm x 1500 mm vermindern zu können.⁷⁷

MFO WT 751 (1937)

SBB: Te I.

Dieser für elektrische Traktoren ohne Druckluftbremse bestimmte Stromabnehmer mit Handantrieb unterscheidet sich von der Schere des Typs W 751 durch Holme der Unterschere von kreisförmigem Querschnitt.⁷⁸

MFO WT 755 (1943)

SBB: Te I, Tea, Tem I.

Nach der Zusammenstellung⁷⁹ vom 5.05.1943 baute man von diesem Jahr an elektrischen Traktoren der SBB diesen Typ mit Holmen der Unterschere von ovalem Querschnitt wie beim Typ W 754 auf.

MFO W 755 spezial (1953)

RhB: Ge 4/4 I.

Dieser für die Nachbestellung von Ge 4/4 I-Lokomotiven der RhB von MFO gebaute Stromabnehmer mit einer Wippenbreite von 1674 mm stellt eine Variante des Typs W 754 für das Stammnetz der RhB dar.⁸⁰ Es handelt sich um den letzten von MFO für Wechselstrombahnen der Schweiz entwickelten Stromabnehmertyp.

BBC Ff 352 Lh 13 Aeul (1940)

SOB: ABe 4/4.

Zu den elektrischen Motortriebwagen der Schweizerischen Südostbahn notiert F. Wyss⁸¹: "Im Hochspannungskreis leitet ein Stromabnehmer - die Möglichkeit des späteren Einbaus eines zweiten besteht - den Fahrstrom ... zum Transformator." Nach dem Maßbild⁸² des Stromabnehmers und der

⁷⁷ MFO-Zeichnung 496 383.

⁷⁸ MFO-Zeichnung 495 089.

⁷⁹ MFO-Zeichnung B 011 731.

⁸⁰ MFO-Zeichnung B 017 948.

⁸¹ SBZ, 117 (1941), S. 103 ff.

⁸² BBC-Zeichnung B 104 976.

Zeichnung der Wippe⁸³ handelt es sich um eine Weiterentwicklung des BBC-Typs Ss 382 Lh 13, wobei die Doppelwippe mit einem Schleifstückabstand von 180 mm sowohl eine pendelnde als auch eine vertikale Wippenfederung aufweist. Auf dem Stromabnehmerrahmen mit quer liegender Isolation mit reduzierten Grundmaßen 770 mm x 1060 mm ist eine aus Stahlrohren bestehende leichte Schere mit einem Abstand der Holme von 550 mm aufgebaut. Die Holme der Unterschere sind oben und unten durch aufgeschweißte Stege verstärkt. In der Oberschere ist zur seitlichen Versteifung jeweils ein diagonal zwischen den Scherengelenken montiertes Rohr vorhanden, in der Unterschere verbindet neben dem Scherengelenk beidseits ein Querrrohr die Holme. In den Scherengelenken vermindern Kugellager die Reibung.

BBC 350 (1941)

SBB: Ae 4/6.

F. Steiner⁸⁴ stellt zu den Ae 4/6-Lokomotiven 10801-10806 der SBB mehrfach fest: "Der elektrische Teil der neuen Lokomotive unterscheidet sich von dem der Lokomotive 11852 grundsätzlich nur durch die Verwendung eines Druckluftleistungsschalters an Stelle des bisher auf den SBB-Lokomotiven verwendeten Ölschalters." Dagegen betont H. Süssli⁸⁵, daß nur die Nummern 10805 - 10808 mit dem leichten MFO-Stromabnehmer - gemeint ist der Typ W 754 - ausgerüstet wurden. Nach der Zusammenstellung⁸⁶ erhielten die Lokomotiven 10801 - 10804 den BBC-Typ 350. Die SBB-Zeichnung⁸⁷ spricht von "Stromabnehmer Leichter Typ 350".

Grundsätzlich übernahm man den Stromabnehmerrahmen und die Schere vom Typ Pf 352 Lh 13 Aeul, änderte jedoch die Befestigung entsprechend den Grundmaßen der SBB 1550 mm x 1500 mm und vergrößerte den Abstand der Holme der Schere auf 820 mm. Die Doppelwippe weist nurmehr eine pendelnde Wippenfederung auf. Die das Doppelschleifstück tragende geteilte Wippe wird über zwei an die Gelenklager der Schere angebaute Hebelpaare geführt, wodurch sich eine große Nachgiebigkeit in der Waagerechten ergibt.

Nach einer Darstellung von A. Moser⁸⁸ erhielten die beiden 1942/43 mit einer elektrischen Dampferzeugungsanlage ausgerüsteten Dampflokomotiven E 3/3 8521 und 8522 jeweils einen Stromabnehmer dieses Typs mit Handantrieb aufgebaut, ebenfalls die etwa gleichzeitig auf elektrischen Betrieb

⁸³ BBC-Zeichnung B 810 205.

⁸⁴ EB, 17 (1941), S. 225; SBB, 18 (1941), S. 80.

⁸⁵ Bulletin Oerlikon, Bd. 23, Nr. 244, S. 1559.

⁸⁶ BBC-Zeichnung B 556 186.

⁸⁷ SBB-Zeichnung ZfW 11 134.

⁸⁸ Der Dampfbetrieb der schweizerischen Eisenbahnen 1847-1966, Basel und Stuttgart 1967, S. 269.

umgebauten älteren Einheitstraktoren mit Benzinmotor Te 91 - 99.

BBC S 350 (1941)

SBB: Deh 4/6.

Für die Gepäcktriebwagen der schmalspurigen Brünigbahn konstruierte BBC⁸⁹ unter Verwendung von Schere und Wippe des Typs 350 einen Stromabnehmer mit reduzierten Grundmaßen 770 mm x 1320 mm, wobei die quer liegenden Isolatoren wie bei dem Typ Ff 352 Lh 13 Aeul über Konsolen direkt auf dem Dach des Triebfahrzeugs aufliegen.⁹⁰

BBC 350/1 (1944)

SBB: Re 4/4 I, Ae 4/6, Ae 6/6; RBe 2/4, RBe 4/4, RAe 4/8, BDe 4/4.

BLS: Ae 4/4, Ae 8/8; Te 2/2.

BT: BDe 4/4.

GFM: ABe 4/4, ABDe 2/4, ABDe 4/4.

MO: ABDe 4/4.

RHB: ABDhe 2/4.

RVT: ABDe 2/4.

SOB: ABe 4/4, BDe 4/4.

Die Zeichnungen benennen diesen Stromabnehmer unterschiedlich: Typ 350, dann Typ 350/I, schließlich Typ 350/1. Gehen weder F. Gerber⁹¹ noch W. Lüthi⁹² in Beschreibungen der Ae 4/4-Lokomotiven der BLS auf den Stromabnehmer ein, notieren später A. E. Müller und G. Borgeaud⁹³ in einem Aufsatz über neuzeitliche schweizerische Elektrolokomotiven, weiter E. Hugentobler⁹⁴ und E. Meyer⁹⁵ in Darstellungen der Ae 6/6-Lokomotive der SBB Merkmale dieses Stromabnehmers. Die von K. Sachs⁹⁶ übermittelte Zeichnung beruht auf einem Maßbild der Herstellerfirma⁹⁷, ebenfalls eine Zeichnung der SBB⁹⁸.

Z 14.3./2

Die Abmessungen des Typs 350 behielt man bei; bei gleichem Grundrahmen und der Wippe des Typs 350 vereinfachte man die Unterschere durch Verwendung von Holmen mit ovalem Querschnitt und Weglassen des Querrohrs. Weiter sind in den Basiswellen Bruchsicherungskeile eingebaut, damit bei

⁸⁹ BBC-Zeichnung B 556 195.

⁹⁰ SBB-Zeichnung ZfW 11 136.

⁹¹ SBZ, 127 (1946), S. 218 ff.

⁹² BBC, 32 (1945), S. 329 ff.

⁹³ EB, 24 (1953), S. 162 ff.

⁹⁴ BBC, 43 (1956), S. 301 ff.

⁹⁵ EB, 24 (1953), S. 209 ff.

⁹⁶ Elektrische Triebfahrzeuge, Bd. 2, Frauenfeld 1953, S. 27, Abb. 33.

⁹⁷ BBC-Zeichnung B 811 950.

⁹⁸ SBB-Zeichnung ZfW 11 158.

unzulässigen horizontalen Kräften die Schere in sich zusammenfällt und keinen weiteren Schaden anrichtet. Nach einer Zeichnung von 1954⁹⁹ änderte man die Konstruktion des Typs 350/1 geringfügig, indem man die Hebelpaare der Pendelwippe anders ausbildete und eine einstellbare Dämpfung der Luft im Antrieb vorsah. Schließlich baute die BLS bei den ab 1959 gelieferten Ae 8/8-Lokomotiven nach W. Grossmann¹⁰⁰ einen anderen pneumatischen Antrieb ein: Der unter dem Dach im Maschinenraum montierte Antriebszylinder wirkt über ein Drahtseil und einen Isolator auf den Stromabnehmer, wodurch der Stromabnehmerantrieb den Witterungseinflüssen entzogen ist.

Der Stromabnehmer Typ 350/1 war zeitweise auch auf Triebfahrzeugen der DB montiert, so Anfang der sechziger Jahre auf den SBB geliehenen Lokomotiven der Baureihe E 40. Nach Mitteilung des Bw München Hbf lieh die SBB-Hauptwerkstätte Zürich für Fahrten des "Gläsernen Zuges" der Baureihe ET 91 in die Schweiz der DB jeweils einen Stromabnehmer aus, zunächst einen des Typs 350/1, später 350/2. Zur Vereinfachung baute das Bw München Hbf 1976 einen DB-Stromabnehmer SBS 65 auf, bei dem sich die Wippe leicht auswechseln läßt.

BBC 350/1 D (1944)

SBB: WR, WR I.

Diesen Stromabnehmer¹⁰¹ sah man für die zunächst als Dr 4ü bezeichneten Leichtstahl-Speisewagen mit Handantrieb beim Heben und elektromagnetischem Senkantrieb vor. Mehrfach beschreibt F. Halm¹⁰² diesen Mechanismus.

BBC 350/1 spez. (1954)

SBB: HGe 4/4; Te III.

Bei gleicher Schere und Wippe wie beim Typ 350/1 unterscheidet sich dieser für Triebfahrzeuge der Brünigbahn gebaute Stromabnehmer nur durch eine geänderte Befestigung des Rahmens auf dem Lokomotivdach mit den Grundmaßen 770 mm x 1320 mm wie beim Typ S 350.¹⁰³

BBC 350 (1945)

YStEC: ABDe 2/4, ABDe 4/4, Te 4/4.

⁹⁹ BBC-Zeichnung B 103 113.

¹⁰⁰ SBZ, 77 (1959), S. 623 ff.

¹⁰¹ BBC-Zeichnung B 811 955.

¹⁰² SBB, 21 (1944), S. 60 ff.; Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 3, Frauenfeld 1957, S. 302 f.; s. auch SBB, 28 (1951), S. 92 ff.

¹⁰³ BBC-Zeichnung B 103 192.

Nach dem Maßbild¹⁰⁴ trägt der Stromabnehmer der elektrischen Triebwagen der mit 15 kV betriebenen meterspurigen YSteC die Typenbezeichnung 350, jedoch stimmen Grundrahmen und Schere mit dem Typ 350/1 überein. Die Zeichnung der Wippe¹⁰⁵ von 1650 mm Breite mit 1050 mm langen Schleifstücken für die im Zickzack von ±300 mm verlegte Fahrleitung ist der Scherenstromabnehmer-Type Ss zugeordnet, die auf verschiedenen in den vierziger Jahren von BBC ausgerüsteten meterspurigen Gleichstromtriebwagen zu finden ist.

Die 1943 bis 1949 von 8000 V 15 Hz auf 15 kV 16 2/3 Hz umgebauten Triebwagen der MO erhielten ähnliche Stromabnehmer mit einer etwa 1500 mm breiten Wippe, die man 1956 nach Anpassung der Fahrleitung durch eine solche der Normalausführung des Typs 350/1 ersetzte.

BBC Ss 352 Lh 17 (1958)

RhB: Ge 6/6 II.

Bei diesem für das Stammnetz der RhB bestimmten Stromabnehmer handelt es sich um eine Variante des Typs 350/1: Die Grundmaße des Rahmens 1550 mm x 1550 mm, die Scherenbreite von 1080 mm, die Wippenbreite von 1710 mm und die Schleifstücklänge von 1050 mm entsprechen den Bedürfnissen der RhB.¹⁰⁶ Bemerkenswerterweise bezeichnet die Zeichnung der Scherenrohre¹⁰⁷ diesen Stromabnehmer als Typ 350, jene der Wippe¹⁰⁸ verkürzt als Typ Ss. A. Bächtiger¹⁰⁹ betont bei der Beschreibung der Ge 6/6 II-Lokomotiven: "Angesichts der langen zu durchfahrenden Strecken und besonderen Geländebeziehungen legte man Wert darauf, 2 solche Stromabnehmer beizubehalten, wovon jeweils der in Fahrrichtung hintere in Betrieb ist." Nach einer Tabelle über Zuteilung der Stromabnehmer der RhB¹¹⁰ erhielten auch sämtliche Ge 6/6 I-Lokomotiven einen Stromabnehmer des Typs Ss 352 Lh 17 aufgebaut.

BBC Ss 352 spezial (1978)

RhB: Te 2/2.

Nach Mitteilung der RhB ersetzte man von 1978 an die Stromabnehmer des SAAS-Typs Pm-10000V der elektrischen Traktoren aus Unterhaltungsgründen durch von der RhB-

¹⁰⁴ BBC-Zeichnung B 811 959.

¹⁰⁵ BBC-Zeichnung B 810 249.

¹⁰⁶ BBC-Zeichnung B 103 139.

¹⁰⁷ BBC-Zeichnung B 811 992.

¹⁰⁸ BBC-Zeichnung B 000 190.

¹⁰⁹ EB, 29 (1958), S. 222.

¹¹⁰ RhB-Zeichnung 1-6337.

Hauptwerkstätte Landquart für Handbetrieb umgebaute BBC-Stromabnehmer Typ Ss 352 Lh 17.¹¹¹

BBC 350/1 mit DB/ÖBB-Wippe (1960)

SBB: Re 4/4 I, Ae 4/7.

Ab Sommerfahrplan 1960 sollten verschiedene Schnellzugpaare durchgehend von Zürich nach Lindau mit SBB-Lokomotiven bespannt werden, um den Lokomotivwechsel in St. Margrethen zu vermeiden.¹¹² Hierzu rüstete die Hauptwerkstätte Zürich je einen Stromabnehmer der Re 4/4 I 10036 und 10037 sowie der Ae 4/7 10948 - 10951 mit der DB/ÖBB-Wippe aus, was im Hinblick auf die Profilmfreiheit gleichzeitig ein Tiefersetzen der Stromabnehmer erforderte.¹¹³ Nach Abbildungen entspricht der Umriß der Wippe dieses Stromabnehmers der in den Fahrleitungsrichtlinien der DB vom 1.07.1953 festgelegten Stromabnehmerwippe (s. 2.3. und 11.2.).

Wegen des Einsatzes der nur mit einem Stromabnehmer ausgerüsteten Serienlokomotiven Re 4/4 II 11107 - 11155 im Schnellzugsdienst der Ost-West-Transversalen der Schweiz gab man diese Dreiländerfahrt¹¹⁴ zum Fahrplanwechsel 1967 vorerst auf¹¹⁵, womit diese Sonderbauart verschwand; aber auch die Ursprungstyp 350/1 ist heute in der Schweiz nur noch auf wenigen normalspurigen Triebfahrzeugen zu finden. Die Stromabnehmer-Merkblätter der SBB, Ausgabe 1978, listen den Typ 350/1 nicht mehr auf, nur noch den Typ 350/1 spez. für die Brünigbahn; auch auf den Lokomotiven der BLS ist dieser Stromabnehmer nicht mehr vorhanden: Es erwies sich als notwendig, all diese Stromabnehmer umzubauen.

Notiert F. Gerber¹¹⁶ in einem Aufsatz über die Betriebserfahrungen mit den Ae 4/4-Lokomotiven der BLS, daß die Stromabnehmer bis zu der betrieblich gefahrenen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h einwandfrei am Fahrdraht gleiten und die Stromabnahme auch bei rascher Fahrt durch die Kurven in den nicht ausgemauerten Tunnels in den Rampen gut ist, muß E. Meyer¹¹⁷ zu den Stromabnehmern der Re 4/4 I-Lokomotiven folgendes feststellen: "Eine ganze Reihe von Unzukömmlichkeiten brachte die bei den höheren Geschwindigkeiten zu beobachtende Verschlechterung der Stromabnahme. Obwohl die Bauart der Stromabnehmer den hohen Geschwindigkeiten weitgehend angepasst ist, nimmt die Zahl der Stromunterbrüche durch Abspringen der Stromabnehmer mit der Steigerung der Geschwindigkeit über 110 km/h hinaus auffallend zu. Zur Verbesserung dieser Verhältnisse

¹¹¹ RhB-Zeichnung 1-12262.

¹¹² SBB, 37 (1960), Heft 2, S. 10.

¹¹³ SBB, 37 (1960), Heft 7, S. 12.

¹¹⁴ SBB, 37 (1960), Heft 9, S. 13.

¹¹⁵ SBB, 44 (1967), Heft 9, S. 13.

¹¹⁶ SBZ, 69 (1951), S. 13 ff.

¹¹⁷ SBZ, 67 (1949), S. 273.

bedarf sowohl die Bauart der Stromabnehmer wie auch diejenige der Fahrleitung einer neuen Überprüfung." Der Verfasser berichtet weiter, daß infolge kurzzeitiger Spannungsunterbrechungen die Spitzenwerte des Primärstromes im Transformator so groß wurden, daß das hierdurch erzeugte magnetische Feld die automatische Zugsicherung ansprechen ließ. Weiter kam es durch diese Spannungsunterbrechungen zu Überschlägen an den Fahrmotoren, besonders bei Einsatz der Rekuperationsbremse, wo es zusätzlich auch noch zu Hauptschalterüberschlägen kam.

Die vom ORE 1956/57 durchgeführten Stromabnehmer-Versuchsfahrten zeigten, daß der Typ 350/1 durch "eine starke Empfindlichkeit gegen die Einwirkung des Fahrtwindes" gekennzeichnet ist. Bei einer bestimmten Steighöhe sinkt die Anpreßkraft gleichmäßig von 65 N im Stillstand auf 55 N bei 100 km/h, 40 N bei 120 km/h und 15 N bei 160 km/h. "Dieser schwache Druck, der in dem geringen Fahrdrachanhub zum Ausdruck kommt, hat eine schlechte Kontaktgüte bei hoher Geschwindigkeit zur Folge."¹¹⁸

Bereits 1948 hatte BBC einen Stromabnehmer mit vertikal gefederter Wippe von 240 mm Schleifstückabstand auf der Schere und dem Rahmen des Typs 350/1 konstruiert.¹¹⁹ Im November 1950 führten die SBB in beiden Fahrtrichtungen der Teilstrecke Wichtrach - Uttigen der Linie Bern - Thun mit verschiedenen BBC-Stromabnehmern Versuchsfahrten bis etwa 135 km/h durch und maßen jeweils die Anzahl der Spannungsunterbrechungen¹²⁰:

- Typ 350/1 (hier als Typ 350 bezeichnet)
- Typ BBC 1: Versuchsstromabnehmer mit vertikaler quergekuppelter Wippenfederung mit Spezialwippe von 250 mm Schleifstückabstand
- Typ BBC 1u: wie BBC 1, aber ohne Querkupplung der Wippenfederung
- Typ BBC 2: wie BBC 1, aber mit normaler SBB-Wippe von 180 mm Schleifstückabstand
- Typ BBC 3: wie BBC 1, aber mit breiterer SBB-Wippe von 240 mm Schleifstückabstand

Die günstigsten Werte ergaben sich für den Typ BBC 1, die schlechtesten für den Typ 350/1. A. Fehr und R. Keller¹²¹ stellen die Entwicklungsarbeit zum Scherenstromabnehmer

¹¹⁸ UIC/ORE. Frage A 3. Verhalten der Stromabnehmer und der Fahrleitung bei hohen Geschwindigkeiten, Utrecht 1957, Anlage 43.

¹¹⁹ BBC-Zeichnung B 101 273.

¹²⁰ SBB-Zeichnung A 56.001 Bl. 1 und 2.

¹²¹ BBC, 47 (1960), S. 561 ff.

für hohe Fahrgeschwindigkeiten dar und notieren: "Als Ausgangsbasis standen zunächst die Resultate einiger früherer Versuchsfahrten mit einer Leichtlokomotive Re 4/4 der Schweizerischen Bundesbahnen zur Verfügung. Sie liessen bereits die Vorzüge vertikal gefederter Wippen erkennen." Am 17.02.1958 stellte BBC verschiedene Wippenarten von Scherenstromabnehmern und deren Federung zusammen,¹²² dies im Hinblick auf die von den SBB beschlossene Beschaffung elektrischer Trans-Europ-Express-Züge für eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h.

Z 14.3./3

BBC 355 (1961)

SBB: Ae 4/6 III, Ee 3/3 IV; RAe TEE II.

Mehrfach beschreiben R. Guignard und K. von Meyenburg¹²³ die elektrischen TEE-Züge der SBB und deren Stromabnehmer. Um die Bahnnetze von DB, FS, NS, ÖBB, SNCB und SNCF mit den Stromsystemen 1500 V bzw. 3000 V Gleichspannung und 15 kV 16 2/3 Hz bzw. 25 kV 50 Hz Wechselspannung befahren zu können, bedurfte es unter dem Zwang der maßgebenden Fahrleitungs- und Stromabnehmerdaten und Profilverordnungen eingehender Verhandlungen zwischen den interessierten Bahnverwaltungen, bis die Schleifstückdaten soweit bereinigt und einander angeglichen waren, daß im internationalen Durchgangsverkehr mit nur vier verschiedenen Stromabnehmern unterschiedlicher Breite und Schleifstücke auszukommen war:

Nr.	Verwaltung	Stromsystem	Breite	Schleifstücke
1	SBB	15 kV 16 2/3 Hz	1320 mm	2 Al
2	FS SNCF	3000 V = 25 kV 50 Hz	1450 mm	2 Cu/Fe
3	NS SNCB (SNCF)	1500 V = 3000 V = (1500 V =)	1950 mm	2 x 2 Kohle metallisiert
4a	DB ÖBB	15 kV 16 2/3 Hz	1950 mm	2 Kohle
4b	SNCF	1500 V =	1950 mm	2 x 2 Cu/Fe

Es war eine einheitliche Antriebs- und Scherenkonstruktion zu entwickeln, der die verschiedenen Wippen mit unterschiedlichen statischen Anpreßkräften wahlweise aufgesetzt werden können. Hierbei darf deren zum Drehzapfenmittel symmetrisch gelegener Scheitel 2400 mm nicht überschreiten.

¹²² BBC-Zeichnung B 305 579.¹²³ EB, 34 (1963), S. 59 ff., 80 ff.; JdE, 13 (1962), S. 118 ff.; SBZ, 80 (1962), Heft 13, Sonderdruck.

Maßbild¹²⁴ und Zusammenstellung¹²⁵ zeigen einen gegen 25 kV isolierten auf Stützisolatoren ruhenden Grundrahmen mit geerdetem Antrieb. Die vom Typ 350/1 in Grundzügen übernommene Schere mit gleichem Holmenabstand in Scheitelhöhe von 820 mm läßt durch einseitige Abkröpfung der Scherenarme die paarweise Verschachtelung der gesenkten Stromabnehmer zu. Die Zusammenstellung der Wippen 1 bis 4b¹²⁶ zeigt folgende gemeinsame Merkmale: Durch die Kombination zweier in Gummielementen drehelastisch gelagerter Hebel, über welche die um ihre Längsachse frei schwenkbare Wippe beidseitig am Verbindungsrohr der Scherenscheitel aufgehängt ist, ist sowohl in vertikaler als auch in Fahrtrichtung eine elastische Nachgiebigkeit gegeben. Der Mittenabstand der flachen Schleifstücke beträgt 210 mm. Z 14.3./4
Z 14.3./5

Nach A. Fehr und R. Keller¹²⁷ bestätigten Windkanalversuche den vorherrschenden Einfluß der Wippenkonstruktion, besonders der seitlichen Ablaufhörner, auf die Kontaktkraft. Meßfahrten mit dem Schnelltriebzug RABDe 8/12 auf den Teilstrecken Sargans - Walenstadt und Martigny - Ardon zeigten bei einer Geschwindigkeitssteigerung von 80 auf 160 km/h eine Auftriebserhöhung um etwa 10 N und eine gegenüber dem Typ 350/1 weit bessere Stromabnahme. Nach denselben Verfassern war seit Jahresbeginn 1960 ein erster Stromabnehmer des Typs 355 auf einem im Städteschnellverkehr eingesetzten RBe 4/4-Triebwagen der SBB montiert.

BBC 350/2 (1962)

SBB: Re 4/4 II, Ae 6/6; RBe 4/4, RABDe 12/12.
 BLS: Re 4/4; ABDe 4/8; Tem 2/2.
 BT: BDe 4/4.
 EBT: BDe 4/4 II.
 LSE: BDeh 4/4.
 MThB: ABDe 4/4.
 RVT: ABDe 4/4.
 SOB: Re 4/4 III; BDe 4/4.
 WM: BDe 4/4.

Die Zusammenstellung der Wippe für 2 Kohle- oder Aluminiumschleifstücke des Typs 355¹²⁸ notiert neben RAe 1051 - 1054 auch die ab 1962 abgelieferten Ae 6/6 11451 - 11475. Da bei den Typen 350/1 und 355 der Holmenabstand in Scheitelhöhe von 820 mm übereinstimmt, war es mit geringem Aufwand möglich, die Schere des Typs 350/1 mit einer Wippe des Typs 355 auszurüsten. Sowohl das Maßbild¹²⁹ als auch Z 14.3./6

¹²⁴ BBC-Zeichnung B 103 184.

¹²⁵ BBC-Zeichnung B 001 200.

¹²⁶ BBC-Zeichnungen B 000 550, B 001 192, B 105 008.

¹²⁷ BBC, 47 (1960), S. 561 ff.

¹²⁸ BBC-Zeichnung B 000 550.

¹²⁹ BBC-Zeichnung B 103 173.

die Zusammenstellung¹³⁰ zeigen die geringen Änderungsarbeiten.

Zunächst bauten die SBB die Stromabnehmer der schnellfahrenden Triebfahrzeuge Re 4/4 I und RBe 4/4 um, wobei man bei den Re 4/4 I-Lokomotiven zunächst nur einen Stromabnehmer 350/1 durch einen des Typs 350/2 ersetzte und im Betrieb verwendete. Heute ist der Typ 350/1 von den normalspurigen Triebfahrzeugen der SBB verschwunden, selbst die auf Speisewagen aufgebauten Stromabnehmer 350/1 D wurden in 350/2 D umgebaut. Die BLS und andere Privatbahnen verfahren in gleicher Weise. Die Einführung des Stromabnehmers Typ 350/2 schuf bei den SBB die Voraussetzung, die Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h auf allen Hauptstrecken sicher einzuhalten und später auf 140 km/h anheben zu können.

Als 1964/65 schon viele Triebfahrzeuge mit einer Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h mindestens einen Stromabnehmer mit flachen Schleifstücken aufgebaut hatten, traten vor allem im Kreis I schwere Fahrleitungs- und Stromabnehmer-schäden mit weitreichenden Konsequenzen auf. Hierüber wird später zu berichten sein (s. 14.8.3.).

BBC 350/2 mit DB/ÖBB-Wippe von BBC 355 (um 1965)

SBB: Re 4/4 I.

Es wurde bereits dargestellt, daß die Lokomotiven Re 4/4 I 10036 und 10037 zur Führung eines Schnellzugpaares Zürich - Lindau 1960 bei einem Stromabnehmer eine 1950 mm breite Pendelwippe erhalten hatten. Der Umbau der Stromabnehmer Typ 350/1 in Typ 350/2 führte dazu, diese Sonderkonstruktion durch die für den Regeleinsatz der RAe TEE II-Züge nicht benötigte Doppelwippe von 1950 mm Breite für DB/ÖBB-Strecken des Typs 355¹³¹ zu ersetzen. Die Normalisierung der Fahrzeuge erfolgte im Jahre 1967. Nach Mitteilung der SBB-Hauptwerkstätte Yverdon war die Re 4/4 I 10036 von Herbst 1971 bis Frühjahr 1972 erneut mit einer DB/ÖBB-Wippe ausgerüstet.

BBC 350/2 mit DB/ÖBB-Wippe von BBC EKa 05-2560 (1971)

SBB: Re 4/4 I.

Im Sommer 1969 weilte die auf Thyristorsteuerung umgebaute Re 4/4 161 der BLS mehrere Monate zur Betriebserprobung in Österreich.¹³² Da die Wippen der Scherenstromabnehmer der Typen 350/2 oder 355 mit jenen der Einholmstromabnehmer von BBC tauschbar sind, montierte man die 1950 mm breite Wippe des Typs EKa 05-2560 auf die Schere des Typs 350/2.

¹³⁰ BBC-Zeichnung B 001 397.

¹³¹ BBC-Zeichnungen B 000 550, B 001 192.

¹³² LVDR, Nr. 1258 vom 20.09.1970, S. 9 ff.

Zwei Jahre später baute man bei den rot-creme gestrichenen Lokomotiven Re 4/4 I 10033 und 10034¹³³ diese Wippen regulär jeweils auf einen Stromabnehmer des Typs 350/2. Nach einer Zusammenstellung¹³⁴ führte man den TEE "Bavaria" auf der Teilstrecke Zürich - Lindau ab September 1971 bis zur Umwandlung dieses TEE-Zuges in einen Schnellzug beider Wagenklassen im Jahre 1977 mit diesen Maschinen.

P. Diefenhardt¹³⁵ teilt mit, daß in der Nacht vom 29. auf 30.11.1965 auf dem Netz der SBB der Übergang vom Betrieb mit Aluminium- auf Kohleschleifstücke stattfand; bis Mitte Dezember 1965 waren alle Streckentriebfahrzeuge, Rangierlokomotiven und Traktoren der SBB mit Kohleschleifstücken ausgerüstet. Die wichtigsten schweizerischen Privatbahnen schlossen sich dieser Aktion an.

Nach W. Kesselring¹³⁶ hatte die BT bereits 1940 bei sämtlichen elektrischen Triebfahrzeugen die Kupferschleifstücke durch solche aus Kohle ersetzt. Nach Mitteilung der FO hatten die 1941 in Betrieb gesetzten HGe 4/4-Lokomotiven und ABDeh 2/4-Triebwagen von Anfang an Kohleschleifstücke. Ein amtliches Verzeichnis von 1950¹³⁷ nennt für folgende mit Einphasenwechselstrom betriebenen schweizerischen Privatbahnen Stromabnehmer mit Kohleschleifstücken, wobei die derzeit üblichen Abkürzungen gewählt sind: BAM, BT, FO, GFM, SOB, SZU, YStec. Das bedeutet jedoch nicht, daß alle genannten Eisenbahngesellschaften ganzjährig mit Kohleschleifstücken gefahren sind. Nach Mitteilung der Bahnverwaltungen fuhren FO und SOB zunächst nur außerhalb der Frostperiode mit Kohleschleifstücken; bei der FO war der zweite Stromabnehmer für den Winterbetrieb mit Kupferschleifstücken bestückt, die SOB tauschte im Winter die Kohleschleifstücke gegen solche aus Aluminium. Eisenbahngesellschaften, deren Triebfahrzeuge auf Strecken übergingen, auf denen Aluminiumschleifstücke verwendet wurden, rüsteten einen der beiden Stromabnehmer mit Kohle, den anderen mit Aluminiumschleifstücken aus, um den bei gemischtem Betrieb großen Verschleiß an Kohleschleifleisten zu vermeiden. Bei den für den durchgehenden Schnellzugverkehr Nordostschweiz - Zentralschweiz gebauten Triebwagen BDe 4/4 der BT und der SOB mit nur einem Stromabnehmer mit Kohleschleifstücken¹³⁸ war ein solches Verfahren nicht möglich.

¹³³ SBB, 49 (1972), S. 52.

¹³⁴ SBB, 56 (1979), S. 85.

¹³⁵ SBB, 43 (1966), Heft 1, S. 13.

¹³⁶ Fünfzig Jahre Bodensee-Toggenburg-Bahn und Rickenbahn 1910-1960, St. Gallen 1960, S. 137.

¹³⁷ Verzeichnis des Rollmaterials der schweizerischen Privatbahnen 1950, Bern 1952.

¹³⁸ Der neue Pendelzug der Bodensee-Toggenburg-Bahn Inbetriebsetzung 1960, o. J., S. 21.

Im Regelfall hatten elektrische Triebfahrzeuge der SBB mit Graphitfett geschmierte Aluminiumschleifstücke mit 5 bis 6 Prozent Kupferzusatz eingebaut. Die auf bestimmten im Winter wegen Rauhref gefürchteten Strecken eingesetzten elektrischen Triebfahrzeuge der SBB erhielten während der kalten Jahreszeit beim Stromabnehmer I Kupferschleifstücke. Bei elektrischen Triebwagen mit nur einem Stromabnehmer erwies sich der Tausch von Aluminium- gegen Kupferschleifstücke als umständlich und unwirtschaftlich.

Aufbauend auf den Untersuchungen von O. Kasperowski¹³⁹ über Kontaktwerkstoffe für Stromabnehmer elektrischer Triebfahrzeuge wählten die SBB ein Kohleschleifstück mit 1,5 mm dicker Kupferummantelung, wobei beide Teile leitend verklebt sind. Der Querschnitt der Kohle und die Manteldicke sind so gewählt, daß sich die Masse der Wippe und ihr dynamisches Verhalten gegenüber dem Aluminiumschleifstück nicht ändern. Die statische Anpreßkraft beträgt 60 ± 2 N. Nach P. Diefenhardt¹⁴⁰ wählten die SBB Mehrstoffschleifstücke, um die Vorteile des reinen Kohleschleifstücks mit jenem des Metallschleifstücks zu verbinden: größere mechanische Festigkeit, gute Notlaufeigenschaften bei ausgebrochenen Kohleteilen, bedeutend kleinere Kontaktverluste gegenüber Schleifstücken aus reiner Kohle. An anderer Stelle legt derselbe Verfasser¹⁴¹ die Organisation der Umstellung und die Betriebserfahrungen näher dar. Schon im zweiten Betriebsmonat ging die spezifische Abnutzung der Mehrstoffschleifstücke stark zurück.¹⁴² Nach zwei Jahren waren die Rundfunkstörungen praktisch bedeutungslos geworden, die Fahrdrabtabnutzung ist auf einen minimalen Wert gesunken. Nach einem internen Bericht der SBB rechnete man früher beim Betrieb mit Aluminiumschleifstücken mit einem jährlichen Fahrdrabtabrieb von 30 t Kupfer. Als einzige mit Einphasenwechselstrom betriebene schweizerische Privatbahn verwendet die RhB derzeit noch ganzjährig Aluminiumschleifstücke.¹⁴³

Aus unterschiedlichen Gründen führten die SBB bzw. die RhB Einholmstromabnehmer ein. Nach Mitteilung der RhB war Anfang der sechziger Jahre für neue Triebwagen der Berninastrecke ein Stromabnehmer mit niedriger Bauhöhe zu finden, der sowohl bei niedriger Fahrdrablage in Galerien und Tunnels auch auch bei gegenüber dem Konstruktionsprofil hoher Fahrdrablage eine gute Stromabnahme ermöglicht. Nach Versuchen mit einem Einholmstromabnehmer der Firma Faiveley (St. Ouen) und einem solchen der Siemens AG Österreich (Wien)¹⁴⁴ fiel die Wahl auf den Siemens-Strom-

¹³⁹ EB, 34 (1963), S. 170 ff.

¹⁴⁰ SBB, 43 (1966), Heft 1, S. 13.

¹⁴¹ SEV, 59 (1968), S. 1034 ff.

¹⁴² SBB, 43 (1966), Heft 4, S. 13.

¹⁴³ EB, 26 (1955), S. 278.

¹⁴⁴ Der Öffentliche Verkehr, 19 (1963), Heft 8, S. 14 f.

abnehmer Typ Wst Ms 62U/32, mit dem die ab 1964 gelieferten Triebwagen der Berninastrecke bestückt wurden.

Siemens 8WLO 282-2YL31 (1971)

RhB: Ge 4/4 II; Be 4/4.

Hier handelt es sich um den für 11 kV isolierten Siemens-Einholmstromabnehmer¹⁴⁵ mit gleicher Wippe wie für Gleichstrombetrieb. Bei einer Bauhöhe von 445 mm beträgt die minimale Arbeitshöhe 100 mm, die maximale Arbeitshöhe 2900 mm.

Andere Gründe bewogen die SBB zur Einführung von Einholmstromabnehmern. Seit den 1935 gelieferten Leichttriebwagen der SBB und der BLS-Betriebsgemeinschaft erhalten sämtliche einteiligen Personentriebwagen dieser Eisenbahnverwaltungen nur noch einen Stromabnehmer. Nach E. Hugentobler¹⁴⁶ verzichtete die BLS bei den 1955 gelieferten Lokomotiven Ae 4/4 257 und 258 auf den zweiten Stromabnehmer, um die Leistung der auf dem Dach angeordneten Bremswiderstände verdoppeln zu können. E. Kocher u. a.¹⁴⁷ schreiben über die Re 4/4-Lokomotiven der BLS: "Entsprechend der bei der BLS üblichen Praxis sind die Lokomotiven mit einem einzigen Stromabnehmer Typ 350/2 ausgerüstet." Zur Ae 8/8-Lokomotive notiert W. Grossmann¹⁴⁸: "Trotzdem alle BLS-Lokomotiven nur noch einen Stromabnehmer besitzen, wurde die Ae 8/8-Lokomotive wegen ihrer grossen Länge mit zwei Stromabnehmern ausgerüstet." Nach Mitteilung der BLS beließ man aus dem gleichen Grund auch auf den ABDZe 4/6-Triebwagen den 2. Stromabnehmer, beseitigte diesen jedoch bei den übrigen elektrischen Triebwagen aus Gründen der Normalisierung, da für den zweiten Stromabnehmer nur Revisionskosten entstehen und ein mehrjähriger Betriebsversuch gezeigt hatte, daß man bei der BLS sowohl bei Lokomotiven als auch bei Triebwagen auf den zweiten Stromabnehmer verzichten kann.

Hatten die SBB bei den 1952 bis 1966 in Betrieb gesetzten Ae 6/6-Lokomotiven noch 2 Stromabnehmer vorgesehen, verzichtete man nach Mitteilung der GD SBB bei den 1964 gelieferten 6 Prototypen und der 1. Serie der 1967/68 in Betrieb genommenen Re 4/4 II-Lokomotiven 11107 - 11155 aus finanziellen Gründen auf den zweiten Stromabnehmer. Nach einer Beschreibung dieser Lokomotiven¹⁴⁹ werden zwei gleiche Schleifstücke auf dem Triebfahrzeug als Ersatz mitgeführt.

¹⁴⁵ Siemens-Zeichnung 1-707721.

¹⁴⁶ SBZ, 43 (1956), S. 444 ff.

¹⁴⁷ BBC, 52 (1965), S. 661 ff.

¹⁴⁸ SBZ, 77 (1959), S. 623 ff.

¹⁴⁹ R 430.3 Reglement über die elektrischen Lokomotiven Nr. 11201 u. f. Beschreibung und Instruktion für die Bedienung, Oktober 1963, S. 31.

Im Reisefahrplan 1967/69 sollte unter anderem auf der Strecke Vallorbe - Domodossola etwa die Hälfte aller Schnellzüge mit Re 4/4 II geführt werden,¹⁵⁰ darunter der Zug 161 "Simplon Express" zwischen Domodossola und Vallorbe mit 2 Re 4/4 II in Vielfachsteuerung, da das Zuggewicht zeitweise über 800 t betrug.¹⁵¹ Im Reisefahrplan 1971/73 führte man die schweren Schnellzüge 1126 und 220 zwischen Vallorbe und Domodossola mit 2 Re 4/4 II in Vielfachsteuerung.¹⁵² Der Einsatz vielfachgesteuerter Re 4/4 II im Schnellzugsdienst führte vor allem im Kreis I zu Schwierigkeiten.

BBC ESa 06-2500 (1969)

SBB: Re 4/4 II, Re 4/4 III, Re 6/6, Eem 6/6; RABDe 8/16.

K. Meyer¹⁵³ notiert zu den Serienlokomotiven Re 4/4 II 11156 ff.: "Bei den später gebauten Lokomotiven wurde aus betrieblichen Gründen anstelle des einzigen Scherenstromabnehmers an jedem Ende des Daches ein einholmiger Stromabnehmer neuer, platzsparender Bauart BBC, Typ ESa 06-2500, angeordnet."

Über die Anzahl der arbeitenden Triebfahrzeuge an der Spitze schreiben die SBB 1971 vor¹⁵⁴: "über 100 km/h: Kreis I höchstens 2, Kreise II und III höchstens 3" mit der Anmerkung: "Auf Strecken des Kreises I (ausgenommen Biel - Lengnau, Bern - Zollikofen und Bern - Thun, wo die Richtlinien des Kreises II gelten) dürfen bei Mehrfachtraktion die Stromabnehmer über den benachbarten Führerständen nicht gleichzeitig verwendet werden. Triebfahrzeuge mit nur einem Stromabnehmer sind allenfalls gegeneinander auszuwechseln." Die BLS notiert hierzu im gleichen Jahr¹⁵⁵: "SBB-Kreis I (ohne Bern - Thun): bis 100 km/h höchstens 3 und über 100 km/h höchstens 2. Zwei benachbarte Stromabnehmer dürfen nicht gleichzeitig gehoben sein." Weiter genügte es nach Mitteilung der GD SBB oft nicht, zwei Reserveschleifstücke auf der Lokomotive Re 4/4 II mitzuführen, um einen Zug im Störfall ans Ziel zu bringen. Auch ist auf dem Streckennetz der SBB die rasche Stellung einer Hilfslok nicht immer möglich.

Die Entwicklung neuer Einholmstromabnehmer bei BBC beschreibt A. Janett¹⁵⁶, I. Jamnicki¹⁵⁷ stellt die digitale

¹⁵⁰ SBB, 43 (1966), Heft 6, S. 12.

¹⁵¹ SBB, 43 (1966), Heft 11, S. 18.

¹⁵² SBB, 48 (1971), S. 219.

¹⁵³ SBZ, 88 (1970), S. 311 ff.

¹⁵⁴ SBB Generaldirektion (ZfW), Anhang FDR. Ausführungsbestimmungen Ganzes Netz, Gültig ab 23. Mai 1971, S. 74.

¹⁵⁵ BLS. Anhang zum Reglement über den Fahrdienst. Teil a, Gültig ab 23. Mai 1971, S. 58.

¹⁵⁶ BBC, 55 (1968), S. 59 ff.

¹⁵⁷ EB, 41 (1970), S. 293 ff.

Berechnung des Typs ESa 06-2500 dar. Nach Mitteilung der GD SBB sagt diese Abkürzung aus, daß es sich um einen Einholmstromabnehmer mit Stangenanlenkung handelt, wobei a für Wechselstrom steht und 2500 die Hubhöhe in mm bedeutet. Nach einem Maßbild¹⁵⁸ aus dem Jahre 1967 handelt es sich bei diesem BBC-Stromabnehmer um eine Weiterentwicklung und konstruktive Vereinfachung des von M. Garreau und R. Dupont¹⁵⁹ beschriebenen Faiveley-Stromabnehmers Typ AM 11. Der BBC-Einholmstromabnehmer mit Dreipunktlagerung und Anhebung durch Lenkerstange trägt die flache Wippe der Typen 355 bzw. 350/2. Gegenüber dem Typ 350/2 verringern sich die Einbaulänge in gesenkter Lage von 3540 mm auf 1990 mm, die Masse von 250 kg auf 153 kg, die die Kontaktkraft beeinflussenden Reibungskräfte betragen hier noch etwa 3 Prozent. Da alle neueren Triebfahrzeuge schweizerischer Privatbahnen BBC-Einholmstromabnehmer unterschiedlicher Varianten erhielten, sei auf deren Auflistung verzichtet. Z 14.3./7

Bei dem Stromabnehmer ESa 15-2500 handelt es sich um eine Sonderausführung der vorgenannten Bauart für die Speisewagen WR III (Swiss-Express) aus dem Jahre 1972.¹⁶⁰ Hier ist der Luftzylinder nicht am Rahmen, sondern auf dem Dach befestigt.¹⁶¹

BBC ESa 22-2500 (1976)

SBB: Re 4/4 II, Re 4/4 III, Re 6/6, Ee 6/6 II.

Anstelle der starren Konstruktion des Typs ESa 06-2500 sind hier nach der Zusammenstellung¹⁶² und dem Maßbild¹⁶³ aus dem Jahre 1976 zwei Abscherglieder vorgesehen, damit bei starken Schlägen sowie beim Anstoßen an Hindernissen der Stromabnehmer in sich zusammenfällt und Fahrleitungsschäden vermieden werden¹⁶⁴: eines zwischen Welle und Unterarm, das andere zwischen Druckstange und den beiden Oberarmen. Weiter ist dieser Typ für den Einbau eines Dämpfers vorbereitet, womit die Masse 193 kg beträgt.

BBC ESa 19-2500 (1981)

BAM: Be 4/4.

YStEC: Be 4/4.

Dieser für mit 15 kV betriebene Schmalspurbahnen konstruierte Stromabnehmer unterscheidet sich vom Typ ESa 22-2500

¹⁵⁸ BBC-Zeichnung B 205 690.

¹⁵⁹ RGCF, 76 (1957), S. 665 ff.

¹⁶⁰ SBB, 50 (1973), S. 143 ff.

¹⁶¹ BBC-Zeichnung ALB 209 251.

¹⁶² BBC-Zeichnung HAGB 030 063.

¹⁶³ BBC-Zeichnung HAMB 209 461.

¹⁶⁴ SBB, 55 (1978), S. 49.

nur durch die Wippe von 1650 mm Breite mit 1050 mm langen Schleifstücken für einen Zickzack von ± 300 mm.

BBC ESaD 22-2500 (1980)

SBB: Re 4/4 II, Re 4/4 IV, HGe 4/4 II; RBDe 4/4.

Nachdem eine Reihe von Vorversuchen mit Stromabnehmern mit eingebauten Dämpfern ergeben hatte, daß dadurch bei Doppeltraktion die Stromabnahme verbessert wird,¹⁶⁵ ist dieser bei den Re 4/4 II ab Nr. 11371 grundsätzlich eingebaut. Das Maßbild¹⁶⁶ nennt die gleiche Zusammenstellung und Masse wie beim Typ ESa 22-2500. Auch die zu den neuen Einheitswagen IV beschafften Speisewagen¹⁶⁷ haben diesen Typ erhalten.

Um einen unbeabsichtigten Anhub des vorderen gesenkten Stromabnehmers durch den bei Fahrt mit hoher Geschwindigkeit an der Stirnfläche von Triebfahrzeugen entstehenden Luftstau zu vermeiden, ist eine Tiefhaltevorrichtung montiert.

BBC EKa 05-2560 (1969)

SBB: Re 4/4 II.

A. Janett¹⁶⁸ betont, daß die Entwicklung des BBC-Einholmstromabnehmers ursprünglich in erster Linie zum Ziel hatte, für die Verwendung bei Tunnelbahnen einen Stromabnehmer extrem niedriger Bauart zu schaffen. Hierzu wählte man eine Lösung, bei der die Kraftübertragung zur Anhebung der Oberarme mit Hilfe eines im Unterarm untergebrachten Kettengetriebes mit einem Übersetzungsverhältnis der Zahnräder von etwa 1 : 2 erfolgt, weshalb der Öffnungswinkel zwischen Ober- und Unterarm zwangsläufig stets etwa dem doppelten Neigungswinkel des Unterarms entspricht. Bei den hohen Zugkräften bis 12 kN, denen die dreiteilige Kette ausgesetzt ist, betragen die Reibungskräfte etwa 10 Prozent der Kontaktkraft, dafür ist eine sehr niedrige Bauhöhe möglich.

Erstmals bauten die SBB einen Einholmstromabnehmer mit Kettenanlenkung serienmäßig 1967 als Typ EK1 01-2560 auf Speisewagen für den internationalen Reiseverkehr¹⁶⁹ auf. Dieser für 25 kV isolierte Stromabnehmer mit Vierpunktlagerung und geerdetem Antrieb hat eine Bauhöhe von 500 mm, die 1450 mm breite Wippe muß dem Fahrdrabt eine Stromstärke von 400 A entnehmen können.¹⁷⁰

¹⁶⁵ SBB, 52 (1975), S. 50.

¹⁶⁶ BBC-Zeichnung HBTA 209 661.

¹⁶⁷ SER, 4 (1981), S. 114 ff.

¹⁶⁸ BBC, 55 (1968), S. 59 ff.

¹⁶⁹ SBB, 44 (1967), Heft 4, S. 10 f.

¹⁷⁰ BBC-Zeichnung B 205 661.

Nach W. Halldi¹⁷¹ nahmen die SBB im Jahre 1969 nach zwei-jährigem Unterbruch mit 6 Re 4/4 II-Lokomotiven, die an je einem Stromabnehmer mit der DB-Wippe bestückt sind, den Lokomotivdurchlauf Zürich - Lindau wieder auf; es handelt sich um die Lokomotiven Re 4/4 II 11196 - 11201. Dank einer Bauhöhe von 405 mm hält dieser Einholmstromabnehmer mit Vierpunktlagerung und geerdetem Antrieb auch mit der 1950 mm breiten DB-Wippe bei Montage auf der Re 4/4 II die Fahrzeugbegrenzung schweizerischer Normalspurbahnen ein.¹⁷²

Z 14.3./8

Sofern Re 4/4 II-Lokomotiven mit BBC-Einholmstromabnehmern mit Stangenanlenkung die 1950 mm breite Wippe dieses Stromabnehmers für den Einsatz bei DB oder ÖBB erhalten, ergeben sich durch das Überschreiten der Fahrzeugumgrenzung schweizerischer Normalspurbahnen Einschränkungen im innerschweizerischen Verkehr¹⁷³; H. Petrovitsch¹⁷⁴ berichtet über den Probeinsatz von Re 4/4 II-Lokomotiven in Österreich.

Faiveley AM 22,24 (1962)

SBB: Ee 3/3 II.

Für den Übergabeverkehr im Raum Basel hatte die SNCF 1962 neun elektrische Zweifrequenzlokomotiven der Serie C-20151 beschafft, für deren Bau die Ee 3/3 II der SBB als Vorbild gedient hatte.¹⁷⁵ 1971/72 übernahmen die SBB diese neun Maschinen von der SNCF als Serie Ee 3/3 II¹⁷⁶ und paßten unter anderem die Faiveley-Stromabnehmer an, indem man die Originalwippe durch die Einheitswippe der neueren BBC-Stromabnehmer ersetzte.

ETK WBL 85 (1987)

SBB: Re 4/4 IV.

Nach einer Pressemitteilung erteilte die GD SBB der Firma BBC im Februar 1986 einen Entwicklungsauftrag für eine neue Lokomotive im Rahmen des Projekts "Bahn 2000". Das Pflichtenheft nennt für dieses elektrische Triebfahrzeug mit Drehstromasynchronmotoren unter anderem eine Höchstgeschwindigkeit von 230 km/h und eine Dauerleistung von ca. 6 MW.

Nachdem nach Mitteilung der GD SBB im Dezember 1986 im Heitersbergtunnel durchgeführte Versuchsfahrten gezeigt hatten, daß der BBC-Stromabnehmer ESaD 22-2500 nur bis

¹⁷¹ SBB, 46 (1969), Heft 5, S. 11 ff.

¹⁷² BBC-Zeichnung B 209 015.

¹⁷³ SER, 8 (1985), S. 135 f.

¹⁷⁴ SER, 4 (1981), S. 40 ff., 175.

¹⁷⁵ SBB, 40 (1963), Heft 2, S. 15.

¹⁷⁶ SBB, 48 (1971), S. 187.

höchstens 160 km/h geeignet ist, entschied sich BBC für den Stromabnehmer WBL 85 der Firma Schunk Bahntechnik GmbH in Salzburg (vormals Elektrotechnische Konstruktionen KG), der anfänglich auf einem Triebkopf des ICE der DB montiert war (s. 2.3.).

Nachdem BBC bei den SBB angefragt hatte, mit dem Stromabnehmer WBL 85 einen Betriebsversuch durchzuführen, bestellte BBC bei der österreichischen Firma 9 Stromabnehmer. Mitte April 1987 montierte man den ersten Stromabnehmer dieser Bauart für Einstellfahrten auf einer SBB-Lokomotive, im folgenden Monat tauschte man bei allen vier Maschinen der Serie Re 4/4 IV die vorhandenen BBC-Stromabnehmer ESaD 22-2500 gegen solche des Typs WBL 85 zur längerfristigen Erprobung dieses Stromabnehmers aus.

Z 14.3./5

Neuerdings beabsichtigen die SBB, die 1320 mm-Wippe durch eine solche von 1450 mm Breite zu ersetzen. Nach der Inbetriebnahme der RAe TEE II-Triebzüge im Jahre 1961 stellte man an die GD SBB immer wieder die Frage, ob man bei Ausfall des 1320 mm breiten Stromabnehmers (Nr 1: SBB) mit dem 1450 mm-Stromabnehmer (Nr. 2: FS/SNCF) fahren darf. Abgesehen von der Schleifstückbestückung, unterscheidet sich die 1450 mm-Wippe nur durch die Endhörner von der 1320 mm-Wippe, wobei man für die Ausführung Nr. 1 als Werkstoff Aluminium, für Nr. 2 glasfaserverstärkten Kunststoff verwendet. Nach Untersuchung des Lichtraumprofils ließ man den Einsatz der RAe TEE II-Triebzüge mit der 1450 mm-Wippe auf SBB-Linien streckenabschnittsweise zu.

Die Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung vom 1.01.1984 (s. 14.1.4.) sehen für bestehende feste Anlagen des schweizerischen Normalspurnetzes eine Wippenbreite von 1320 mm vor, für neue feste Anlagen sowie größere Umbauten an bestehenden festen Anlagen eine 1450 mm-Wippe mit metallischen Endhörnern.

Später überlegte man, zur Verbesserung der Entgleisungssicherheit des Stromabnehmers anstelle der 1320 mm-Wippe mit Aluminium-Endhörnern allgemein die 1450 mm-Wippe mit glasfaserverstärkten Kunststoff-Endhörnern zu verwenden. Zur Überprüfung des Gesamtnetzes der SBB erhielt deren Fahrleitungs-Meßwagen um 1984 eine derartige Wippe aufgebaut. Um einen hinreichend großen lichten Raum für den Stromabnehmerdurchgang sicherzustellen, brachte man beidseits der Wippe an den Endhörnern 5 cm lange horizontale Messingstifte an, die an Hindernissen abgeschlagen wurden. Um 1985 erhielten die im Großraum Zürich eingesetzten Triebzüge RABDe 8/16 mit relativ weicher Federung diese Wippe, um Betriebserfahrungen sammeln zu können. Ende 1986 konnten die 1450 mm-Wippe auf dem Gesamtnetz der SBB zugelassen werden.

Der Durchlauf von SBB-Triebfahrzeugen zu den schweizerischen Privatbahnen erfordert auch deren Einverständnis. Eine im September 1986 durchgeführte Umfrage ergab, daß die meisten Privatbahnen keine Einwände gegen den Einsatz

der 1450 mm-Wippe haben, zuletzt hatte noch die EBT/VHB-Gruppe Bedenken. Anfang 1988 konnte die Sektion Fahrleitungen der Bauabteilung der GD SBB dort der Abteilung ZfW mitteilen, daß aus ihrer Sicht keine Bedenken gegen die allgemeine Einführung der 1450 mm-Wippe auf dem Gesamtnetz schweizerischer Normalspurbahnen bestehen.

Nach Abklärung aller damit zusammenhängenden Fragen ist vorgesehen, einerseits die neu abgelieferten elektrischen Triebfahrzeuge mit dieser Wippe auszurüsten, andererseits im Rahmen des routinemäßigen Unterhalts bei allen BBC-Stromabnehmern mit flachen Schleifstücken (Typen 355, 350/2, ESa 06-2500, ESa 22-2500, ESaD 22-2500) die Aluminium-Endhörner durch solche aus glasfaserverstärktem Kunststoff zu ersetzen, um so die Wippenbreite von 1320 mm auf 1450 mm zu vergrößern. Die schweizerischen Privatbahnen werden in gleicher Weise verfahren. Es ist vorgesehen, im UIC-Merkblatt 608 die 1320 mm-Wippe herauszunehmen und dafür im Hinblick auf den im Bau befindlichen Ärmelkanal-Tunnel die 1600 mm-Wippe der British Railways und der SNCF zu setzen.

14.4. Entwicklungsgeschichte des elektrifizierten Netzes

Während K. Sachs¹⁷⁷ die Geschichte des elektrischen Betriebes der schweizerischen Eisenbahnen insgesamt würdigt, notiert M. Strauss¹⁷⁸ die etappenweise Elektrifizierung des SBB-Netzes. Verschiedene schweizerische Privatbahnen stellen die Elektrifizierung in Festschriften dar.

Im Gegensatz zu Deutschland und Österreich begann der elektrische Zugbetrieb in der Schweiz mit Drehstrom:

- 1898 Stansstad - Engelberg¹⁷⁹
- 1899 Burgdorf - Thun¹⁸⁰
- 1906 Brig - Iselle di Trasquera¹⁸¹
- 1919 Sion - Brig¹⁸²

Drehstrombetrieb findet man in der Schweiz heute noch bei zwei schmalspurigen Zahnradbahnen: der Gornergratbahn und der Jungfraubahn.

Während die meisten Schmalspurbahnen der Schweiz mit Gleichstrom gespeist werden, errichtete man nur wenige normalspurige Adhäsionsbahnen mit Gleichstrombetrieb:

¹⁷⁷ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 1, Frauenfeld 1947, S. 209 ff.
¹⁷⁸ Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J., S. 12 ff.
¹⁷⁹ Luzern-Stans-Engelberg-Bahn. 1898-1973 75 Jahre Eisenbahn nach Engelberg, Stansstad 1973.
¹⁸⁰ SBZ, 35 (1900), S. 11 ff., 17 ff.; RGCF, 24 (1901), S. 191 ff.
¹⁸¹ EKB, 4 (1906), S. 389 ff., 409 ff., 432 ff.
¹⁸² SER, 4 (1981), S. 43 ff.

der 1450 mm-Wippe haben, zuletzt hatte noch die EBT/VHB-Gruppe Bedenken. Anfang 1988 konnte die Sektion Fahrleitungen der Bauabteilung der GD SBB dort der Abteilung ZfW mitteilen, daß aus ihrer Sicht keine Bedenken gegen die allgemeine Einführung der 1450 mm-Wippe auf dem Gesamtnetz schweizerischer Normalspurbahnen bestehen.

Nach Abklärung aller damit zusammenhängenden Fragen ist vorgesehen, einerseits die neu abgelieferten elektrischen Triebfahrzeuge mit dieser Wippe auszurüsten, andererseits im Rahmen des routinemäßigen Unterhalts bei allen BBC-Stromabnehmern mit flachen Schleifstücken (Typen 355, 350/2, ESa 06-2500, ESa 22-2500, ESaD 22-2500) die Aluminium-Endhörner durch solche aus glasfaserverstärktem Kunststoff zu ersetzen, um so die Wippenbreite von 1320 mm auf 1450 mm zu vergrößern. Die schweizerischen Privatbahnen werden in gleicher Weise verfahren. Es ist vorgesehen, im UIC-Merkblatt 608 die 1320 mm-Wippe herauszunehmen und dafür im Hinblick auf den im Bau befindlichen Ärmelkanal-Tunnel die 1600 mm-Wippe der British Railways und der SNCF zu setzen.

14.4. Entwicklungsgeschichte des elektrifizierten Netzes

Während K. Sachs¹⁷⁷ die Geschichte des elektrischen Betriebes der schweizerischen Eisenbahnen insgesamt würdigt, notiert M. Strauss¹⁷⁸ die etappenweise Elektrifizierung des SBB-Netzes. Verschiedene schweizerische Privatbahnen stellen die Elektrifizierung in Festschriften dar.

Im Gegensatz zu Deutschland und Österreich begann der elektrische Zugbetrieb in der Schweiz mit Drehstrom:

1898 Stansstad - Engelberg¹⁷⁹

1899 Burgdorf - Thun¹⁸⁰

1906 Brig - Iselle di Trasquera¹⁸¹

1919 Sion - Brig¹⁸²

Drehstrombetrieb findet man in der Schweiz heute noch bei zwei schmalspurigen Zahnradbahnen: der Gornergratbahn und der Jungfraubahn.

Während die meisten Schmalspurbahnen der Schweiz mit Gleichstrom gespeist werden, errichtete man nur wenige normalspurige Adhäsionsbahnen mit Gleichstrombetrieb:

¹⁷⁷ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 1, Frauenfeld 1947, S. 209 ff.

¹⁷⁸ Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J., S. 12 ff.

¹⁷⁹ Luzern-Stans-Engelberg-Bahn. 1898-1973 75 Jahre Eisenbahn nach Engelberg, Stansstad 1973.

¹⁸⁰ SBZ, 35 (1900), S. 11 ff., 17 ff.; RGCF, 24 (1901), S. 191 ff.

¹⁸¹ EKB, 4 (1906), S. 389 ff., 409 ff., 432 ff.

¹⁸² SER, 4 (1981), S. 43 ff.

- 1894 Orbe - Charvonay¹⁸³
 1903 Fribourg - Murten - Ins¹⁸⁴
 1916 Wohlen - Fahrwangen-Meisterschwanden¹⁸⁵

1905 bis 1909 hatte die Maschinenfabrik Oerlikon auf Initiative von E. Huber-Stockar zwischen Zürich Seebach und Wettingen einen elektrischen Versuchsbetrieb mit Einphasenwechselstrom von 15 kV Netzspannung und einer Frequenz von zunächst 50 Hz, später 15 Hz, auf eigene Kosten eingerichtet und betrieben; mehrfach stellt S. Herzog¹⁸⁶ diese Anlage dar. Zwar übernahmen die SBB diese damals nicht, jedoch bezeichnet A. Dudler¹⁸⁷ den Versuchsbetrieb Seebach - Wettingen als "Wiege der Elektrifizierung der Schweizerischen Bundesbahnen", da dort die nach F. Schumacher¹⁸⁸ 1903 konstituierte "Schweizerische Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb" entscheidende Anregungen erhielt. Noch bevor diese Kommission an die GD SBB ihren Schlußbericht erstattet hatte, führten verschiedene schweizerischen Privatbahnen den elektrischen Zugbetrieb mit hochgespanntem Einphasenwechselstrom ein oder hatten dies bereits vor 1912 beschlossen:

- 1907 Locarno S. Antonio - Bignasco (5000 V 26 Hz)¹⁸⁹
 1910 Wildegg - Beromünster/Emmenbrücke (5500 V 25 Hz)¹⁹⁰
 1910 Martigny - Orsières (8000 V 15 Hz)¹⁹¹
 1910 Spiez - Frutigen (15 kV 16 2/3 Hz)¹⁹²
 1913 St. Moritz/Pontresina - Scuol-Tarasp
 (11 kV 16 2/3 Hz)¹⁹³
 1913 Frutigen - Brig (15 kV 16 2/3 Hz)¹⁹⁴

Der im Mai 1912 von der "Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb" an die GD SBB erstattete Sonderbericht¹⁹⁵ empfiehlt für die Gotthardstrecke die Um-

¹⁸³ EKB, 4 (1906), S. 234 ff., 252 ff.

¹⁸⁴ EKB, 1 (1903), S. 12 ff.; RGCF, 26 (1903), S. 364 ff.

¹⁸⁵ 50 Jahre Wohlen-Meisterschwanden-Bahn 1916-1966, Fahrwangen 1966.

¹⁸⁶ EKB, 2 (1904), S. 4 ff., 23 ff.; EKB, 3 (1905), S. 462 ff.

¹⁸⁷ SBB, 19 (1942), S. 5 ff., 22 f.

¹⁸⁸ Das eidgenössische Eisenbahndepartement 1873-1913, Bern 1914, S. 231.

¹⁸⁹ EKB, 5 (1907), S. 685 ff., 707 ff.

¹⁹⁰ H. Waldburger und M. Senn, Die Seetalbahn, Luzern 1983, S. 33 ff.

¹⁹¹ SBZ, 57 (1911), S. 215 ff., 227 ff.

¹⁹² SBZ, 58 (1911), S. 83 ff.

¹⁹³ Rhätische Bahn. Der elektrische Betrieb auf den Linien des Engadins St. Moritz - Schuls-Tarasp und Samaden - Pontresina, Zürich 1915.

¹⁹⁴ ETZ, 34 (1913), S. 1275 ff., 1311 ff., 1340 ff., 1460 ff.

¹⁹⁵ Die Elektrifizierung der Schweizerischen Bahnen mit besonderer Berücksichtigung der ehemaligen Gotthardbahn, Zürich 1912.

stellung auf elektrischen Zugbetrieb mit hochgespanntem Einphasenwechselstrom. Nach K. Sachs¹⁹⁶ schufen die SBB im gleichen Jahr eine "Kommission für die Einführung der elektrischen Zugförderung" und richteten eine neue "Dienstabteilung für die Einführung der elektrischen Zugförderung" ein, als deren Leiter E. Huber-Stockar gewonnen werden konnte. Am 25.11.1913 bewilligte der Verwaltungsrat der SBB einen ersten Kredit für die Elektrifizierung der Teilstrecke Erstfeld - Bellinzona der Gotthardlinie. Nach Ausbruch des Ersten Weltkrieges kamen die Elektrifizierungsarbeiten zunächst zum Stillstand, 1915 forderte W. Boveri eine Einfügung der Bundesbahnelektrifizierung in die allgemeine Energieversorgung. Am 18.02.1916 entschied der Verwaltungsrat der SBB im Sinne der Empfehlungen der Studienkommission, daß die Strecke Erstfeld - Bellinzona mit Einphasenwechselstrom 15 kV 16 2/3 Hz zu elektrifizieren sei, und zwar unter Ausbau der Kraftwerke Amsteg und Ritom für die unmittelbare Erzeugung von Bahnstrom.

Von 1916 an ging die Kohlenzufuhr aus dem Ausland bei gleichzeitigen Preissteigerungen ständig zurück, so daß im Herbst 1918 an Sonntagen der Bahnverkehr im ganzen Lande ruhte, die wenigen Strecken mit elektrischem Betrieb ausgenommen. Als Notmaßnahme erweiterten die SBB vorhandene elektrische Zugbetriebe und elektrifizierten im Jahre 1919 Sion - Brig mit Drehstrom und Bern - Thun mit Einphasenwechselstrom; 1915 hatte die BLS die Strecke Spiez - Scherzligen (bei Thun) überspannt.

Nach Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes 1920/21 zwischen Erstfeld und Bellinzona überspannten die SBB im folgenden Jahr die Anschlußstrecken nach Luzern und Zug bzw. Chiasso. Auf Drängen von E. Huber-Stockar war es schon am 30.08.1918 zu einem Verwaltungsratsbeschluß gekommen, in drei zehnjährigen Bauperioden alle wichtigen Strecken des Gesamtnetzes der SBB zu elektrifizieren.

Als sich die Kohlenzufuhr normalisierte und die Kohlenpreise sanken, forderten Gegenkräfte die Beschränkung der Elektrifizierung auf die Gotthardstrecke, um dafür den Hochrhein von Basel zum Bodensee schiffbar zu machen; in der Schweiz gelangten diese Bestrebungen jedoch nicht zum Ziel. K. Sachs¹⁹⁷ notiert hierzu: "Und das Schweizervolk war es, das die Elektrifizierung seiner Bundesbahnen verlangt und gegen alle Widerstände und Bedenken auch erzwungen hat."

So legte ein weiterer Verwaltungsratsbeschluß der SBB vom 5.05.1923 fest, daß bis Ende 1928 sowohl die Strecken der ersten Bauperiode als auch die ansich bis 1933 zu überspannenden Linien der zweiten Bauperiode gemäß einem be-

¹⁹⁶ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 1, Frauenfeld 1947, S. 223 ff.

¹⁹⁷ Ebenda, S. 236.

schleunigten Elektrifizierungsprogramm umzustellen sind. Mit der Elektrifizierung aller wichtigen Strecken der SBB zwischen Brig, Genf, Vallorbe, Delémont, Basel, Schaffhausen, Rorschach und Chur - 1927 fuhr man von Genf zum Bodensee elektrisch¹⁹⁸ - lief dieses erste Elektrifizierungsprogramm wie vorgesehen 1928 aus, womit 67 Prozent der Gleise der SBB überspannt waren und 85 Prozent der Förderleistung elektrisch erbracht werden konnte.¹⁹⁹

Nach einer kurzen Pause verwirklichte die SBB 1930 bis 1936 in einem zweiten Elektrifizierungsprogramm die Normalisierung des elektrischen Zugbetriebes durch den Simplontunnel bzw. auf der Seetalbahn, die Überspannung von Strecken im Jura, schließlich Verbindungsstrecken zwischen bereits elektrifizierten Bahnhöfen bzw. von elektrifizierten Knotenpunkten abzweigende Stichstrecken. Nach K. Sachs²⁰⁰ konnte damit Ende 1936 etwa 92 Prozent der Förderleistung elektrisch erbracht werden, doch wurde immer noch mehr als ein Viertel aller Strecken mit Dampflokomotiven betrieben.

Die 1933 in Deutschland einsetzende politische Entwicklung und eine durch die Frankenabwertung von 1936 bewirkte Verteuerung der Kohle führten zum 1937 bis 1939 durchgeführten dritten Elektrifizierungsprogramm mit kurzen Verbindungsstrecken im Jura.

Nach dem Ausbruch des Zweiten Weltkrieges stellten die SBB ein viertes Elektrifizierungsprogramm auf, wonach in vier bis fünf Jahren weitere 180 Streckenkilometer elektrifiziert werden sollten. Im folgenden Jahr gliederte man dieses Programm in ein für die SBB aufgestelltes zehnjähriges Arbeitsbeschaffungsprogramm ein. Neben der schon früher beschlossenen Umstellung der Brüniglinie, der Franco-Suisse-Linie nach Les Verrières²⁰¹ und Verbindungsstrecken im Kreis III sollte vor allem die Strecke Zürich Oerlikon - Seebach - Wettingen²⁰² wiederelektrifiziert werden. Trotz zunehmender Verknappung aller Materialien konnten diese Elektrifizierungen durch die Übernahme in das 1942 aufgestellte Sofortprogramm bereits im folgenden Jahr beendet werden.

Als nach K. Sachs²⁰³ die Zufuhren an Kohle bereits im Laufe des Jahres 1944 völlig aussetzten und im Jahre 1945 Kriegshandlungen und Besetzung der Zechen an der Ruhr und in Oberschlesien derart beeinträchtigten, daß auf längere

¹⁹⁸ SBB, 4 (1927), S. 66 ff.

¹⁹⁹ EuM, 47 (1929), S. 284 ff.

²⁰⁰ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 1, Frauenfeld 1947, S. 245.

²⁰¹ SBB, 19 (1942), S. 201 ff.

²⁰² SBB, 19 (1942), S. 23 ff.

²⁰³ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 1, Frauenfeld 1947, S. 252.

Zeit mit deren völligem Ausfall zu rechnen war, beschloß der Verwaltungsrat der SBB am 28.09.1945, abgesehen von einigen kurzen Strecken an der Grenze, sämtliche damals noch mit Dampflokomotiven betriebenen Eisenbahnstrecken in einem fünften Elektrifizierungsprogramm auf elektrischen Betrieb umzustellen. Als letzte Linien werden Oberglatt - Z 14.4./1
Niederweningen und Cadenazzo - Pino (- Luino) seit Fahr- Z 14.4./2
planwechsel 1960 elektrisch betrieben.²⁰⁴ Die meisten seither gebauten Neubaustrecken der SBB waren von Anfang an elektrifiziert, insbesondere die Heitersberglinie²⁰⁵, Z 14.4./4
lediglich die 1977 eröffnete Strecke von Taverne-Torricella zum Güterbahnhof Lugano Vedeggio²⁰⁶ überspannte man erst drei Jahre später²⁰⁷.

Es wurde bereits festgehalten, daß es sich bei allen wichtigeren schweizerischen Privatbahnen um Aktiengesellschaften handelt, bei denen der öffentliche Einfluß überwiegt (s. 14.1.1.), im Verwaltungsrat sind damit die Stimmen des Staats (Kantons) und der Gemeinden maßgebend. Schweizerische Privatbahnen wurden dann elektrifiziert, wenn sich Kantone und Gemeinden darauf verständigen konnten, von aus strategischen Gründen auf elektrischen Betrieb umgestellten Strecken abgesehen.

Für das unmittelbar nach dem Ersten Weltkrieg elektrifizierte Stammnetz der Rhätischen Bahn belegt dies eine Festschrift²⁰⁸, für die etwa gleichzeitig überspannten Bernischen Dekretsbahnen ein Zeitungsartikel "75 Jahre Gürbetal-Bahn"²⁰⁹. Die von A. M. Hug²¹⁰ dargestellte preisgünstige Streckenausrüstung der Visp-Zermatt-Bahn veranlaßte in den dreißiger Jahren auch andere schweizerische Privatbahnen, ihre Strecken in dieser Weise zu überspannen. W. Kesselring²¹¹ beschreibt den Weg zur Elektrifizierung der Bodensee-Toggenburg-Bahn, A. Fankhauser und O. Kreis²¹² die Umstellung des Drehstrombetriebes auf solchen mit Einphasenwechselstrom der Strecken Burgdorf - Thun/Langnau und die Elektrifizierung der Solothurn-Münster-Bahn. Den Kostenvoranschlag und die Finanzierung der Umstellung der Sensetalbahn auf elektrischen Betrieb notiert S. Bürki²¹³ in einer Festschrift. Nach Abklärung der

²⁰⁴ SBB, 37 (1960), Heft 7, S. 10 f.

²⁰⁵ SBB, 52 (1975), Heft 6.

²⁰⁶ SBB, 48 (1971), S. 128 f.; SBB, 54 (1977), S. 131.

²⁰⁷ SBB, 57 (1980), S. 47.

²⁰⁸ 50 Jahre Rhätische Bahn. Festschrift 1889-1939, Davos Platz 1939, S. 95 ff.

²⁰⁹ Berner Tagblatt vom 1.11.1977, S. 14.

²¹⁰ EB, 6 (1930), S. 373 ff.

²¹¹ Fünfzig Jahre Bodensee-Toggenburg-Bahn und Rickenbahn 1910-1960, St. Gallen 1960, S. 108 ff.

²¹² Bulletin des Arbeitgeber-Verbandes schweizerischer Transport-Anstalten, 3 (1932), S. 385 ff., 402 ff.; 4 (1933), S. 428 ff.

²¹³ 75 Jahre Sensetalbahn 1904-1979, Laupen 1979, S. 27 f.

Finanzierung²¹⁴ konnte kurz vor dem Ausbruch des Zweiten Weltkrieges die Schweizerische Südostbahn ihr mit großen Steigungen behaftetes Streckennetz elektrifizieren²¹⁵.

Der Ausbruch des Zweiten Weltkrieges zwang verschiedene schweizerische Privatbahnen zu einer raschen Umstellung auf elektrischen Betrieb. L. H. Leyvraz²¹⁶ würdigt ausführlich die Elektrifizierung der Furka-Oberalp-Bahn 1940 bis 1942 aus strategischen Gründen, verschiedene Aufsätze²¹⁷ gehen auf die Umstellung der Bière-Apples-Morges-Bahn ein. S. Jacobi²¹⁸ und E. A. Klauser²¹⁹ zeichnen den Weg der politischen Entscheidung zur Überspannung des Régional du Val-de-Travers nach, schließlich R. Scholz und M. Py²²⁰ für die Linie Yverdon - Ste-Croix. Die Probleme der Oensingen-Balsthal-Bahn, die schließlich zur Elektrifizierung drängten, beleuchtet W. Kamber²²¹ in einer Festschrift. Über die Kriegselektrifizierung der Vereinigten Huttwil-Bahnen existiert keine Literatur.

Auch nach Beendigung des Zweiten Weltkriegs führten die bei den SBB genannten Gründe zur Elektrifizierung weiterer schweizerischer Privatbahnen. Über die Umstellung der Strecke Fribourg - Murten - Ins von Gleich- auf Wechselstrombetrieb im Jahre 1947 berichtet X. Remy²²². G. Maison²²³ geht kurz auf den Übergang der Linie Martigny - Orsières von bislang 8000 V 15 Hz - später 8000 V 16 2/3 Hz - auf 15 kV 16 2/3 Hz und den Bau der von Anfang an elektrisch betriebenen Zweiglinie Sembrancher - Le Châble ein. J. von Kaenel²²⁴ notiert in einer Jubiläumsschrift der Chemins de fer du Jura den Übergang der Linie Porrentruy - Bonfol auf elektrischen Betrieb, ebenfalls Chr. Ammann und A. Dubail²²⁵.

²¹⁴ Bulletin des Arbeitgeber-Verbandes schweizerischer Transport-Anstalten, 6 (1935), S. 1008 f.

²¹⁵ 50 Jahre Schweizerische Südostbahn 1891-1941, Einsiedeln 1941.

²¹⁶ SER, 6 (1983), S. 75 ff., 119 ff.;

SER, 7 (1984), S. 22 ff.

²¹⁷ Le consommateur d'énergie, 20 (1940), S. 59;

The Railway Gazette, 76 (1942), S. 434 ff.

²¹⁸ Le chemin de fer Franco-Suisse et ses affluents régionaux, Les Verrières 1960, S. 38.

²¹⁹ RVT 1883-1983 Centenaire du chemin de fer régional du Val-de-Travers, Fleurier 1983, S. 45.

²²⁰ Le chemin de fer Yverdon - Ste-Croix, Ste-Croix 1974, S. 93 ff.

²²¹ 75 Jahre Oensingen-Balsthal-Bahn, Balsthal o. J.

²²² SEV, 38 (1947), S. 73 ff.

²²³ 75 ans du chemin de fer Martigny - Orsières 1910-1985, Aigle 1985, S. 37 f., 61 f.

²²⁴ 1884-1984 100 ans des Chemins de fer du Jura, Tavannes 1984, S. 113.

²²⁵ Porrentruy - Bonfol - Alsace, Breil-sur-Roya 1983, S. 61.

Schließlich erneuerten verschiedene schweizerische Privatbahnen Mitte der sechziger Jahre die Betriebsart: Zunächst ersetzte die Stansstad-Engelberg-Bahn den bisherigen Drehstrombetrieb durch einen solchen mit Einphasenwechselstrom und verknüpfte ihre Linie mit der Brünigstrecke der SBB²²⁶, weiter gab die Mittel-Thurgau-Bahn den bisherigen gemischten Dampf-/Dieselbetrieb zugunsten der elektrischen Zugförderung auf²²⁷, zuletzt trat bei der Wohlen-Meisterschwanden-Bahn der elektrische Betrieb mit Einphasenwechselstrom anstelle des bisherigen Gleichstrombetriebes²²⁸. Seither durchgeführte Elektrifizierungsvorhaben betreffen nurmehr Neubaustrecken oder Umbauten, wie die von P. Maurer²²⁹ dargestellte technische Sanierung der Furka-Oberalp-Bahn im Zusammenhang mit der Eröffnung des Furka-Basis-Tunnels.

14.5. Bauarten schweizerischer Privatbahnen

Nachdem die zwischen Zürich Seebach und Regensdorf bzw. Locarno S. Antonio und Bignasco ursprünglich vorhandene Fahrleitung System Huber-Stockar bereits an anderer Stelle dargestellt worden ist (s. 3.3.), seien hier zunächst Fahrleitungen schweizerischer Privatbahnen gewürdigt.

14.5.1. Privatbahnbauarten der 1. Generation

14.5.1.1. Seetalbahn

1910 STB` Emmenbrücke - Lenzburg - Wildegg
1910 STB` Beinwil - Beromünster

M. Messer²³⁰ stellt in einem Beitrag über die Umstellung der Seetalbahn auf 15 kV 16 2/3 Hz die ursprünglich vorhandene Fahrleitung ausführlich dar, H. Waldburger und M. Senn²³¹ beschreiben diese kürzer. Ein Dossier im Schweizerischen Bundesarchiv²³² enthält lediglich Vereinbarungen über Kreuzungen mit Leitungen. Dafür ist in einer anlässlich des Umbaus der Fahrleitung von 5500 V auf 15 kV erstellten Zeichnungszusammenstellung²³³ der SBB-Kreisdi- rektion II auch die alte Anordnung dargestellt.

²²⁶ 1898-1973 75 Jahre Eisenbahn nach Engelberg, Stansstad 1973, S. 20 ff.

²²⁷ Festschrift zur Elektrifikation der Mittel-Thurgau- Bahn 24. September 1965, Weinfelden 1965.

²²⁸ 50 Jahre Wohlen-Meisterschwanden-Bahn 1916-1966, Fahr- wangen 1966.

²²⁹ SER, 5 (1982), S. 77 ff.

²³⁰ SBB, 8 (1931), S. 136 ff., 155 ff.

²³¹ Die Seetalbahn, Luzern 1983, S. 35 f.

²³² Schweizerisches Bundesarchiv E 8101.1 Bd. 3, 4.

²³³ SBB-Zeichnung F 5536^{xx} vom 23.08.1929, revidiert am 28.04.1930.

Z 14.5.1.1./1 Die zunächst mit 5500 V 25 Hz betriebene Seetalbahn hat
 Z 14.5.1.1./2 Straßenbahncharakter: 35 km verläuft die Strecke längs der
 Z 14.5.1.1./3 Kantonsstraße und nur 20 km abseits der Straße. Auf eigenem
 Z 14.5.1.1./4 Bahnkörper und im Stationsbereich sah man tragseillose
 Z 14.5.1.1./5 Fahrleitung von 50 mm² Rundkupferdraht vor, längs der Kan-
 Z 14.5.1.1./6 tonsstraße fest abgespanntes Kettenwerk mit 60 mm² Bronze-
 tragseil und 80 mm² Kupferprofilfahrdrat. Auf freier
 Strecke verwendete man bei eigenem Bahnkörper Querdraht-
 aufhängung an einer zwischen zwei Holzmasten eingespannten
 Gasrohrtraverse, längs der Kantonsstraße Gasrohrausleger
 an geschweißten Stahlmasten, in Stationen Querdrahtaufhän-
 gung an Stahlmasten mit einem Quertragseil und einem
 Richtseil, teilweise auch Gasrohrausleger. Die Isolation
 war doppelt ausgeführt, die Fahrdrathöhe betrug 6,80 bis
 7,00 m über SO. Zufolge der großen Ähnlichkeit der im See-
 tal ausgeführten Fahrleitung mit jener der MO ist anzuneh-
 men, daß Streckentrenner Streckentrennungen ersetzten.
 Nachdem die Seetalbahn 1922 an die SBB übergegangen war,
 baute die Kreisdirektion II diese Strecke 1930 auf 15 kV
 16 2/3 Hz um (s. 14.6.3.).

14.5.1.2. Martigny - Orsières

1910 MO Martigny - Orsières

G. Chappuis²³⁴ und G. Huldschiner²³⁵ beschreiben die
 Streckenausrüstung dieser ab Inbetriebnahme mit 8000 V 15
 Hz betriebenen Linie ausführlich, weiter sind im Schwei-
 zerischen Bundesarchiv²³⁶ sämtliche Baupläne vorhanden.

Z 14.5.1.2./1 Ursprünglich war für die ganze Strecke Kettenfahrleitung
 Z 14.5.1.2./2 vorgesehen, jedoch verwendete man später zur Kostenerspar-
 nis größtenteils tragseillose Fahrleitung, in Stationen im
 Bahnsteigbereich fest abgespanntes Kettenwerk bestehend
 aus 35 mm² Stahltragseil und 50 mm² Kupferfahrdrat. Sah
 man auf freier Strecke Ausleger aus Gasrohren an Holzma-
 sten bei 35 m Längsspannweite vor, erhielten die Stationen
 versteifte Joche aus Gasrohren an Stahl- oder Holzmasten
 bei 50 m Längsspannweite bei Kettenfahrleitung, bei trag-
 seilloser Fahrleitung Querseilaufhängung. Streckentrenner
 ersetzen Streckentrennungen. Nach verschiedenen Fahrlei-
 tungsstörungen im Jahre 1944 ließ die MO diese Fahrleitung
 umbauen und speist sie seit 1949 mit 15 kV 16 2/3 Hz (s.
 14.7.3.1.).

²³⁴ Bulletin technique de la Suisse romande, 37 (1911),
 S. 13 ff., 37 ff., 73 ff., 109 ff., 157 ff.

²³⁵ SBZ, 57 (1911), S. 215 ff., 227 ff.

²³⁶ Schweizerisches Bundesarchiv E 8101.1 Bd. 80.

14.5.2. Privatbahnbauarten der 2. Generation

Hatte BBC Baden die Privatbahnbauarten der 1. Generation erstellt, griffen BLS und RhB zunächst auf die SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht zurück (s. 3.2.2.).

14.5.2.1. Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn

1910 BLS Spiez - Frutigen
 1913 BLS Frutigen - Brig
 1915 BLS Scherzligen - Spiez

Die Fahrleitung Spiez - Frutigen beschreibt L. Thormann²³⁷ eingehend, A. Körner²³⁸ kürzer; verschiedene Aufsätze ohne Verfasserangabe²³⁹ notieren insbesondere Betriebserfahrungen. Die hieraus entstandene Fahrleitung Frutigen - Brig stellt erneut L. Thormann²⁴⁰ ausführlich dar, weiter ein ungenannter Verfasser²⁴¹. M. Breslauer²⁴² geht auf Schwierigkeiten bei der Inbetriebnahme der Fahrleitung der Bergstrecke ein.

Für die Überspannung der Strecke Spiez - Frutigen sah die BLS im Hauptgleis die SSW-Fahrleitung mit fest abgespanntem 50 mm² Stahltragseil und Hilfstragdraht und nachgespanntem 100 mm² Kupferfahrdrabt vor, in Nebengleisen von Stationen ein aus fest abgespanntem Tragseil und 53 mm² Kupferfahrdrabt bestehendes Kettenwerk. Die Längsspannweite beträgt in der Geraden 70 m, im Gleisbogen sind zwischen den Hauptstützpunkten Bogenabzüge angeordnet. Auf freier Strecke verwendete man waagerechte Ausleger mit Stützstrebe an Breitflanschträgermasten, im Gleisbogen bogeninnen mit Rüsselausleger, in Stationen normal Flachträger, bei Abfangjochen Kastenträger Bauart BLS an Fachwerkmasten. Die Isolation ist einfach. Sowohl bei Überführungen als auch im Tunnel ist das Tragseil beidseits fest abgespannt und nur der Hilfstragdraht mit dem Fahrdrabt durchgeführt. Die Stützpunkte im Hondrichtunnel sind doppelt isoliert und bestehen bei den Hauptstützpunkten aus einem in der Tunneldecke einbetonierten Rillen-Isolator mit fest angeschraubter seitlicher Festlegung des Fahrdrabts für eine Systemhöhe von 158 mm.

Z 14.5.2.1./1

Z 14.5.2.1./2

²³⁷ Anlage und Fahrzeuge für elektrische Traktion auf der Versuchsstrecke Spiez - Frutigen, Bern 1911.

²³⁸ VW, 6 (1911/12), S. 141 ff.

²³⁹ SBZ, 58 (1911), S. 83 ff.; EuM, 29 (1911), S. 781.; ZVDEV, 53 (1913), S. 379 ff.

²⁴⁰ SBZ, 63 (1914), S. 19 ff., 29 ff., 50 ff., 75 ff., 91 ff., 130 f., 175; SBZ, 64 (1914), S. 275.

²⁴¹ ETZ, 34 (1913), S. 1275 ff., 1311 ff., 1340 ff., 1460 ff.

²⁴² ETZ, 34 (1913), S. 1122 f.

Z 14.5.2.1./3 Nachspannungen und Streckentrennungen werden als "Fixpunkte" bezeichnet, die zur Verankerung von Tragseil, Hilfs-
tragdraht und Speiseleitung dienen. Beide Fahrdrähte werden hier gemeinsam über Rollen nachgespannt; eine Parallelführung der Fahrdrähte unter der Jochkonstruktion soll einen guten Übergang des Schleifstücks von einem Fahrdraht zum anderen ermöglichen. Die Nachspannlänge beträgt etwa 2 km, der 100 mm² Kupferfahrdraht ist mit etwa 4 kN nachgespannt.

Nachdem sich gezeigt hatte, daß die Gewichtsnachspannung nicht entsprechend den Erwartungen arbeitet, anstelle einer Fahrdrahtzugkraft von 4 kN maß man weniger als 2 kN, schrieb die BLS für die Bergstrecke einfaches Kettenwerk aus festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht mit einer Längsspannweite von 60 m vor, dies auch in Nebengleisen.

Z 14.5.2.1./4 Die Tragwerke übernahm man von der Fahrleitung Spiez - Frutigen, jedoch mit einer aus Stütz- und Rillenisolator bestehenden doppelten Isolation. Bei Überführungen spannte man das Tragseil fest ab, in Tunnels führte man dieses durch. Auch auf Doppelspurstrecken behielt man Auslegerstützpunkte bei, beim Bogenabzug im Gleisbogen mit Rüssel-
ausleger. Da man im Tunnel die Systemhöhe auf 345 mm vergrößerte, konnte man beim Hauptstützpunkt den Seitenhalter beweglich anordnen.

F 14.5.2.1./1 Für Nachspannung und Streckentrennung wählte man andere Konstruktionen. Auf eingleisigen Streckenabschnitten ist die Nachspannung sowohl in der Geraden als auch im Gleisbogen dreifeldrig mit Abspannmasten ausgeführt, bei Doppelspur einfeldrig in der Geraden, zweifeldrig im Gleisbogen, jeweils an Abfangjochen. Die Streckentrennung ist auf eingleisiger Strecke zweifeldrig, bei Doppelspur einfeldrig, jeweils an Abfangjochen ausgebildet.

F 14.5.2.1./2 Als Folge von Verschiebungen der neu verlegten Gleise, besonders in Krümmungen, kam es anfangs verschiedentlich zu Stromabnehmerentgleisungen. Das Nachregulieren des Fahrdrachts war anfangs mit Schwierigkeiten verbunden, da dem Personal die dazu erforderliche Erfahrung fehlte. Die meisten Schwierigkeiten ergaben sich jedoch durch Überschlüge an nassen Stellen in Tunnels mit Zerstörung der Isolatoren. Nach Überwindung dieser Schwierigkeiten hat sich diese Fahrleitung bewährt und bestand bis zum Ausbau der Bergstrecke (s. 14.9.1.). Sie ist heute noch weitgehend unverändert zwischen Thun und Spiez auf freier Strecke vorhanden.

14.5.2.2. Rhätische Bahn

1913	RhB	St. Moritz - Scuol-Tarasp
1913	RhB	Samedan - Pontresina
1919	RhB	Filisur - Bever
1919	RhB	Thusis - Filisur
1919	RhB	Davos Dorf - Filisur
1920	RhB	Klosters - Davos Dorf

1921 RhB Landquart - Chur - Thusis
 1921 RhB Landquart - Klosters
 1922 RhB Reichenau-Tamins - Disentis/Mustér

Eine Publikation der RhB über den elektrischen Betrieb auf den Linien des Engadins²⁴³ geben G. Soberski²⁴⁴ und Zehme²⁴⁵ auszugsweise wieder. Die weiteren Elektrifizierungsarbeiten stellen H. Lang²⁴⁶ und W. Dürler²⁴⁷ dar, letztgenannter Verfasser berichtet später auch über Betriebserfahrungen²⁴⁸.

Für die Teilstrecken St. Moritz - Bever und Samedan - Pontresina sah die RhB im Hauptgleis eine aus 40 mm² Stahltragseil, 28,3 mm² Stahltragdraht und 80 mm² Kupferfahrdrat bestehende SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht vor, bei der Teilstrecke Bever - Scuol-Tarasp entfiel der Zwischentragdraht. In der Geraden beträgt die Spannweite 60 m. Über den Nebengleisen sämtlicher Stationen sowie in den Hauptgleisen der Endstationen St. Moritz, Pontresina und Scuol-Tarasp verlegte man fest abgespanntes aus Tragseil und Fahrdrat bestehendes Kettenwerk. Die Fahrdrathöhe beträgt in Stationen 6000 bis 6300 mm, auf offener Strecke 5500 mm, in Tunnels und bei Bahnunterführungen 4150 mm.

Auf freier Strecke tragen waagerechte Ausleger, die mittels Ankerstangen an U-Eisenmasten befestigt sind, das Kettenwerk. Im Gleisbogen sieht man bei engen Kurvenradien zusätzlich zu den an Flachmasten montierten Bogenabzügen schwebende Bogenabzüge vor; bogeninnen verwendet man Rüsselausleger. In größeren Stationen baut man Jochkonstruktionen mit Untergurt ein, in kleineren auch Ausleger über zwei Gleise. Grundsätzlich verwendet man doppelte Isolation: auf offener Strecke den Diabolo-Isolator, im Tunnel Rillensiolatoren; im Regelfall baute man zweiteilige Porzellanisolatoren ein, zwischen Samedan und Pontresina dagegen einteilige Glasisolatoren. Nachspannung und Streckentrennung waren ursprünglich sowohl in der Geraden als auch im Gleisbogen zweifeldrig mit Kettenwerksnäherung ausgeführt.

Bei den 1919 bis 1921 elektrifizierten Streckenabschnitten des Stammnetzes der RhB durch Kümmler & Matter behielt man die zwischen Bever und Scuol-Tarasp gewählte Bauart grundsätzlich bei, verwendete jedoch auf freier Strecke, außer

²⁴³ Rhätische Bahn. Der elektrische Betrieb auf den Linien des Engadins St. Moritz - Schuls-Tarasp und Samaden - Pontresina, Zürich 1915.

²⁴⁴ GA, 79 (1916), S. 41 ff.

²⁴⁵ ZVDEV, 56 (1916), S. 345 ff.

²⁴⁶ SBZ, 75 (1920), S. 217 ff.

²⁴⁷ SBZ, 79 (1922), S. 180 ff., 194 ff., 249 ff., 267 ff., 279 ff.

²⁴⁸ EB, 10 (1934), S. 20 ff.

- F 14.5.2.2./1 bei Abspannmasten, Lärchenholzmasten in Kastenfundamenten.
 F 14.5.2.2./2 Als Vogelschutz ist um den mittleren Isolator der Tragisolation ein Rahmen mit einem Fensterglasstreifen montiert. Zwischen Davos Platz und Davos Dorf baute man erneut einteilige Glasisolatoren ein. Auf den später elektrifizierten Strecken des Stammnetzes der RhB beträgt die Fahrdrathöhe in Stationen 5800 bis 6300 mm, auf freier Strecke 5200 mm, im Tunnel unverändert 4150 mm.

- Für die Elektrifizierung der Vorderrheintal-Linie Reichenau-Tamins - Disentis/Mustér erhielt die RhB vom Bund keine Unterstützung, weshalb dort eine preisgünstigere Fahrleitung eingebaut wurde. Auf freier Strecke verwendete man erneut Lärchenholzmasten in Kastenfundamenten, an denen man nach schwedischem Vorbild Rohrausleger aus Gasrohren befestigte, jedoch mit doppelter Isolation. Auch auf der Vorderrheintal-Linie ist nur der Fahrdraht nachgespannt, das Tragseil ist fest. Nachspannung und Streckentrennung sind zweifeldrig ausgeführt, beim Zwischenstützpunkt der Nachspannung mit einem Rohrausleger für beide Kettenwerke, bei jenem der Streckentrennung mit zwei gegenüberliegenden Rohrauslegern.
- F 14.5.2.2./3
 F 14.5.2.2./4

Nach Mitteilung der RhB ersetzte man 1930 bis 1945 die Holzmasten durch Breitflanschträgermasten, die zweifeldrigen Nachspannungen und Streckentrennungen baute man unter Verwendung vorhandener Bauteile dreifeldrig um. Zwischen Samedan und Pontresina ist derzeit noch die SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht von 1913 weitgehend unverändert vorhanden.

14.5.2.3. Kriegselektrifizierung Bern - Thun

1918 SBB Thun - Scherzligen
 1919 SBB Bern - Münsingen - Thun

Nach Unterlagen der SBB-Kreisdirektion II²⁴⁹ übernahm man grundsätzlich die Fahrleitung der Bergstrecke der BLS (s. 14.5.2.1.) mit einer Längsspannweite von 60 m in der Geraden und Bogenabzügen in Kurvenradien von 600 m und weniger. In Hauptgleisen besteht das Kettenwerk aus fest abge-spanntem 80 mm² Stahltragseil und mit 4 kN nachgespanntem 100 mm² Kupferfahrdrath, in Nebengleisen aus festem 50 mm² Stahltragseil und mit 2 kN nachgespanntem 55 mm² Kupferfahrdrath, wobei die Systemhöhe 1,9 m, die Nachspannlänge 1300 bis 1400 m betragen. Die einfache Isolation besteht aus dreischirmigen Stützisolatoren.

Die der Bahnlinie entlang laufenden Schwachstromleitungen wurden nicht verkabelt, vielmehr führte man die Elektrifizierung dieser Strecke nach dem Dreileitersystem mit zwi-

²⁴⁹ Elektrifizierung Scherzligen - Bern. Vorlage betreffend Fahrleitung, Bern 1918.

schengeschalteten Saugtransformatoren, isolierter unter Fahrleitungspotential stehender Rückleitung und Dreileitertransformatoren durch. Fahrleitung und Rückleitung führen entgegengesetztes Potential; der neutrale Punkt des Dreileitertransformators ist an die Schienen angeschlossen und damit geerdet.

Auf freier Strecke baute man bei Auslegerstützpunkten im Regelfall Holzmasten auf Betonsockeln ein, Stahlmasten nur bei der einfeldrigen Nachspannung bzw. Streckentrennung an Abfangjochen. Um die auf die Holzmasten wirkenden statischen Kräfte herabzusetzen, verband man auf freier Strecke die waagerechten Ausleger zweier gegenüberliegender Masten zu einem Stützstrebenjoch. Bestand diese Bauart zwischen Bern Wylerfeld und Thun in Stationen bis in die sechziger Jahre, ersetzte man die Fahrleitung der freien Strecke ab Mitte der vierziger Jahre durch die Fahrleitungsbauart der Kreise II und III mit 60 m Spannweite (s. 14.6.3.).

Z 14.5.2.3./1

Z 14.5.2.3./2

14.5.2.4. Bernische Dekretsbahnen und Sihltalbahn

1920	SEZ	Spiez - Erlenbach
1920	GBS	Bern - Belp - Thun
1920	BLS	Spiez - Bönigen
1920	SEZ	Erlenbach - Zweisimmen
1920	GBS	Bern Fischermätteli - Schwarzenburg
1923	BN	Holligen - Bern Bümpliz Nord
1924	SZU	Zürich Selnau - Sihlbrugg
1927	SZU	Zürich Wiedikon - Zürich Giesshübel
1928	BN	Bern Bümpliz Nord - Neuchâtel

Über die Fahrleitung der Sihltalbahn äußert sich H. Lang²⁵⁰, über jene der BLS-Betriebsgemeinschaft dagegen schweigt sich die Literatur aus. Unterlagen der Bahnverwaltung bilden die wesentliche Quelle.

Für die 1920 elektrifizierten Strecken wählte die BLS-Betriebsgemeinschaft eine preisgünstigere Ausführung der Fahrleitung Frutigen - Brig mit einfacher Isolation und Holzmasten auf freier Strecke. Vereinzelt montierte man in Stationen Mehrgleisausleger. Die Nachspannung ist grundsätzlich dreifeldrig mit Abspannmasten ausgebildet, die Streckentrennung im allgemeinen dreifeldrig, im engen Gleisbogen vierfeldrig.

F 14.5.2.4./2

F 14.5.2.4./3

Bei der Elektrifizierung der BN verwendete man nur noch Stahlmasten, Furrer & Frey baute auf den Teilstrecken Bümpliz Nord - Riedbach und Ferenbalm - Kerzers im Gleisbogen erstmals in der Schweiz eine windschiefe Fahrleitung ein (s. 14.7.1.). In Stationen sah man anstelle des schweren Fachwerkträgers bzw. Kastenträgers Bauart BLS eine

F 14.5.2.4./6

²⁵⁰ SBZ, 85 (1925), S. 335 ff.

leichte Jochkonstruktion mit Untergurt vor. Nachspannung und Streckentrennung sind dreifeldrig ausgebildet.

- F 14.5.2.4./1 Die Fahrleitung der Sihltalbahn ähnelt jener der BN, das
 F 14.5.2.4./4 Kettenwerk ist jedoch grundsätzlich lotrecht, im Gleisbo-
 F 14.5.2.4./5 gen mit bis zu zwei Bogenabzügen. Auch hier ist die Nach-
 spannung dreifeldrig, jedoch ersetzen Streckentrenner die
 Streckentrennungen.

14.5.2.5. Rorschach-Heiden-Bergbahn

1930 RHB Rorschach - Heiden

Nach H. Liechty²⁵¹ besorgten die Ingenieure Schuler und Schild (Zürich) den Entwurf, die Firma Bohnenbluest und Sohn (Bern) die Montage der Fahrleitung. Diese Namen werden bei anderen Elektrifizierungsvorhaben schweizerischer Privatbahnen mit Einphasenwechselstrom nicht genannt, jedoch konnte die Firma Furrer & Frey mitteilen, daß später einer der Söhne, Emil Bohnenbluest, bei zahlreichen mit Gleichstrom betriebenen schweizerischen Privatbahnen die vorhandene Einfachfahrleitung mit 2 Fahrdrähten nach dem System Pontecorvo/Zogg/Otth für höhere Geschwindigkeiten umbaute: BOB, CEV, GFM, MOB, OJB, SNB, VBW, WSB. Der eine Fahrdraht wurde als Tragdraht verwendet, wobei Fahr- und Tragdraht bei jeder Spannweite vertauscht sind. Dadurch erreichte man eine selbsttätige Spannungsregulierung ohne Gewichtsnachspannvorrichtung. Diese Bauart hatte vermutlich erstmals BBC 1926 bei der Elektrifizierung der Strecke München Ost Rbf - Feldmoching eingebaut (s. 5.2.4.2.). Die Firma Bohnenbluest bestand bis etwa 1958.

- F 14.5.2.5./1 Bei der Fahrleitung der Rorschach-Heiden-Bergbahn tragen die grundsätzlich auf der Bergseite gegründeten Breitflanschträgermasten Schrägausleger, weshalb in der Geraden halbwindchiefes Kettenwerk mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht montiert ist. Im Gleisbogen sieht man schwebende Bogenabzüge vor. Die Endstation Heiden weist Einzelmastausrüstung oder Ausleger über mehrere Gleise auf. Die Nachspannung ist zweifeldrig ausgebildet. Da nur halbe Nachspannfelder mit talseitiger Nachspannung des Fahrdrahtes vorhanden sind, entfällt der Festpunkt. Streckentrenner ersetzen Streckentrennungen.

14.6. Regionale SBB-Bauarten

Im Unterschied zu den schweizerischen Privatbahnen, die sowohl die Planung als auch die Ausführung von Fahrleitungsanlagen Firmen überlassen, führten seinerzeit die SBB

²⁵¹ Bulletin des Arbeitgeber-Verbandes schweizerischer Transport-Untertanen, 1 (1930), S. 13 f.

die Planung durch, während die Montage von verschiedenen Firmen ausgeführt wurde. Heute projektieren und bauen die SBB ihre Fahrleitungen im Regelfall selbst.

Es wurde bereits an anderer Stelle ausgeführt, (s. 14.1.5.), daß 1918 die Bauabteilungen der Kreisdirektionen alle Projektunterlagen selbst erstellten, 1925 schrieb der Oberingenieur für Elektrifikation bei der GD SBB in einem Montagebuch für Fahrleitungs-Konstruktionen²⁵² lediglich verschiedene Bauteile und Baugruppen für das Gesamtnetz einheitlich vor. So finden sich auf den bis zum Zweiten Weltkrieg elektrifizierten SBB-Linien verschiedene regionale Fahrleitungsbauarten. M. R. Emminger²⁵³ und H. Merz²⁵⁴ beschreiben diese in Grundzügen, weitergehende Darstellungen sind bei den jeweiligen Kapiteln notiert.

14.6.1. Elektrifizierung der Gotthardbahn

Der Sonderbericht der "Schweizerischen Studienkommission für elektrischen Bahnbetrieb" an die GD SBB²⁵⁵ stellt 1912 fest: "Ueber jedem Geleise ist ein Profildraht von 100 mm² Kupferquerschnitt in Vielfachaufhängung an Stahltragseil montiert; mit Ausnahme von Nebengleisen und in Tunnels, wo engere Aufhängung eintritt, ist überall noch ein Hilfs-tragdraht vorgesehen." Damit ist jedoch nicht gesagt, daß bereits damals die später verwirklichte Gotthardfahrleitung mit Zwischenseil festgelegt worden ist, vielmehr deutet diese Aussage auf die SSW-Fahrleitung mit Zwischen-tragdraht. A. Stutzer²⁵⁶ weist darauf hin, daß während des Ersten Weltkriegs im Tribschengebiet von Luzern Versuche stattfanden, wonach der Entscheid der Bauleitung auf den selbstgespannten Fahrdrat mit Zwischenseil und Tragseil fiel.

14.6.1.1. Gotthardfahrleitung mit Zwischenseil

1920 SBB Erstfeld - Biasca
 1921 SBB Biasca - Bellinzona
 1922 SBB Bellinzona - Chiasso
 1922 SBB Luzern - Arth-Goldau - Erstfeld

²⁵² SBB. Obergeringenieur für Elektrifikation, Zeichnung bZ 3234 vom 27.01.1925.

²⁵³ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 2, Frauenfeld 1949, S. 268 ff.

²⁵⁴ Die Geheimnisse der Eisenbahn, Basel ²1955, S. 165 ff.; Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J., S. 41 ff.

²⁵⁵ Die Elektrifizierung der Schweizerischen Bahnen mit besonderer Berücksichtigung der ehemaligen Gotthardbahn, Zürich 1912, S. 90.

²⁵⁶ SBB, 47 (1970), S. 226.

Z 14.6.1.1./1 K. Sachs²⁵⁷ und H. W. Schuler²⁵⁸ beschreiben die Gotthardfahrtleitung ausführlich. Diese besteht über den Hauptgleisen aus 88 mm² Stahltragseil, 93 mm² Zwischenseil aus verzinktem Stahl und 107 mm² Kupferfahrdrabt, über den Nebengleisen aus 50 mm² Stahltragseil, 73 mm² Zwischenseil und 70 mm² Kupferfahrdrabt oder 90 mm² Eisenfahrdrabt. Für die Teilstrecke Erstfeld - Bellinzona beträgt die Normalspannweite im Hinblick auf die vielen Kurven 56 m, auf den Strecken Luzern - Erstfeld und Bellinzona - Chiasso 60 m. Der Fahrdrabt ist mit einem Hängerabstand von 7,5 m mit doppeltem Hängedraht am Zwischenseil aufgehängt, das seinerseits auf der freien Strecke alle 30 m, in den Stationen alle 15 m am Tragseil aufgehängt ist. Nach vier Spannweiten geht der Fahrdrabt in das Zwischenseil über, womit die Zugkraft in Fahrdrabt und Zwischenseil bei allen Temperaturen gleich ist. Eine höhere Temperatur bewirkt zufolge der Verlängerung von Fahrdrabt und Zwischenseil eine Vergrößerung des Durchhangs und Verringerung der Zugkraft, bei tieferer Temperatur umgekehrt. Gegenüber einer Temperatur von -5°C liegt der Fahrdrabt bei +34°C bei einer Zugkraft von 2,3 kN um 33 cm tiefer, bei -20°C bei einer Zugkraft von 4 kN um 13 cm höher. In Tunnels sah man ein aus Tragseil und Doppelfahrdrabt bestehendes Kettenwerk vor.

Verwendete man auf freier Strecke zwischen Erstfeld und Giubiasco - die Literatur notiert lediglich Erstfeld - Bellinzona - Breitflanschträgermasten, sah man auf den übrigen Streckenabschnitten zur Arbeitsbeschaffung während der Arbeitslosigkeit der Nachkriegsjahre wie schon bisher grundsätzlich in Stationen genietete Fachwerkmasten vor; alle Masten sind als Einsetzmasten ausgebildet. Auf eingleisiger Strecke baute man waagerechte Ausleger mit Stützstrebe ein, bogeninnen mit Rüsselausleger, bei Doppelspur ein aus U-Jochmittelstück und Jochanschlüssen bestehendes Gemeinschaftstragwerk. Im Gleisbogen liegen die Seitenhalter grundsätzlich auf Zug; man sieht Bogenabzüge vor, im Regelfall an Jochen der beschriebenen Konstruktion, in Sonderfällen an Rüsselauslegern, zwischen Arth-Goldau und Immensee schwebende Bogenabzüge mit Zwischenmasten.

F 14.6.1.1./1

In Stationen ordnete man im Regelfall Jochkonstruktionen mit Untergurt an, nach Abbildungen²⁵⁹ in einzelnen Stationen auch der Bauart BLS ähnliche Flachträger (Lugano) oder provisorisch Jochkonstruktionen aus Holz (Airolo). Sowohl die Trag- als auch die Seitenisolation ist grundsätzlich doppelt ausgeführt und besteht aus Stütz- und Diaboloisolatoren. Im zweigleisigen Tunnel sind die beiden Ketten-

Z 14.6.1.1./2

Z 14.6.1.1./3

²⁵⁷ ETZ, 43 (1922), S. 114 ff.

²⁵⁸ SBZ, 90 (1927), S. 188 ff., 199 ff., 216 ff.; Schweizerische Technische Zeitschrift, 3 (1928), S. 659 ff.

²⁵⁹ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 1, Frauenfeld 1947, S. 232 f.

werke an einer fachwerkartigen einfach isolierten Rohrkonstruktion²⁶⁰ angebracht, im eingleisigen Tunnel verwendet man einen den freien Raum zwischen Lichtraumprofil und Tunnelprofil nutzenden gebogenen Rahmen²⁶¹, da man den dreischirmigen Tunnelisolator zunächst nur vertikal einbaute. I. I. Wlassow²⁶² veröffentlicht die Zeichnung des Stützpunkts im zweigleisigen Tunnel der Gotthardstrecke noch 1955, übernimmt sie jedoch ohne Quellenangabe von K. Sachs²⁶³. Die Streckentrennung bildete man in der Geraden dreifeldrig mit Abfangjochen und zwei Zwischenstützpunkten aus, im Gleisbogen wegen eines zusätzlichen Bogenabzugs vierfeldrig. Als Abspannisolatoren verwendete man zwischen Erstfeld und Chiasso zunächst Hewlett-Isolatoren, später allgemein Kappenisolatoren.

14.6.1.2. Vereinfachte Bauart für Zulaufstrecken

1922 SBB Zug - Arth-Goldau
 1922 SBB Rotkreuz - Immensee
 1922 SBB Zug - Luzern
 1923 SBB Zürich HB - Zug

Nach H. W. Schuler²⁶⁴ wählte man bei der Überspannung von Zulaufstrecken der Gotthardbahn für die Stationen eine "durchsichtigere" Fahrleitung, deren Montage auch weniger Zeit erforderte. Hierzu notiert derselbe Verfasser²⁶⁵ an anderer Stelle: "Die teure Gotthard-Bauart wurde zum erstenmal verlassen bei Anlass der Elektrifizierung Arth-Goldau - Zürich. Die ausgedehnten Geleiseanlagen im Bahnhof Zürich liessen es ratsam erscheinen, eine durchsichtigere, weniger schwere Fahrleitungsbauart zu wählen. Da natürlich auf die Aufhängung des Fahrdrahtes an einem Tragseil mit Rücksicht auf die hohen Fahrgeschwindigkeiten nicht verzichtet werden konnte, fiel die Wahl auf die heute noch einfachste Bauart mit an den Tragpunkten festgeklemmtem Tragseil aus verzinkten Stahldrähten und an diesem aufgehängten Fahrdraht, wobei dieser Fahrdraht durch Gewichte derart nachgespannt wird, dass seine Zugspannung bei allen Temperaturen die gleiche ist."

Zunächst fällt es auf, daß auf älteren Aufnahmen des bereits überspannten Hauptbahnhofs Zürich keine Nachspannvorrichtungen zu erkennen sind, nur feste Abspannungen von Tragseil und Fahrdraht. Weiter ist von der Elektrifizie-

²⁶⁰ SBB GD, Zeichnung dZ 3212.

²⁶¹ SBB Leitungsbureau Kreis V Luzern, Zeichnung Z 3101 F 495 II.

²⁶² Fahrleitungsnetz, Leipzig 1955, S. 69, Bild 105.

²⁶³ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 233, Abb. 321.

²⁶⁴ SBZ, 90 (1927), S. 188.

²⁶⁵ Schweizerische Technische Zeitschrift, 3 (1928), S. 662.

rung der Strecken Arth-Goldau - Zürich und Zug - Luzern der sehr detaillierte Kostenvoranschlag des Leitungsbaubureaus für Elektrifikation der SBB-Kreisdirektion III erhalten. Hier ist wohl von Verankerungen oder Abfangungen die Rede, nicht dagegen von Nachspannvorrichtungen.

F 14.6.1.2./1

Die vereinfachte Bauart der Gotthardfahrleitung für Zulaufstrecken besteht daher auf freier Strecke aus der Bauart mit Zwischenseil, jedoch mit einfacher Isolation, in Stationen aus einem Kettenwerk mit fest abgespanntem Tragseil und Fahrdraht, hier mit doppelter Trag- und einfacher Seitenisolation.

1927 notiert H. W. Schuler²⁶⁶, daß sich der in Nebengleisen auf einzelnen Stationen eingebaute Eisenfahrdraht im Betrieb nicht bewährt hat und "in den letzten Jahren" durch Kupferfahrdraht ersetzt worden ist. Nach P. Winter²⁶⁷ "erfüllte das System mit Zwischenseil die Erwartungen auf die Dauer nicht, weil es nur bis zu Geschwindigkeiten von 90 km/h eine einwandfreie Stromabnahme gewährleistete und einen hohen Unterhaltsaufwand erforderte."

Bereit 1938 schreibt K. Sachs²⁶⁸: "Der Fortfall der selbsttätigen Nachspannvorrichtung bringt wohl eine Verbilligung mit sich, doch ist der wechselseitige Durchgangsausgleich zwischen Fahrdraht und Tragseil nicht so groß, daß diese Sonderbauarten für Geschwindigkeiten über 100 km/h Verwendung finden könnten." Nach A. Stutzer²⁶⁹ begann man Ende der dreißiger Jahre mit diesem Umbau, wobei man mit dem in den Tunnels der Gotthardstrecke abgebauten zweiten Fahrdraht während des Zweiten Weltkrieges dampfbetriebene Linien elektrifizieren konnte; beispielsweise rüstete man die Strecke Herzogenbuchsee - Solothurn mit Material aus dem Gotthardtunnel aus.

14.6.2. Fahrleitungsbauarten des Kreises I

Für die von 1923 an elektrifizierten Strecken der SBB gelten für alle Kreisdirektionen von der Bauabteilung der GD SBB festgelegte "Technische Daten der Fahrleitungsanlagen der Schweizerischen Bundesbahnen", die in zwei Fassungen der fünfziger Jahre²⁷⁰ erhalten sind; H. Merz²⁷¹ teilt die

²⁶⁶ SBZ, 90 (1927), S. 188.

²⁶⁷ Die Bahn durch den Gotthard, Zürich 1981, S. 177 f.

²⁶⁸ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 164.

²⁶⁹ SBB, 47 (1970), S. 226.

²⁷⁰ SBB-Drucksachen A 38.001 Dez. 1951 und A 38.020 Dez. 1957.

²⁷¹ Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J., S. 44 f., Tabelle 1.

kürzere Ausgabe mit. Die Ausführungen von H. W. Schuler²⁷² lassen auf frühere Fassungen schließen.

Das vertikale Kettenwerk besteht aus festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht von 1000 bis 1500 m Nachspannlänge mit einem V-förmigen Festpunkt in der Mitte. Als Tragorgan des Kettenwerks verwendet man bei elektrischem Betrieb 50 mm² verzinktes Stahlseil, bei gemischtem Betrieb 63,6 mm² Bimetalldraht oder 50 mm² Bronzeseil. Der Fahrdraht besteht aus hartgezogenem Elektrolytkupfer mit einem Kupferanteil von mindestens 99,8 Prozent. Über Gleisen der freien Strecke und über allen Stationsgleisen, die mit mehr als 45 km/h befahren werden, verwendet man 107 mm² Fahrdraht, bei den übrigen Stationsgleisen solchen von 57 mm² Querschnitt. Der 107 mm² Fahrdraht wird mit 6 kN nachgespannt, der 57 mm² Fahrdraht mit 3 kN. Die Hänger bestehen aus Bronzedraht mit Ösen; in Tunnels verwendet man anstelle der Klemmen aus feuerverzinktem Eisen solche aus Bronze. Sowohl für die Trag- als auch für die Seitenisolation verwendet man zweischirmige Stützisolatoren, in Tunnels eine dreischirmige Ausführung, bei Abspannungen Teller-Isolatoren.

Später sieht man auf Haupt- und wichtigen Nebengleisen 107 mm² Kupferfahrdraht, auf den übrigen Nebengleisen 85 mm² und auf untergeordneten Nebengleisen 70 mm² Kupferfahrdraht vor, der jeweils mit 80 N/mm² nachgespannt ist. Die Fahrdrahthöhe über SO beträgt auf offener Strecke bei tiefstem Durchhang mindestens 5,50 m, in Stationen und bei Bahnübergängen 5,50 bis 6,00 m, wobei die Mittellage beim Einregulieren etwa bei 5,70 m liegt. Bei Überbauten muß die Fahrdrahthöhe mindestens 4,80 m betragen. Für die Steigung des Neigungswinkels des Fahrdrahtes vor Überbauten sind folgende Werte festgelegt: 1 : 600 auf Hauptgleisen mit Geschwindigkeiten über 90 km/h bis höchstens 125 km/h, 1 : 400 auf Nebenlinien mit Geschwindigkeiten unter 90 km/h, 1 : 200 auf Nebengleisen. Die Anfang der zwanziger Jahre entworfenen regionalen Fahrleitungsbauarten der SBB sind entsprechend den damals gültigen Vorschriften (s. 14.2.) für eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h gedacht.

Nach M. R. Emminger²⁷³ mußte man die Hängedrähte mit Ösen später durch die teurere Bauart mit Doppelhängedraht aus Bimetall- oder Bronzedraht ersetzen, da in den Gelenkösen infolge der Vibrationen betriebsgefährdende Durchscheuerungen auftraten; zudem ist der Doppelhängedraht sehr genau in der Höhenlage einstellbar.

²⁷² SBZ, 90 (1927), S. 188 ff., 199 ff., 216 ff.; Schweizerische Technische Zeitschrift, 3 (1928), S. 659 ff.

²⁷³ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 2, Frauenfeld 1949, S. 270 f.

14.6.2.1. Fahrleitung mit 100 m Spannweite

1923	SBB	St-Maurice - Sion
1924	SBB	Lausanne - St-Maurice
1925	SBB	Lausanne - Yverdon
1925	SBB	Daillens - Vallorbe
1925	SBB	Renens (VD) - Genève
1926	SBB	Lausanne - Palézieux
1927	SBB	Sion - Brig (Umbau)
1927	SBB	Palézieux - Bern
1927	SBB	Yverdon - Biel
1928	SBB	Zollikofen - Biel
1930	SBB	Brig - Eigentumsgrenze bei Iselle di Trasquera (Umbau)
1931	SBB	Neuchâtel-Vauseyon - Le Locle-Col-des-Roches
1933	SBB	Delémont - Courgenay
1941	SBB	Bern HB - Bern Wylerfeld (Neubaustrecke)

Die wichtigste Quelle dieser regionalen Fahrleitungsbauart sind Montagebücher der Kreisdirektion I:

- Tableau des types de fondations de boulons et de talons de la ligne de contact²⁷⁴
- Lignes aériennes, Fondations, Cercle, Flèche de la voie²⁷⁵
- Carnet de montage²⁷⁶

In der allgemein zugänglichen Literatur beschreiben H. W. Schuler²⁷⁷ und A. Borgeaud²⁷⁸ diese regionale Fahrleitungsbauart näher. W. E. Cramer²⁷⁹ stellt in einem Vergleich der Fahrleitung der Gotthardbahn mit der damals in Deutschland verwendeten Bauart fest: "Da diese Durchgangsänderung auch noch mit dem Quadrat der Spannweite wächst ..., so ist es begreiflich, daß bei der Gotthardbahn nur eine Spannweite von 56 m gegenüber der meist in Deutschland üblichen Spannweite von 100 m gewählt ist. Eine solche geringe Spannweite kann im allgemeinen nicht als wirtschaftlich bezeichnet werden und ist nur dort berechtigt, wo eine krümmungsreiche Strecke schon ansich zu einer geringen Mastentfernung zwingt."

Bei der 1907 mit der SSW-Fahrleitung mit Zwischentragdraht überspannten Versuchsstrecke Regensdorf - Wettingen hatte man einige Spannweiten von 100 m ohne Zwischenmasten ein-

²⁷⁴ C.F.F. Electrification I. Lausanne. Zeichnung F.1600. vom 25.02.1925.

²⁷⁵ SIE-CFF I Zeichnung F. 5000/I vom 15.09.1950.

²⁷⁶ C.F.F. I S.I.E. Lausanne. Zeichnung F.3045/I vom 1.02.1937.

²⁷⁷ SBZ, 90 (1927), S. 188 ff., 199 ff., 216 ff.; Schweizerische Technische Zeitschrift, 3 (1928), S. 659 ff.

²⁷⁸ Bulletin technique de la Suisse romande, 73 (1947), S. 209 ff.

²⁷⁹ ETZ, 43 (1922), S. 687.

gebaut (s. 3.2.2.). Die in den zwanziger Jahren elektrifizierten Strecken des Kreises I weisen gegenüber dem übrigen SBB-Netz einen größeren Anteil an geraden Streckenabschnitten auf. Zur Verminderung der Baukosten führte der Kreis I eine Spannweite von 100 m ein. Nach Mitteilung der Firma Furrer & Frey arbeitete der damalige Chef für Elektrifizierung im Kreis I, Henri Eckert, vorher längere Zeit in Deutschland, er brachte die 100 m-Längsspannweite von dort mit.

Bei einer Systemhöhe von 3,2 m beträgt der minimale Abstand zwischen Tragseil und Fahrdraht in Feldmitte 0,3 m, weshalb dort je nach Entfernung vom Festpunkt 2 oder 4 Gleithänger einzubauen sind. In Feldmitte beträgt die statische Höhendifferenz der Fahrdrahtlage zwischen den Temperaturen -20°C und $+40^{\circ}\text{C}$ 76 cm. In der Geraden und in Kurven bis 1000 m Radius ist ein Zwischenmast zur seitlichen Festlegung des Kettenwerks erforderlich, bei kleineren Krümmungsradien deren zwei. Sowohl die Trag- als auch die Seitenisolation ist einfach mit Stützisolatoren ausgeführt, im Bahnhof Lausanne doppelt mit Isolatoren der Gotthardfahrleitung. Z 14.6.2.1./1

Auf eingleisiger Strecke baut man bei den Hauptstützpunkten waagerechte Ausleger mit Stützstrebe ein, bei Doppelspurstrecken Fischbauchjoche, bogeninnen mit angelenktem Seitenhalter. K. Sachs²⁸⁰ bildet den Stützpunkt im Jahre 1938 mit dem Vermerk ab: "Daneben finden sich aus früherer Zeit eiserne Portaltragwerke als Fahr- und Tragseilstützpunkte für zwei und mehr Gleise ..." Zur seitlichen Festlegung des Kettenwerks in der Mitte zwischen den Hauptstützpunkten ordnet man in der Geraden auf freier Strecke für jedes Gleis kürzere Masten mit zwei Seitenhaltern für Fahrdraht und Tragseil an, in Stationen auch ein durchgehendes jeweils am Tragseil aufgehängtes Rohr mit Seitenhaltern für zwei Gleise an einem Zwischenmast. In der Geraden liegt der Seitenhalter beim Hauptstützpunkt auf Druck, beim Zwischenmast auf Zug. Im Gleisbogen sieht man bei Doppelspur Rüsselausleger mit je einem Bogenabzug für jedes Gleis vor. Der Kreis I verwendet im Gegensatz zu den anderen Kreisrichtungen Aufsetzmasten anstelle von Einsetzmasten. Z 14.6.2.1./3
Z 14.6.2.1./4
F 14.6.2.1./1
F 14.6.2.1./2

Für die Hauptstützpunkte in Stationen sieht man zunächst ausschließlich Jochkonstruktionen mit Untergurt vor, wobei auf den Strecken Lausanne - Sion und Lausanne - Yverdon/Vallorbe für die Profileisen-Untergurte Zugbänder aus hochwertigem Stahl gewählt wurden; die Zwischenmasten weisen dort ähnlich Bogenabzügen ein Richtseil auf. Von 1927 an überspannte man verschiedene größere Bahnhöfe mit Seiljochen der Bauart des Kreises I: Zwei trapezförmig durch Streben und Diagonalzüge festgelegte Seile tragen das Ket- F 14.6.2.1./3
F 14.6.2.1./4

²⁸⁰ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 224, Abb. 301.

tenwerk, wobei die Seitenhalter entweder am unteren Seil oder am Mast angebracht sind, so z. B. in Bern Weyermannshaus, Fribourg, Romont, Neuchâtel, La Chaux-de-Fonds, Le Locle-Col-des-Roches, Schüpfen, Lyss, Busswil. Bei einer größten Längsspannweite von 60 m sind in der Geraden, abgesehen von Weichenüberspannungen, keine Zwischenmasten erforderlich. Zuletzt baute der Kreis I die gegenüber Profileisenjochen preisgünstigeren Seiljoche während des Zweiten Weltkrieges bei der Elektrifizierung der Franco-Suisse-Linie (Noiraigue, Travers, Les Verrières) und der im Tal der Broye und längs dem Murtensee verlaufenden Eisenbahnlinie (Payerne, Murten, Aarberg, Kerzers) ein (s. 14.7.3.2.).

Z 14.6.2.1./5 Nachdem sich die Stützpunkte in Tunnels der Gotthardstrecke als zu aufwendig erwiesen hatten, konstruierte man ein vereinfachtes Tunneltragwerk für Doppelspur Typ Süss²⁸¹, ebenfalls für den eingleisigen Tunnel eine Tragkonstruktion mit horizontalem Tragrohr²⁸², jeweils mit querliegenden dreischirmigen Isolatoren.

Z 14.6.2.1./6 Die Nachspannung ist als "Bi-tendeur automatique" ausgebildet, der sich von der zwischen Spiez und Frutigen verwirklichteten Bauart (s. 14.5.2.1.) ableitet: Beide Fahrdrähte eines Gleises werden gemeinsam an einem Abfangjoch nachgespannt, wobei diese am Stützpunkt ein beidseits am Tragseil festgeklemmtes Fahrdrabtstück von 2 x 28 m in der Geraden bzw. 2 x 31 m im Gleisbogen ersetzt.

F 14.6.2.1./6 Die Streckentrennung ist auf zweigleisigen Strecken in der Geraden einfeldrig, im Gleisbogen mit Zwischenstützpunkt zweifeldrig zwischen Abfangjochen mit nur einem Tragseil ausgeführt. Diese Bauart verwirklichtete man auch auf eingleisigen Teilstrecken, die später für Doppelspurausbau vorgesehen waren. Ansonsten bildete man auf eingleisigen Linien die Streckentrennung einfeldrig zwischen Auslegermasten mit durchlaufendem Tragseil aus, wobei der Ausleger für den nachgespannten Fahrdrabt mit einem Spannseil am benachbarten Mast verankert ist. Die Anordnung entspricht grundsätzlich jener, wie sie die RBD München 1925 zwischen München-Laim und Freising nach dem Vorschlag der AEG einbauen ließ (s. 4.1.).

Bei der eingleisigen Strecke Neuchâtel-Vauseyon - Le Locle-Col-des-Roches sind sowohl Nachspannung als auch Streckentrennung in dieser Weise ausgeführt. Auf der Teilstrecke Delémont - Courgenay führte der Kreis I Nachspannung und Streckentrennung erstmals dreifeldrig mit Abspannmasten wie in den Kreisen II und III aus, wobei man hier die kurzen Zwischenmasten für die seitliche Festlegung des Fahrdrabts als Abspannmasten verwendete.

²⁸¹ SBB GD, Zeichnung F 7158 II.

²⁸² SBB GD, Zeichnung fZ 3223.

Bei der 1927 von Drehstrom auf Einphasenwechselstrom umgestellten Teilstrecke Sion - Brig behielt man auf freier Strecke die vorhandenen Holzmasten auf Betonsockeln und in Stationen die von C. Montagni²⁸³ notierten Eisenbetonmasten unterschiedlicher Konstruktion der Kriegselektrifizierung von 1919 bei. Für die freie Strecke wählte die Kreisdirektion I ein aus festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdrabt bestehendes Kettenwerk von 1,27 m Systemhöhe, in fast allen Stationen Seiljoche. Sowohl für die eingleisigen als auch die zweigleisigen Streckenabschnitte verwendete man einen speziell für diese Teilstrecke entwickelten waagerechten Ausleger mit Stützstrebe²⁸⁴, wobei man für das Tragseil einen Kappenisolator und für die Seitenisolation einen Stützisolator vorsah²⁸⁵. Nach Mitteilung der Kreisdirektion I war die Nachspannung zweifeldrig, die Streckentrennung dreifeldrig jeweils mit Abspannmasten ausgeführt. Z 14.6.2.1./7

Nach einer weiteren Zeichnung²⁸⁶ behielt man beim Umbau der Fahrleitung des Simplontunnels die beiden 50 mm² Kupferfahrdrähte als gemeinsame Tragdrähte des befahrenen 107 mm² Kupferfahrdrabts mit einer normalen Längsspannweite von 25 m bei. Die alten Fahrdrähte sind mit einem Abstand von 68 cm gespreizt auf dem Quertragrohr montiert und 3,9 m beidseits des Stützpunkts zusammengeklemmt. Durch diese Sonderbauart war es möglich, bei dem knappen Tunnelprofil der beiden Röhren des Simplontunnels mit einer Systemhöhe von 210 mm auszukommen. Z 14.6.2.1./8

H. W. Schuler²⁸⁷ berichtet über erste Betriebserfahrungen. Die aus hochwertigem Stahl hergestellten Zugbänder der Profileisen-Untergurte wurden bei geringer Beanspruchung bei starken stoßartigen Winden zu Schwingungen angeregt und brachen. Durch den Einbau von Streben oder Halterungen konnte man dies verhindern. Weiter gab es mit der einfachen Isolation in vogelreichen Gegenden Schwierigkeiten. Als Vogelschutz steckte man auf den Isolatorkopf einen Draht auf, der die Vögel am Absitzen hindern sollte. Jedoch zeigte es sich, daß dieser Vogelschutz Vögel beim Anflug veranlaßte, zwischen Mast und Isolator durchzufliegen, wodurch sich häufig ein Kurzschluß ergab. Aus den Erfahrungen entstand für die Seitenisolation eine Konsole, die den gefährlichen Abstand zwischen Mast und Armatur des Isolators gegenüber der früheren Ausführung von 260 mm auf 540 mm vergrößerte. Später mußte man allgemein die Isolation verstärken; bei der Tragisolation durch Ersatz des zweischirmigen Stützisolators durch den dreischirmigen Tunnelisolator oder die aus 2 zweischirmigen Stützisolatoren und einem Diabolo-Isolator bestehende, als "Böckli"

²⁸³ VW, 23 (1929), S. 686 f.

²⁸⁴ SBB Kreis I, Zeichnungen FN 1823, F 2234 I.

²⁸⁵ SBB Kreis I, Zeichnung F 1825 I.

²⁸⁶ SBB Kreis I, Zeichnung F 5021/I.

²⁸⁷ SBZ, 90 (1927), S. 200 ff.

bezeichnete Tragisolation, bei der Seitenisolation durch Hinzufügen eines Diabolo-Isolators an den vorhandenen zweischirmigen Stützisolator wie bei der Gotthardbahn.

Z 14.6.2.1./2

Zuletzt baute der Kreis I die Fahrleitung mit 100 m Längsspannweite bei dem bis 1955 durchgeführten Doppelspurausbau der Teilstrecke Fribourg - Romont bzw. der Jurafußlinie zwischen Auvèrnier und Gorgier-St-Aubin ein. Nach einer Zusammenstellungszeichnung²⁸⁸ verwendete man hier Breitflanschträger als Einsetzmasten; weiter baute man die Nachspannung dreifeldrig. Da sich der "Bi-tendeur automatique" zunehmend als harter Punkt in der Fahrleitung herausgestellt hatte, ersetzte man nach Mitteilung der Kreisdirektion I in einem Sonderprogramm Mitte der fünfziger Jahre auf der von Städteschnellzügen befahrenen Strecke Bern - Lausanne - Genf auf rasch befahrenen Teilstrecken den "Bi-tendeur automatique" durch die dreifeldrige Nachspannung.

Zum dynamischen Verhalten der Fahrleitung mit 100 m Spannweite stellt H. Merz²⁸⁹ 1960 fest: "... auch erwies sich die große Spannweite für höhere Geschwindigkeiten von 110 bis 125 km/h und mehr als ungeeignet. Es traten starke Schwingungen im Fahrleitungsnetz und am Stromabnehmer mit Stromunterbrechungen auf." Fünf Jahre später teilte H. Merz dem Verfasser brieflich mit: "Wegen der grossen Spannweite und des Fahrdrahtanhubes, der ungleichen Elastizität und der Neigung zu Schwingungen eignet sich das System weniger gut für hohe Geschwindigkeiten ... Wie bereits erwähnt, treten bei der Fahrleitung mit 100 m Mastabstand wegen der grossen Spannweite Schwingungen auf. Die Stromabnahme mit dem neuen Stromabnehmertyp 350/1 ist im allgemeinen gut, falls die Fahrleitung einwandfrei reguliert und das Schleifstück nicht zu stark abgenützt ist; die Qualität der Fahrleitung mit 100 m Spannweite lässt jedoch leider zu wünschen übrig."

1979 notieren die SBB: "Seit Fahrplanwechsel kann der Abschnitt Thörishaus - Bern Weiermannshaus mit 140 statt 125 km/h befahren werden. Es war mit verhältnismäßig geringen Mitteln möglich, diese parallel zur Autobahn verlaufende Strecke aufzuwerten."²⁹⁰ Zu diesem Zeitpunkt war der Ersatz der vorhandenen Fahrleitung mit 100 m Längsspannweite durch die R-Fahrleitung bereits absehbar und wurde nach Mitteilung der Kreisdirektion I in den Jahren 1981 bis 1983 durchgeführt. Seit Fahrplanwechsel 1982 fahren Schnellzüge nach Zugreihe RS zwischen Chénens und Villaz-St-Pierre unter der alten Fahrleitung mit 130 km/h.

²⁸⁸ SBB GD, Zeichnung A 33.010a.

²⁸⁹ Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J., S. 44.

²⁹⁰ SBB, 56 (1979), S. 128.

14.6.2.2. Tragseilarme Fahrleitung

1925 SBB Rangierbahnhof Renens (VD)
 1927 SBB Rangierbahnhof Bern Weyermannshaus
 1927 SBB Rangierbahnhof Biel

Nach H. W. Schuler²⁹¹ bauten die SBB erstmals im Rangierbahnhof Renens eine Einfachfahrleitung an Drahtjochen über 32 Gleise ein, da dort die klare übersichtliche Verlegung der Rangiergleise eine gute Gelegenheit zur Erprobung gab. A. Borgeaud²⁹² nennt hierzu nähere Details: Der fest abge-
 spannte Fahrdraht wird von einem 20 m langen Beiseil ohne Hänger getragen, die Längsspannweite beträgt 30 m. Später erhielten auch der Rangierbahnhof Muttenz, Nebengleise von Stationen von Sion bis Brig und sonstiger Stationen im Kreis I diese Ausrüstung. F 14.6.2.2./1

Nach demselben Verfasser gaben die SBB diese Bauform der tragseilarmen Fahrleitung auf, da es bei hohen Temperaturen zufolge der Fahrdrahtdehnung zu Stromabnehmerentgleisungen gekommen war. 1962 ersetzte man im Rangierbahnhof Muttenz I die schadhafte "Tramfahrleitung" der Richtungsgruppe B durch eine normale Fahrleitungsanlage²⁹³, 1970 folgte der Rangierbahnhof Biel²⁹⁴. Die 1980 von der GD SBB auf Anregung der Kreisdirektion I konstruierte tragseilarme Fahrleitung hat einen nachgespannten Fahrdraht (s. 14.8.5.).

14.6.3. Fahrleitungsbauart der Kreise II und III mit 60 m Spannweite

Die heutige Kreiseinteilung der SBB ergibt sich nach E. und H. Mathys²⁹⁵ aus einer Änderung der Verwaltungsorganisation der SBB aus dem Jahre 1924. Dietler und Weissenbach²⁹⁶ notieren die bis zu diesem Zeitpunkt bestehende Kreiseinteilung der SBB: Lausanne (I), Basel (II), Zürich (III), St. Gallen (IV) und Luzern (V). Da sich bis zum Jahre 1931 bei Elektrifizierungsvorhaben die ursprüngliche Kreiseinteilung nachweisen läßt, sei diese nachstehend bei jeder Strecke notiert. Die Angabe der Kreiseinteilung erleichtert auch die Zuordnung regionaler Besonderheiten.

²⁹¹ Schweizerische Technische Zeitschrift, 3 (1928), S. 663.

²⁹² Bulletin technique de la Suisse romande, 73 (1947), S. 210.

²⁹³ SBB, 39 (1962), Heft 10, S. 14.

²⁹⁴ SBB, 47 (1970), S. 202.

²⁹⁵ 10000 Auskünfte über die schweizerischen Eisenbahnen, Bern 1949, S. 160.

²⁹⁶ Röll (Hg.), Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, Bd. 8, Berlin und Wien 1917, unter "Schweizerische Eisenbahnen".

1924	SBB (II)	Basel - Luzern
1924	SBB (III)	Thalwil - Richterswil
1925	SBB (III)	Zürich - Olten
1925	SBB (III)	Zürich - Wallisellen/Kloten - Winterthur
1925	SBB (II)	Aarburg-Oftringen - Bern Wylerfeld
1926	SBB (III)	Zürich - Meilen - Rapperswil
1926	SBB (III)	Brugg - Pratteln
1927	SBB (V)	Rapperswil - Rotkreuz
1927	SBB (V)	Brugg - Hendschiken
1927	SBB (III)	Rapperswil - Uznach
1927	SBB (IV)	Uznach - Wattwil
1927	SBB (IV)	Winterthur - St. Gallen - Rorschach
1927	SBB (III)	Richterswil - Sargans
1927	SBB (IV)	Sargans - Buchs (SG)
1927	SBB (II)	Biel - Olten
1928	SBB (IV)	Sargans - Chur
1928	BLS	Lengnau - Moutier
1928	SBB (II)	Moutier - Delémont
1928	SBB (IV)	Winterthur - Romanshorn - Rorschach
1928	SBB (III)	Zürich Oerlikon - Schaffhausen
1930	SBB (V)	Emmenbrücke - Wildegg (Umbau)
1930	SBB (V)	Beinwil am See - Beromünster (Umbau)
1931	SBB (II)	Delémont - Basel
1934	SBB (IV)	Rorschach - St. Margrethen - Buchs (SG)

H. W. Schuler²⁹⁷ beschreibt ausführlich, U. Kroll²⁹⁸ straff, die Merkmale dieser bei den meisten Elektrifizierungsvorhaben der SBB verwendeten Bauart, die "Technischen Daten der Fahrleitungsanlagen der Schweizerischen Bundesbahnen"²⁹⁹, die H. Merz³⁰⁰ in Kurzform mitteilt, beziehen sich im engeren Sinne auf diese Fahrleitung. Es fällt auf, daß K. Sachs³⁰¹ 1938 nur am Rande hierauf eingeht.

Z 14.6.3./1

Die für die nach 1923 elektrifizierten Strecken der früheren Kreise II bis V gewählte Fahrleitungsbauart weist ein aus festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht bestehendes Kettenwerk von zunächst 2,16 m Systemhöhe im Kreis II, 2,50 m Systemhöhe in den Kreisen III bis V mit 60 m Längsspannweite auf. Das vertikale Kettenwerk mit einem Hängerabstand von 6 bis 10 m hat eine kürzeste Hängertlänge von 1 m, wodurch Gleithänger entbehrlich sind. In Feldmitte ergibt sich zwischen -20°C und +40°C nach H. Merz³⁰² eine statische Höhendifferenz von 30 cm. In Gleiskrümmungen ist bei Radien von weniger als 1000 m ein Zwischenmast mit je einem Bogenabzug für jedes Gleis angeordnet.

²⁹⁷ SBZ, 90 (1927), S. 188 ff., 199 ff., 216 ff.

²⁹⁸ EB, 31 (1960), S. 127 f.

²⁹⁹ SBB GD, Zeichnung A 38.020.

³⁰⁰ Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J., S. 44 f., Tabelle 1.

³⁰¹ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 211 ff.

³⁰² Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J., S. 43.

Wie im Kreis I verwendete man sowohl für die Trag- als auch für die Seitenisolation zunächst zweischirmige Stützisolatoren. Schwierigkeiten mit Vögeln führten erstmals bei der Elektrifizierung Zürich - Winterthur zu einer aus 2 zweischirmigen Stütz- und einem Diabolo-Isolator bestehenden, als "Böckli" bezeichneten, doppelten Tragisolation. Beim Umbau vorhandener Fahrleitungen baute man anstelle dieser Bauart auch den dreischirmigen Tunnelisolator ein. Die Seitenisolation verdoppelte man im Regelfall durch Hinzufügen eines Diabolo-Isolators wie bei der Fahrleitung Bauart Gotthard, auf den Strecken Basel - Luzern und Wildegg - Bern Wylerfeld mit Vogelschutzkappen und Glockenisolatoren anstelle des Diabolo-Isolators.

Für die Elektrifizierung Basel - Luzern übernahm der Kreis II grundsätzlich die Hauptstützpunkte der Gotthardstrecke mit einem Gemeinschaftstragwerk aus U-Jochmittelstück und Jochanschlüssen³⁰³, wobei die Masten als Einsetzmasten ausgebildet sind. Zunächst verwendet man genietete Gittermasten, später wieder Breitflanschträger. In der Geraden sind die Seitenhalter über Isolatoren jeweils am Mast befestigt, wodurch diese abwechselnd auf Zug bzw. auf Druck liegen. Später sieht man auch in der Geraden die im Gleisbogen verwendeten Hängesäulen am U-Jochmittelstück vor, damit die Seitenhalter immer auf Zug liegen. Die Kreise III bis V bauen auf Doppelspurstrecken Stützstrebenjoche mit Hängesäulen ein, dies auch der Kreis II bei der Ausrüstung der dem Kreis I zugewiesenen Strecke Moutier - Delémont - Basel. In den Kreisen II bis V ordnet man zur Verbesserung der Signalsicht Ausleger über 2 Gleise an. Auf eingleisigen Strecken verwendet man waagerechte Ausleger mit Stützstrebe³⁰⁴, bogeninnen mit Rüsselausleger; letztere baut man auch als Zwischenmasten mit Bogenabzügen in Kurven zweigleisiger Strecken ein. Die zweigleisige Strecke Dornach - Aesch erhielt Auslegermasten.

Z 14.6.3./2

F 14.6.3./1

F 14.6.3./2

F 14.6.3./3

Z 14.6.3./3

Z 14.8.1.1./1

In Stationen verwendet man im Regelfall Profileisen-Untergurte in genieteter Konstruktion von 8 bis 30 m Stützweite, Stützstrebenjoche bei bis zu 3 Gleisen; ausnahmsweise bei der Elektrifizierung Basel - Luzern der Bauart BLS ähnliche Flachträger (Emmenbrücke). Allgemein dient der Querträger in der Schweiz auch als Stützpunkt der Geleisebeleuchtung oder von Trennschaltern der Fahrleitung. Da Querträger in ihrer Gesamtheit die Übersicht der Geleisfelder von Stellwerken aus und die Signalsicht von Triebfahrzeugen aus erschweren und bei großen Stützweiten teuer sind, entwickelten die Kreise II und III Seiljoche unterschiedlicher Konstruktion. Während die in Aesch eingebaute Ausführung des Kreises II³⁰⁵ mit 2 geerdeten Quertragseilen und 2 spannungsführenden Richtseilen grundsätzlich der Querseilausrüstung der BBÖ entspricht (s. 13.6.2.1.) -

Z 14.6.3./4

F 14.6.3./4

F 14.6.3./5

³⁰³ SBB GD, Zeichnung A 33.009a.

³⁰⁴ SBB GD, Zeichnung A 33.004a.

³⁰⁵ SBB, 8 (1931), S. 183 ff.

nach A. M. Hug³⁰⁶ baute man dort zur Verringerung der Masse spezielle Porzellanisolatoren ein -, weist jene des Kreises III eine gewisse Ähnlichkeit mit jener in dem von SSW überspannten Bahnhof Gröbers auf (s. 3.2.2.). K. Sachs³⁰⁷ beschreibt dieses Seiljoch: Ein zwischen den Mastspitzen horizontal gespanntes Richtseil bildet mit den beiden mit 2,5 m Systemhöhe verlegten Quertragseilen unter Verwendung vertikaler Stützstreben, die je über Gleismitte angeordnet sind, ein Fachwerk. Vom Längskettenwerk mit 3,0 m Systemhöhe ist das Tragseil jeweils am oberen Ende einer Stützstrebe, der Fahrdraht über einen Seitenhalter am Querspanndraht festgelegt. Das gesamte Quertragwerk ist spannungsführend mit Kappenisolatoren und besteht aus Bimetalldraht. Diese Seiljochausführung wurde 1929 bis 1931 im Vorbahnhof Zürich, weiter in Bülach, Romanshorn, Schaffhausen, St. Margrethen, zuletzt in Buchs (SG) eingebaut.

F 14.6.3./6

Bei der Elektrifizierung Basel - Luzern bildete man die Nachspannung mit durchlaufendem Tragseil dreifeldrig mit kurzen Zwischenmasten für die Nachspannvorrichtung des Fahrdrachts aus, die Streckentrennung in der Geraden dreifeldrig, im Gleisbogen vierfeldrig mit Abfangjochen. Bei späteren Ausführungen verwendete man allgemein für Nachspannung und Streckentrennung die drei- bzw. vierfeldrige Bauart mit Abspannmasten für das feste Tragseil und den nachgespannten Fahrdraht, wobei der Abstand des Kettenwerks im Übergangsfeld bei der Nachspannung 10 bis 30 cm, bei der Streckentrennung 30 cm beträgt.³⁰⁸

Z 14.6.3./5

Z 14.6.3./6

Den Umbau der Seetalbahn von 5500 V 25 Hz auf 15 kV 16 2/3 Hz schildern H. Waldburger und M. Senn³⁰⁹ unter betrieblichen, M. Messer³¹⁰ unter fahrleitungstechnischen Gesichtspunkten. Zur Änderung der Fahrleitungsanlage erstellte die Bauabteilung des Kreises II eine Zeichnungssammlung³¹¹. Von dem alten Kettenwerk (s. 14.5.1.1.) konnte man nur das Bronzetrageil und den 80 mm² Kupferprofilfahrdracht verwenden. Durchweg sah man ein aus festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdracht bestehendes Kettenwerk vor. Soweit möglich, beließ man die vorhandenen geschweißten Gittermasten und Gasrohrausleger entlang der Kantonsstraße. Anstelle der ansonsten eingebauten schweren dreischirmigen Tunnelisolatoren für die Tragisolation mußte man doppelte Kappenisolatoren verwenden, wodurch das Kettenwerk um etwa 80 cm tiefergelegt werden konnte. Die tiefere Fahrdrachtlage von 6,0 bis 6,2 m über SO verbesserte auch die Strom-

Z 14.6.3./7

Z 14.6.3./8

³⁰⁶ EB, 9 (1933), S. 22 f.

³⁰⁷ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 229.

³⁰⁸ SBB GD, Zeichnung A 33.001a.

³⁰⁹ Die Seetalbahn, Luzern 1983, S. 38 ff.

³¹⁰ SBB, 8 (1931), S. 136 ff., 155 ff.

³¹¹ SBB-Zeichnung F 5536^{II} vom 23.08.1929, revidiert am 28.04.1930.

abnahme wesentlich, da der Stromabnehmer in einen günstigeren Arbeitsbereich kommt. Anstelle der abgängigen Holzmasten baute man Breitflanschträger mit waagrechtem Ausleger der Normalbauart ein. In größeren Stationen sah man geschweißte Profileisen-Untergurte an Breitflanschträgern, bei Stationen mit 2 Gleisen fernab der Straße Stützstrebenjoche, entlang der Kantonsstraße Ausleger über 2 Gleise vor. Nachspannung und Streckentrennung entsprechen der Regelausführung.

K. Sachs³¹² schreibt 1961 zur Stromabnahme: "Die Fahrleitungsbauart der SBB genügt bei gutem Unterhalt und genauer Regulierung der Fahrdrähtlage für die heute bei den SBB fahrplanmäßig üblichen Maximalgeschwindigkeiten von 125 km/h." Damit übernimmt dieser die von H. Merz³¹³ im Vorjahr getroffene Aussage auszugsweise: "Die beschriebenen Fahrleitungen genügen bei gutem Unterhalt und genauer Regulierung der Fahrdrähtlage noch für die heute bei den SBB fahrplanmäßig übliche Geschwindigkeit von maximal 125 km/h. Die Stromabnahme ist nicht mehr immer einwandfrei. Wir erreichen mit unserem System die obere Grenze der möglichen Geschwindigkeit und Sicherheit. Die Leitungen wurden ursprünglich für 90 km/h gebaut und verhalten sich bis 110 km/h noch befriedigend." 1965 teilte H. Merz dem Verfasser brieflich mit: "Die Bauart genügt für die schweizerischen Verhältnisse, wo maximal mit 125 km/h gefahren wird, noch hinreichend. Über ca. 110 km/h treten gelegentlich Funken und Stromunterbrechungen auf."

1982 hoben die SBB für Schnellzüge nach Zugreihe RS auf den Teilstrecken Langenthal - Roggwil-Wynau und Elgg - Aadorf die Höchstgeschwindigkeit auf 135 km/h, Mattstetten - Lyssach und Winterthur Grütze - Rätterschen auf 130 km/h an. Nach Mitteilung der Kreisdirektionen II bzw. III baute man 1984 Elgg - Aadorf auf die R-Fahrleitung um, 1984/85 Langenthal - Roggwil-Wynau und 1985/86 Hindelbank - Lyssach; auf den übrigen Teilstrecken bestand 1986 noch die alte Fahrleitung. Dem Vernehmen nach sollen auf diesen Teilstrecken Schwierigkeiten mit der Stromabnahme (Hauptschalterauslösungen) weniger beim Fahren, eher beim elektrischen Bremsen aufgetreten sein. Damit wird die etwa 60 Jahre im Gebrauch stehende Fahrleitung nur noch abgefahren.

14.7. Windschiefe Fahrleitung

14.7.1. Privatbahnbauarten der 3. Generation

1929 BVZ Visp - Zermatt
1930 BVZ Brig - Visp

³¹² JdE, 12 (1961), S. 25.

³¹³ Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J., S. 46.

1931	BT	St. Gallen - Wattwil
1931	BT	Ebnat-Kappel - Nesslau-Neu St. Johann
1932	BT	Romanshorn - St. Gallen St. Fiden
1932	EBT	Solothurn - Burgdorf
1932	SMB	Solothurn West - Moutier
1932	EBT	Burgdorf - Langnau (Umbau)
1933	EBT	Hasle-Rüegsau - Thun (Umbau)
1938	STB	Gümmenen - Flamatt
1938	PBr	Le Pont - Le Brassus
1939	SOB	Rapperswil - Arth-Goldau
1939	SOB	Wädenswil - Samstagern
1939	SOB	Biberbrugg - Einsiedeln

Die 1928 bis 1930 elektrifizierte Brig-Visp-Zermatt-Bahn weist gegenüber den bisher auf elektrischen Zugbetrieb umgestellten schweizerischen Privatbahnen zahlreiche Neuerungen auf. A. M. Hug³¹⁴ und L. H. Leyvraz³¹⁵ beschreiben die Anlage; es sei angemerkt, daß letztgenannter Verfasser zuerst als Ingenieur bei Furrer & Frey diese Strecke elektrifizierte, um anschließend in den Dienst der damaligen Visp-Zermatt-Bahn zu treten.

- Z 14.7.1./1 Das aus fest abgespanntem 35 mm² Stahltragseil und nachgespanntem 80 mm² Kupferfahrdrabt bestehende Kettenwerk ist in der Geraden lotrecht mit einem Zickzack von ±20 cm, im Gleisbogen windschief mit einer größten Fahrdrabtauslenkung von ±12 cm verlegt, um bei dem schmalen Stromabnehmer Ungenauigkeiten in der Gleislage ausgleichen zu können. Außer in Tunnels, verwendet man für die Betriebsspannung 11 kV 16 2/3 Hz einfache Stütz- oder Kappenisolatoren. Die Fahrdrabhöhe beträgt 5500 mm über SO in Stationen, 5000 mm über SO auf freier Strecke und 4200 mm über SO in Tunnels. Soweit möglich, baut man Holzmasten ein, Breitflanschträger nur in Stationen, als Abspannmasten und auf der freien Strecke Visp - Ackersand. In der Geraden verwendet man für das Kettenwerk von 1350 mm Systemhöhe und 64 m Längsspannweite den von Furrer & Frey entwickelten gespreizten Ausleger von gegenüber dem waagerechten Ausleger mit Stützstrebe weit geringerer Masse, im Gleisbogen die erstmals in der Schweiz bei der BN eingebaute windschiefe Fahrleitung (s. 14.5.2.4.): Bogenaußen bei Kurvenradien unter 400 m befestigt man das Kettenwerk über einen Kappenisolator ohne Seitenhalter direkt am Mast, bei größeren Krümmungsradien mit Seitenhalter an einem kurzen Ausleger; bogeninnen an einem waagerechten Ausleger mit Ankerdraht. Hierdurch läßt sich bei gleichem Kurvenradius und Fahrdrabzickzack die Spannweite gegenüber der lotrechten Fahrleitung etwa verdoppeln. L. H. Leyvraz betont den weit größeren Berechnungs- und Montageaufwand der windschiefen Fahrleitung gegenüber der lotrechten Fahrleitung.
- F 14.7.1./1
- F 14.7.1./2

³¹⁴ EB, 6 (1930), S. 373 ff.

³¹⁵ Bulletin technique de la Suisse romande, 55 (1929), S. 217 ff., 229 ff.

In Stationen baut man das Kettenwerk vertikal ein, nur bei der im Gleisbogen gelegenen Station Herbruggen windschief. In Stationen mit 2 Gleisen verwendet man Mehrgleisausleger oder Querdrahtaufhängung, bei größeren Stationen geschweißte Fischbauchjoche mit Stützisolatoren. Je nach lichter Höhe ist das Tragseil bei Überführungen durchgeführt oder abgespannt, in den räumlich sehr engen Tunnels ist nur der Fahrdraht durchgeführt. Die Nachspannung wird zweifeldrig mit Fahrdrahtkreuzung, die Streckentrennung ebenfalls zweifeldrig mit Fahrdrahtnäherung verwirklicht, teilweise ersetzen diese Streckentrenner.

Bei der ersten Fahrt einer elektrischen Lokomotive von Visp nach Zermatt konnte nach L. H. Leyvraz festgestellt werden, daß dank der ausgezeichneten Elastizität dieser Fahrleitung die Stromabnahme bei Höchstgeschwindigkeit und Fahrt mit nur einem Stromabnehmer ohne Funken erfolgt. Es sei angemerkt, daß die zulässige Höchstgeschwindigkeit der HGe 4/4-Lokomotiven der BVZ bei Adhäsionsbetrieb 45 km/h beträgt.

Alle bis Kriegsausbruch elektrifizierten schweizerischen Privatbahnen haben diese Fahrleitung in Grundzügen übernommen. W. Kesselring³¹⁶ beschreibt mehrfach die Ausrüstung der BT, A. Fankhauser und O. Kreis³¹⁷ den Umbau der späteren EBT von Drehstrombetrieb auf solchen mit Einphasenwechselstrom und F. Wyss³¹⁸ die Fahrleitung der SOB.

In den meisten Fällen besteht das Kettenwerk dieser mit 15 kV 16 2/3 Hz betriebenen normalspurigen Eisenbahnnetze aus fest abgespanntem 35 mm² Stahltragseil und nachgespanntem 85 mm² Kupferfahrdrat mit Hängern mit Ösen. In der Geraden der freien Strecke ist das Kettenwerk lotrecht, im Gleisbogen der freien Strecke windschief. Die 1931 bis 1938 elektrifizierten schweizerischen Privatbahnen erhielten zur Vermeidung von Kurzschlüssen durch Vögel doppelte Kappenisolatoren, erstmals die SOB (entgegen dem ursprünglichen Projekt) Stabisolatoren.

Als Masten verwendet man ausschließlich Breitflanschträger als Einsetzmasten, auf freier Strecke in der Geraden Spreizausleger, bogeninnen mit waagerechtem Ausleger mit Ankerdraht. In Stationen verwenden BT, EBT, SOB und STB

³¹⁶ Bulletin des Arbeitgeber-Verbandes schweizerischer Transport-Anstalten, 1 (1930), S. 17 ff.; 2 (1931), S. 185 ff., 204 f.; 5 (1934), S. 698 ff.; SBZ, 98 (1931), S. 170 ff.; Fünfzig Jahre Bodensee-Toggenburg-Bahn und Rickenbahn 1910-1960, St. Gallen 1960, S. 124 ff.

³¹⁷ Bulletin des Arbeitgeber-Verbandes schweizerischer Transport-Anstalten, 3 (1932), S. 385 ff., 402 ff.; 4 (1933), S. 428 ff.

³¹⁸ 50 Jahre Schweizerische Südostbahn 1891-1941, Einsiedeln 1941, S. 49 ff.

F 14.7.1./6 zur Gewichtsreduzierung einen als Gelenkträger ausgebil-
 F 14.7.1./8 deten Querträger mit Ankerdrähten, BT und EBT auch Aus-
 leger über 2 Gleise, nur PBr Fischbauchträger. In Tunnels
 ist bei BT, EBT und SOB das Tragseil durchgeführt, nur bei
 PBr beidseits fest abgespannt; bei der STB sind keine Tun-
 nels vorhanden.

Ursprünglich war bei der BT nach Mitteilung der Bahnver-
 waltung die Nachspannung in der Art des "Bi-tendeur auto-
 matique" vorhanden, wurde jedoch bald nach Aufnahme des
 elektrischen Zugbetriebes woweit möglich dreifeldrig wie
 bei EBT und STB umgebaut, in Einzelfällen wie bei PBr und
 SOB zweifeldrig mit Abspannung des Kettenwerks an Ab-
 spannmasten.

Bei der BT war ursprünglich auch die Streckentrennung nach
 Art des "Bi-tendeur automatique" gebaut, wurde jedoch
 ebenfalls bald darauf dreifeldrig wie bei EBT, SOB und STB
 umgebaut. Nur bei PBr ersetzen Streckentrenner die Streck-
 kentrennungen; 1939 betrug die Höchstgeschwindigkeit zwi-
 schen Le Pont und Le Brassus 55 km/h³¹⁹.

14.7.2. Windschiefe Fahrleitung bei den SBB

1931	SBB	Wattwil - Ebnat-Kappel
1932	SBB	Wallisellen - Rapperswil
1932	SBB	Zürich Altstetten - Zug
1933	SBB	Courgenay - Staatsgrenze bei Boncourt
1933	SBB	Uznach - Ziegelbrücke - Linthal
1934	SBB	Biel - Sonceboz-Sombeval - La Chaux-de-Fonds
1934	SBB	Gümligen - Langnau - Gütsch (- Luzern)
1936	SBB	Giubiasco - Locarno
1936	SBB	Sulgen - Gossau (SG)
1937	SBB	Sonceboz-Sombeval - Moutier
1938	SBB	Le Day - Le Pont
1940	VCh	Vevèy - Puidoux-Chexbres
1941	SBB	Luzern - Meiringen

Nach Akten der GD SBB bat die Bauabteilung Kreis II, Elek-
 trische Anlagen, mit Schreiben vom 20.02.1931 die Firma
 Furrer & Frey um ein Angebot zur Erstellung einer wind-
 schiefen Fahrleitung von der Streckentrennung bei km 95,1
 bis zur Nachspannung bei km 96,5 der Strecke Delémont -
 Basel. Auf einer Teilstrecke zwischen Liesberg und Bärsch-
 wil mit Kurve und Gegenkurve sollte die windschiefe Fahr-
 leitung Bauart Furrer & Frey versuchsweise ausgeführt wer-
 den.

Im Zuge der Elektrifizierung der Strecke St. Gallen -
 Nesslau-Neu St. Johann der BT überspannte der Kreis III
 nach Mitteilung des Elektromeisters Gossau (SG) die Teil-

³¹⁹ SBB. Anhang I zum Dienstfahrplan gültig ab 15. Mai
 1939, S. 9.

strecke Wattwil - Ebnet-Kappel im Gleisbogen ebenfalls windschief.

Mit Brief vom 7.05.1931 teilt die GD SBB der Bauabteilung Kreis II, Elektrische Anlagen, mit: "Gemäß einer Ea-Besprechung ist die Strecke Altstetten - Affoltern - Zug mit der kurvenschiefen Fahrleitung auszurüsten. Die Isolierung des Tragseiles erfolgt in der Kurve durch Hängeisolatoren Z 3186, in der Geraden durch die Doppeltragisolation Z 3334. Die seitliche Festlegung des Fahrdrahtes ist mit unserer normalen Doppelseitenisolation auszuführen."

Ein Bericht über die Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes auf den Strecken Wallisellen - Uster - Rapperswil und Zürich - Affoltern - Zug³²⁰ verdeutlicht, daß die Kreise II und III bei den meisten im Rahmen des zweiten Elektrifizierungsprogramms ausgerüsteten eingleisigen Strecken die eingeführte regionale Fahrleitungsbauart grundsätzlich beibehielten, jedoch im Gleisbogen der freien Strecke außerhalb von Nachspannung oder Streckentrennung die windschiefe Fahrleitung mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht an bogenaußen gegründeten Masten montierten. F 14.7.2./1
Nach den "Technischen Daten der Fahrleitungsanlagen der SBB" ist hier in Kurven mit einem Krümmungsradius von 425 m oder mehr am Stützpunkt ein Seitenhalter vorzusehen.

Die Ausführung des Kreises I findet sich in einem Montagebuch des Kreises I aus dem Jahre 1937³²¹. Hier ordnet man auf freier Strecke in der Geraden lotrechtes Kettenwerk an waagerechten Auslegern mit Stützstrebe und 2 Kappenisolatoren als Tragisolation sowie der aus Stütz- und Diaboloisolator bestehenden Seitenisolation an, im Gleisbogen stimmt die Bauart der windschiefen Fahrleitung mit den Kreisen II und III überein. In Stationen verwendet man hier die Fahrleitung mit 100 m Längsspannweite und Zwischenmasten. Nachspannung und Streckentrennung sind immer lotrecht mit Abspannmasten ausgebildet: dreifeldrig in der Geraden, vierfeldrig im Gleisbogen. Für die Privatbahn Vevey - Puidoux-Chexbres errichteten die SBB die Fahrleitungsanlage. Z 14.7.2./1
Z 14.7.2./2
Z 14.7.2./3
Z 14.7.2./4
Z 14.7.2./5
Z 14.7.2./6

Darüber hinaus bauten die SBB an verschiedenen Stellen des Netzes die vorhandene lotrechte Fahrleitung im Gleisbogen unter Beibehaltung der Bogenabzüge windschief um; dies geschah sowohl bei eingleisigen Streckenabschnitten (Delémont - Soyhières-Bellerive) als auch bei Doppelspur (Rothenburg Dorf - Emmenbrücke), weiter in Stationen (Roches). F 14.7.2./2

³²⁰ SBB, 9 (1932), S. 171 ff.

³²¹ C.F.F. I S.I.E. Lausanne. Zeichnung F.3045/I vom 1.02.1937.

14.7.3. Elektrifizierungen im Zweiten Weltkrieg

14.7.3.1. Privatbahnbauarten der 4. Generation

1940	FO	Andermatt - Oberalpsee
1940	FO	Tschamut-Selva - Disentis/Mustér
1941	FO	Oberalpsee - Tschamut-Selva
1941	FO	Realp - Andermatt
1941	FO	Brig - Oberwald
1941	FO	Göschenen - Andermatt (Umbau)
1942	FO	Oberwald - Realp
1943	BAM	Morges - Apples - Bière
1943	BAM	Apples - L'Isle-Mont-la-Ville
1943	OeBB	Oensingen - Balsthal
1944	RVT	Travers - Fleurier - Buttes
1944	RVT	Fleurier - St-Sulpice
1945	YStec	Yverdon - Ste-Croix
1945	VHB	Langenthal - Huttwil - Wolhusen
1945	VHB	Ramsei - Wasen im Emmental
1946	VHB	Sumiswald-Grünen - Huttwil
1946	VHB	Huttwil - Eriswil
1946	GFM	Bulle - Romont
1947	GFM	(Fribourg -) Givisiez - Murten - Ins (Umbau)
1949	MO	Martigny - Orsières (Umbau)
1952	CJ	Porrentruy - Bonfol
1953	MO	Sembrancher - Le Châble (Neubaustrecke)

L. H. Leyvraz³²² schildert ausführlich die Elektrifizierung der das Hochgebirge querenden meterspurigen Furka-Oberalp-Bahn und die Umstellung der Schöllenenbahn von 1200 V Gleichspannung auf 11 kV 16 2/3 Hz in den Kriegsjahren 1939 bis 1942; ein Aufsatz ohne Verfasserangabe³²³ nennt insbesondere die Baulosaufteilung. Die vor der technischen Sanierung der FO vorhandene Fahrleitungsanlage ist nach Akten des Schweizerischen Bundesarchivs³²⁴ eindeutig darzustellen.

Die Umstellung des Gesamtnetzes der FO auf elektrischen Zugbetrieb legte man in zwei Etappen fest:

1. Bauabschnitt: Andermatt - Disentis/Mustér und Umbau Göschenen - Andermatt

2. Bauabschnitt: Brig - Andermatt

und betraute als Generalunternehmer Furrer & Frey mit der Ausführung, Mauerhofer & Zuber war als Unterakkordant (Subunternehmer) ein Teil der Arbeiten des 2. Bauabschnitts zu überlassen. Da sich die Fahrleitung nur in den beiden Bauabschnitten, nicht dagegen in den Baulosen unterscheidet, sei hier auf die Wiedergabe der Baulosaufteilung verzichtet.

³²² SER, 6 (1983), S. 75 ff., 119 ff.; SER, 7 (1984), S. 22 ff.

³²³ SEV, 33 (1942), S. 371 ff.

³²⁴ Schweizerisches Bundesarchiv E 8101.1 Bd. 52, 53.

Für die Elektrifizierung der FO übernahm man grundsätzlich die Fahrleitung der BVZ, sah jedoch auf verschiedenen Teilstrecken tragseillose Fahrleitung vor. Der Bahnhof Brig war bereits 1930 mit fest abgespannter Einfachfahrleitung mit Querdrahtaufhängung überspannt worden. Sämtliche Stationen der im ersten Bauabschnitt elektrifizierten Teilstrecke Andermatt - Disentis, die von Gleich- auf Wechselstrombetrieb umgebaute Schöllenenbahn, weiter lawinengefährdete Teilstrecken Nätschen - Oberalpsee und Oberwald - Realp (km 43,2 bis km 57,8), schließlich das kurze Streckenstück mit niedrigen Überbauten von Brig bis zur Rhonebrücke, erhielten eine tragseillose Fahrleitung mit fest abgespanntem Fahrdrabt von 85 mm². Waagerechte Ausleger mit Ankerdraht sind an Holzmasten auf Betonsokeln mit 35 m Längsspannweite in der Geraden montiert, im Gleisbogen mit Bogenabzügen. Stationen haben je nach Lage und Größe Auslegermasten, Querdraht- oder Querseilausrüstung. Streckentrenner ersetzen Streckentrennungen.

F 14.7.3.1./1

F 14.7.3.1./2

Bis zur Inbetriebnahme des Furka-Basistunnels mußte nach F. A. Vollmar³²⁵ jedes Jahr nach Einstellung des sommerfahrplanmäßigen durchgehenden Betriebes Brig - Disentis auf der Furka-Bergstrecke Oberwald - Realp anfangs Oktober die Fahrleitung von km 43,2 bis km 57,8 demontiert werden. Jeweils im Mai baute man sie nach Freilegung der meist tief verschneiten Gleise wieder ein.

Auf den übrigen Teilstrecken der FO sieht man eine aus festem 35 mm² Stahltragseil und nachgespanntem 85 mm² Kupferfahrdrabt bestehende Kettenfahrleitung vor, die auf der freien Strecke in der Geraden und in Stationen lotrecht, im Gleisbogen der freien Strecke windschief verlegt ist. Zur Isolation verwendet man ausschließlich Stabisolatoren mit 4 Rippen. Der Zickzack beträgt in der Geraden ±15 cm, im Gleisbogen ±10 cm. Auf freier Strecke und bei Auslegermasten in Stationen verwendet man Holzmasten auf Betonsokeln, bei Querdraht- oder Querseilaufhängung in Stationen sowie als Abspannmasten bei Nachspannung und Streckentrennung Breitflanschträger.

Für die Stützpunkte der Geraden montiert man Spreizausleger, für Stützpunkte im Gleisbogen bogeninnen waagerechte Ausleger mit Ankerdraht. In Kurvenradien von 80 m bis 450 m befestigt man das windschiefe Kettenwerk ohne Ausleger am Mast, von 500 m bis 1000 m mit einem solchen. In Stationen verwendet man je nach Umfang der Gleisanlage Auslegermasten oder Querseilaufhängung mit einem spannungsführenden Quertragseil und einem spannungsführenden Richtseil. An Tunnels ist das Tragseil beidseits fest abgespannt und nur der Fahrdrabt mit einer Spannweite von maximal 20 m durchgeführt. Bei einer Nachspannlänge von höchstens 1200 m ist die Nachspannung zweifeldrig ausgeführt, wobei der Fahrdrabt mit 4 kN nachgespannt ist, bei

F 14.7.3.1./5

F 14.7.3.1./4

³²⁵ Die Furka-Oberalp-Bahn, Brig ²1965, S. 27.

F 14.7.3.1./3 einer Nachspannlänge bis 250 m verwendet man als Nachspannvorrichtung eine Stahlfeder. Je nach Örtlichkeit ist die Streckentrennung zwei- oder dreifeldrig ausgeführt.

Z 14.7.3.1./1 Abgesehen von einigen kurzen Hinweisen, schweigt sich die Literatur über die Fahrleitung der übrigen während des Zweiten Weltkriegs elektrifizierten schweizerischen Privatbahnen aus. Während Akten des Schweizerischen Bundesarchivs zur Elektrifizierung des Régional du Val-de-Travers³²⁶ alle Projektunterlagen zur Fahrleitungsanlage enthalten, finden sich in Dossiers über die normalspurigen Strecken der Chemins de fer Fribourgeois³²⁷ nur Vereinbarungen über Kreuzungen mit Leitungen. In den meisten Fällen sind Aussagen über die Fahrleitungsanlage bestimmter Privatbahnen nur dank Auskünften der angeschriebenen Eisenbahnverwaltungen möglich.

Alle 1943 bis 1953 elektrifizierten schweizerischen Privatbahnen erhielten eine aus festem 35 mm² oder 50 mm² Stahltragseil und nachgespanntem 85 mm² Kupfer- oder 80 mm² Kupfer-Stahl-Fahrdraht (GFM, OeBB, RVT, VHB, YStec) bestehendes Kettenwerk, in Nebengleisen auch 80 mm² Stahlfahrdraht; nur die Endbahnhöfe Bière und L'Isle-Mont-la Ville der BAM weisen tragseillose, fest abgespannte Einfachfahrleitung mit Querseilaufhängung auf. Auf die umgebaute bzw. neu errichtete Fahrleitung der MO sei gesondert eingegangen.

F 14.7.3.1./9 Abgesehen von CJ und YStec mit windschiefer Fahrleitung, F 14.7.3.1./11 ist bei den übrigen Privatbahnen das Kettenwerk in der Geraden der freien Strecke lotrecht, sämtliche aufgeführte F 14.7.3.1./12 Privatbahnen weisen im Gleisbogen windschiefe Fahrleitung auf. In Stationen ist mit Ausnahme der YStec bei allen F 14.7.3.1./6 übrigen Privatbahnen das Kettenwerk in der Geraden lotrecht, im Gleisbogen in Stationen nur bei BAM und YStec F 14.7.3.1./8 windschief. Während die OeBB noch den doppelten Kappenisolator verwendet, bauen die übrigen Privatbahnen den fünf-schirmigen Stabisolator (Vollkernisolator) ein.

Alle betrachteten Privatbahnen verwenden auf freier Strecke Holzmasten auf Betonsockeln, BAM, GFM, OeBB, VHB auch Breitflanschträger, VHB auch Fachwerkmasten. Die von Mauerhofer & Zuber ausgerüsteten Teilstrecken der BAM und die Strecke Givisiez - Murten - Ins der GFM weisen waagerechte Ausleger mit Stützstrebe und Spanndraht vom Tragisolator zum Seitenisolator auf, die auch in der Geraden von Kümmler & Matter windschiefe Fahrleitung von YStec und Porrentruy - Bonfol der CJ alternierende Masten ohne Ausleger, entlang SBB-Strecken waagerechte Ausleger mit Spanndraht, die übrigen Privatbahnen gespreizte Ausleger.

³²⁶ Schweizerisches Bundesarchiv E 8100 (C) 1975/62
Bd. 55.

³²⁷ Schweizerisches Bundesarchiv E 8101.1 Bd. 37, 48, 49, 50.

In Stationen gründet nur die BAM Betonmasten, alle übrigen Breitflanschträger, CJ, OeBB, RVT auch Holzmasten, VHB zusätzlich Fachwerkmasten. GFM, OeBB, RVT, VHB verwenden dort als Quertragwerk sowohl Fischbauchträger als auch Ausleger über 2 Gleise, BAM, CJ, YStec Querdraht- oder Querseilaufhängung, GFM auch Querträger mit Ankerdrähten oder Auslegermasten. F 14.7.3.1./7
F 14.7.3.1./10

Sofern Überführungen vorhanden sind, ist das Tragseil meist fest abgespannt, nur bei CJ und VHB durchgeführt. Die meisten der hier betrachteten Privatbahnen sind ohne Tunnels, bei VHB ist dort auch das Tragseil durchgeführt, bei YStec das Tragseil beidseits abgespannt und nur der Fahrdrabt durchgeführt.

Bei der YStec beträgt die Nachspannlänge 1200 m, bei RVT bis 1400 m; bei einer Fahrdrabtlänge von 250 m bis 300 m verwendet man eine Stahlfeder als Nachspannvorrichtung. Bei der Nachspannung ist das Kettenwerk bei den meisten Privatbahnen lotrecht, nur bei CJ und YStec windschief. Die BAM sieht den "Bi-tendeur automatique" als Nachspannvorrichtung vor, bei BAM und GFM ist die Nachspannung auch einfeldrig zwischen Abfangjochen ausgebildet. GFM, RVT und VHB sehen eine zweifeldrige Nachspannung vor, CJ und YStec eine dreifeldrige Ausführung jeweils zwischen Abspannmasten.

Bei BAM, GFM und RVT ersetzen zumindest teilweise Streckentrenner Streckentrennungen. Abgesehen von YStec, ist die Streckentrennung grundsätzlich lotrecht ausgebildet, bei der GFM zweifeldrig mit Kettenwerksnäherung, bei den übrigen Privatbahnen dreifeldrig, bei RVT im Gleisbogen auch vierfeldrig. In allen Fällen ist das Kettenwerk an Abspannmasten abgespannt.

Bemerkenswert sind die Hintergründe der Umstellung der Bahn Martigny - Orsières von 8000 V auf 15 kV; ein Dossier des Schweizerischen Bundesarchivs³²⁸ enthält den Schriftwechsel. Am 15.08.1944 kam es zu einem Kurzschluß mit Verspätung eines Zuges zwischen Sembrancher und Martigny, worin zufällig der Direktor des Eidgenössischen Amtes für Verkehr saß. Es zeigte sich, daß die Ursache in starken Korrosionserscheinungen der Fahrleitung zwischen km 3,9 und km 4,3 durch Chlorgase einer Fabrik in Martigny-Bourg liegt. Weiter stürzte am 24.08.1944 zwischen km 17,5 und km 17,6 während eines heftigen Gewitters durch niedergehende Erd- und Wassermassen ein Fahrleitungsmast um. Da der entstandene Kurzschluß nicht sofort abgeschaltet wurde, verbrannte der 15 kV/8 kV-Transformator in Martigny und der Fahrdrabt glühte aus. Es wird notiert, daß die Fahrleitung der MO nicht mehr betriebssicher ist. Schließlich kam es am 15.09.1944 in km 11,15 zu einer schweren Fahrleitungsstörung, weshalb der Zugverkehr sechs Stunden

³²⁸ Schweizerisches Bundesarchiv E 8101.1 Bd. 80.

lang eingestellt werden mußte; der Ersatz des Fahrdrahtes wird als unabdingbar bezeichnet.

Kummler & Matter verwendet von der vorhandenen Fahrleitung aus dem Jahre 1910 (s. 14.5.1.2.) die geschweißten Rohrausleger der freien Strecke und teilweise die aus Rohren zusammengeschweißten Jochkonstruktionen an Fachwerkmasten in Stationen. Im Hauptgleis sieht man tragseillose Fahrleitung mit nachgespanntem Fahrdraht, in untergeordneten Nebengleisen auch fest abgespannten Fahrdraht vor (Martigny-Bourg). Dort sind auch einschirmige Kappenisolatoren eingebaut, ansonsten fünfschirmige Stabisolatoren.

F 14.7.3.1./13 Auf freier Strecke verwendet man Holzmasten auf Betonsockeln, auch als Abspannmasten. In der Geraden hängt man an dem geschweißten Rohrausleger über einen Isolator dreieckförmig den Fahrdraht auf und legt diesen seitlich über einen Seitenhalter fest, in größeren Krümmungsradien in
 F 14.7.3.1./14 Pendelaufhängung ohne Seitenhalter. In engen Kurven sieht man eine Dreieckaufhängung des Fahrdrahts an dem direkt am
 F 14.7.3.1./15 Mast befestigten Isolator vor. In Stationen hängt man den Fahrdraht pendelnd über Stabisolatoren an den vorhandenen Jochen oder an einem spannungsführenden Quertragseil auf. Nachspannung und Streckentrennung sind dreifeldrig mit Abspannmasten verwirklicht.

Die Fahrleitung der 1953 eröffneten Neubaustrecke Sembrancher - Le Châble teilte man in zwei Baulose ein: Die freie Strecke rüstete Mauerhofer & Zuber aus, die Endstation Le Châble Kummler & Matter. Hier finden sich nochmals viele Merkmale der Kriegsbauart schweizerischer Privatbahnen in der Ausprägung beider Firmen. G. Maison³²⁹ geht hierauf kurz ein, das Dossier über die MO im Schweizerischen Bundesarchiv³³⁰ ist auch hier die wesentliche Quelle.

Das aus festem 35 mm² Stahltragseil und mit 5 kN nachgespanntem 70 mm² Kupferfahrdraht bestehende Kettenwerk mit höchstens 45 m Längsspannweite ist in der Geraden lotrecht, im Gleisbogen der freien Strecke windschief verlegt. In der Geraden der freien Strecke findet man geschweißte Rohrausleger, im Gleisbogen kurze Ausleger an Holzmasten. In der Endstation ist Querseilaufhängung mit spannungsführendem Quertragseil und einem Richtseil an Breitflanschträgern vorhanden. Die Nachspannung ist einfeldrig zwischen Abfangjochen ausgebildet. Während bei Le Châble eine dreifeldrige Streckentrennung an Abspannmasten vorhanden ist, findet sich bei Sembrancher nur ein Streckentrenner. Damit weist die 1953 eingebaute Streckenausrüstung der MO letztmals die für Elektrifizierungen schweizerischer Privatbahnen während des Zweiten Weltkrieges typischen Vereinfachungen auf. Aber auch die SBB mußten die

³²⁹ 75 ans du Chemin de fer Martigny - Orsières 1910-1985, Aigle 1985, S. 37 f.

³³⁰ Schweizerisches Bundesarchiv E 8101.1 Bd. 80.

Fahrleitungsanlage den Gegebenheiten des Zweiten Weltkrieges anpassen.

14.7.3.2. Kriegselektrifizierungen der SBB

1942	SBB	Zürich Oerlikon - Wettingen
1942	SBB	Opfikon - Zürich Seebach
1942	SBB	Auvernier - Les Verrières
1942	SBB	Meiringen - Interlaken Ost
1943	SBB	Winterthur - Neuhausen
1943	SBB	Wil (SG) - Wattwil
1944	SBB	Rüti (ZH) - Wald
1944	SBB	Effretikon - Hinwil
1944	SBB	Herzogenbuchsee - Busswil
1944	SBB	Turgi - Koblenz - Stein-Säckingen
1944	SBB	Payerne - Lyss
1945	SBB	Koblenz - Eglisau
1945	SBB	Winterthur - Bülach
1945	SBB	Yverdon - Payerne
1945	SBB	Schaffhausen - Etwilen
1946	SBB	Romanshorn - Kreuzlingen
1946	SBB	(St-Maurice -) Les Paluds - Collombey-Muraz
1946	SBB	Aarau - Zofingen
1946	SBB	Palézieux - Payerne
1946	SBB	Stein am Rhein - Oberwinterthur
1946	SBB	Wettingen - Othmarsingen
1946	SBB	Lenzburg - Suhr
1947	SBB	Payerne - Fribourg
1947	SBB	Kreuzlingen - Stein am Rhein
1947	SBB	Hinwil - Bauma
1951	SBB	Genève - La Praille

Mit knapp kommentierten Abbildungen notieren die SBB³³¹ Merkmale der ersten gemäß dem 4. Elektrifizierungsprogramm ausgerüsteten Strecken. M. R. Emminger³³² schreibt zu dieser Bauweise: "Die während des zweiten Weltkrieges eingetretene Mangelwirtschaft zwang die Schweizerischen Bundesbahnen, bei der Elektrifizierung weiterer Linien von der bewährten Einheitsfahrleitung mehr und mehr abzuweichen und diese durch eine rohstoffsparende, die Betriebssicherheit nicht einschränkende "Kriegsbauweise" zu ersetzen. ... Die eisernen Ausleger wurden vorerst durch Holzkonstruktionen und später durch Stahlrohrausleger ersetzt." Hier ist einerseits bemerkenswert, daß der Verfasser von einer "Einheitsfahrleitung" der SBB spricht, andererseits, daß es zumindest zwei unterschiedliche Formen einer hier als "Kriegsbauweise" bezeichneten Fahrleitung gegeben haben muß. Tatsächlich sind 1941 gezeichnete Querschnittsprofile für eine Fahrleitung mit Holztragwerken³³³ erhal-

³³¹ SBB, 19 (1942), S. 23 ff., 201 ff.

³³² Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 2, Frauenfeld 1949, S. 274.

³³³ SBB GD, Zeichnung aZ 3012.

ten geblieben, für die ab 1944 elektrifizierten Strecken des Kreises III existiert ein "Montagebuch für Fahrleitung auf Holzmasten, II. Teil Tragwerke"³³⁴.

Damit ist die Gruppe der 1942/43 ausgerüsteten Strecken von den 1944 bis 1951 überspannten zu unterscheiden. Während 1942/43 die einzelnen Kreisdirektionen teilweise ihre eigenen Wege gingen, handelt es sich bei der ab 1944 eingebauten Fahrleitung um die erste Einheitsfahrleitung der SBB, die in allen drei Kreisen nach den gleichen Zeichnungen erstellt wurde, von den im Montagebuch nicht abgebildeten Seiljochen abgesehen.

M. R. Emminger³³⁵ nennt folgende Merkmale der Kriegsbauweise der SBB: Das Kettenwerk besteht aus festem 50 mm² Stahltragseil und nachgespannten 85 mm² Kupferfahrdrabt, soweit möglich 80 mm² Kupfer-Stahl-Fahrdrabt, in Nebengleisen von Stationen verzinkter Eisenfahrdrabt von 80 mm² Querschnitt. Das Kettenwerk ist in der Geraden der freien Strecke und in Stationen lotrecht, außerhalb von Nachspannung und Streckentrennung im Gleisbogen der freien Strecke windschief. Auf freier Strecke verwendet man Holzmasten auf Betonsockeln, in Stationen grösstenteils Eisenbetonmasten. Nachspannung und Streckentrennung sind dreifeldrig mit Abspannmasten ausgebildet.

- Z 14.7.3.2./1 Bei den 1942/43 elektrifizierten Strecken verwendet man
 Z 14.7.3.2./2 beim Stützpunkt der freien Strecke in der Geraden meist
 Z 14.7.3.2./3 ein Tragwerk an zwei gegenüberstehenden Masten, Kreis I
 Z 14.7.3.2./4 ein Holztragwerk mit hängendem Stabisolator, Kreis II ein
 aus Stahlrohren geschweißtes Joch mit Untergurt und dreischirmigem Stützisolator, Kreis III ein Holzjoch mit doppelter Tragsisolation; im oberen Streckenteil des Val-de-Travers sieht der Kreis I auch waagerechte Stahlrohrausleger mit Stützstrebe, Kreis III zwischen Winterthur und Neuhausen Holzausleger mit Ankerdraht jeweils an einem Holzmast vor. Baut der Kreis I im unteren Streckenteil des Val-de-Travers für die windschiefe Fahrleitung im Gleisbogen ebenfalls ein Holztragwerk an zwei gegenüberstehenden Holzmasten ein, ordnet man sonst das windschiefe Kettenwerk im Regelfall bogenaußen an einem Mast an.

In größeren Stationen verwendet der Kreis I Seiljoch der regionalen Bauart (s. 14.6.2.1.), in kleineren Stationen wie im Kreis II Fischbauchträger, Kreis III in den Stationen der Strecken Zürich Oerlikon - Wettingen und Winterthur - Neuhausen Querseilaufhängung mit 2 Quertragseilen und 2 spannungsführenden Richtseilen ähnlich der BBÖ-Bauart (s. 13.6.2.1.), in den kleinen Stationen zwischen

³³⁴ SBB Bauabteilung Kreis III Elektrische Anlagen, Nr. F.2902 a.

³³⁵ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 2, Frauenfeld 1949, S. 274.

Wil (SG) und Wattwil nach Mitteilung des Elektromeisters Gossau (SG) ein Quertragwerk aus Holz über 2 Gleise.

Die Nachspannvorrichtung besteht aus einem als "Radschere" bezeichneten Flaschenzug mit der Übersetzung 1 : 3³³⁶ anstelle der bislang üblichen Nachspannvorrichtung der Übersetzung 1 : 2.

Für die 1944 bis 1951 elektrifizierten Strecken verwendet man einheitlich bei den Stützpunkten der freien Strecke in der Geraden waagerechte Rohrausleger mit Stützstrebe und einem Stabisolator für die Tragisolation, für die Seitenisolation die aus Stütz- und Diabolo-Isolator bestehende Kombination. Bei Stützpunkten im Gleisbogen bogenaußen hängt das windschiefe Kettenwerk über einen Stabisolator und einen kurzen waagerechten Ausleger direkt am Mast, bogeninnen an einem waagerechten Ausleger mit Ankerdraht. An der Fahrleitungsmontage ist bemerkenswert, daß die auf Betonsockeln befestigten Holzmasten mit vormontiertem Stahlrohrausleger und Seitenisolation gestellt wurden.³³⁷

In Stationen sieht das Montagebuch Fischbauchträger mit einem als Querspanner bezeichneten unteren Richtseil vor; sowohl für die Trag- als auch für die Seitenisolation verwendet man die aus Stütz- und Diabolo-Isolator bestehende doppelte Isolation. Nur der Kreis I sieht in verschiedenen größeren Stationen Seiljoche der regionalen Bauart vor: Payerne, Murten, Aarberg. Bei Nachspannung und Streckentrennung baut man bei den Zwischenstützpunkten kurze Fischbauchträger an 2 Masten ein.

Schließlich erhielt die Güterzugstrecke Genève - La Praille diese Bauart 1951 als provisorische Fahrleitung³³⁸, was auch andernorts bei Umbauten geschah³³⁹. Nach Mitteilung der Kreisdirektion I überspannte man in La Praille zunächst nur 2 oder 3 Gleise. Bei der Elektrifizierung der Verbindungslinien Vernier-Meyrin - Châtelaine - La Praille und Genève - La Praille mit 1500 V Gleichspannung erhielt das mit 15 kV 16 2/3 Hz elektrifizierte Gleis 1959 die definitive Ausrüstung mit Fischbauchträgern für beide Stromsysteme³⁴⁰.

1960 begann man zwischen Auvernier und Les Verrières mit dem Ersatz der Holzmasten³⁴¹ unter Beibehaltung der Rohrausleger. 1963 notieren die SBB³⁴²: "Die anlässlich der Elektrifizierung der Strecke Winterthur - Neuhausen (1942/

³³⁶ SBB GD Zeichnung bz 3023.

³³⁷ SBB, 37 (1960), Heft 5, S. 6.

³³⁸ SBB, 36 (1959), Heft 10, S. 8 f.

³³⁹ SBB, 39 (1962), Heft 10, S. 15.

³⁴⁰ SBB, 36 (1959), Heft 12, S. 11;

SBB, 39 (1962), Heft 9, S. 8 f.

³⁴¹ SBB, 37 (1960), Heft 9, S. 12.

³⁴² SBB, 40 (1963), Heft 8, S. 14.

43) errichteten Beton- und Holztragwerke wurden wegen Fäulnis und großen Unterhaltsaufwandes durch eiserne Tragwerke ersetzt. Zuzufolge Kupfermangels waren damals die Nebengleise mit Eisenfahrdrabt und die Strecken- und Hauptgleise der Stationen mit Kupferpanzerdraht (Eisendraht mit Kupferpanzer) ausgerüstet worden. Beim gegenwärtigen Umbau wurden alle diese Fahrleitungen durch solche aus Kupferdraht ersetzt." 1971 verschwanden auf der Strecke Eglisau - Stein-Säckingen die letzten Holzmasten³⁴³, im gleichen Jahr begann man mit der Normalisierung der Fahrleitung Zürich Seebach - Wettingen³⁴⁴. Während der Kreis III beim Fahrleitungsumbau die vorhandenen Rohrausleger mit Stabisolatoren beibehielt, bauten die Kreise I und II, von Auvernier - Les Verrières abgesehen, neue Profilausleger mit Stützstrebe ein. Umgekehrt ist die Querseilaufhängung im Kreis III von den Strecken Zürich Oerlikon - Wettingen und Winterthur - Neuhausen verschwunden, während die Seiljoche des Kreises I noch vorhanden sind. 1986 ist die ursprüngliche Kriegsbauart nur noch auf der Strecke Fribourg - Payerne weitgehend unverändert erhalten.

14.7.4. Entwicklung nach 1950

14.7.4.1. Privatbahnbauarten der 5. Generation

1964	LSE	Hergiswil - Stansstad (Neubaustrecke)
1964	LSE	Stansstad - Engelberg (Umbau)
1965	MThB	Wil (SG) - Kreuzlingen
1966	WM	Wohlen - Fahrwangen-Meisterschwanden (Umbau)
1982	FO	Oberwald - Realp (Neubaustrecke)

Nur über die neue Fahrleitung der WM³⁴⁵ ist eine Beschreibung veröffentlicht worden, über die Ausrüstung der übrigen Strecken nur allgemein gehaltene Ausführungen; Angaben der betreffenden Eisenbahnverwaltungen sind die wesentliche Quelle.

- Z 14.7.4.1./1 In allen Fällen verwendet man ein aus fest abgespanntem Tragseil und nachgespanntem Fahrdrabt bestehendes Kettenwerk, das bei der FO immer lotrecht, ansonsten in der Geraden der freien Strecke und in Stationen lotrecht, im Gleisbogen der freien Strecke außerhalb von Nachspannung oder Streckentrennung windschief verlegt ist. Sah man bei der WM noch 50 mm² Stahltragseil und 85 mm² Kupferfahrdrabt vor, notiert die FO 50 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil und 107 mm² Kupferfahrdrabt. Für die Trag- und Seitenisolation verwendet man bei 15 kV Nennspannung den fünfschirmigen Isolator, bei 11 kV die vierschirmige Ausführung.
- Z 14.7.4.1./3
- Z 14.7.4.1./4

³⁴³ SBB, 48 (1971), S. 112.

³⁴⁴ SBB, 48 (1971), S. 130.

³⁴⁵ 50 Jahre Wohlen-Meisterschwanden-Bahn 1916-1966, Fahrwangen 1966, S. 77 ff.

Sowohl auf freier Strecke als auch in Stationen sieht man Breitflanschträger vor: bei LSE, MThB und WM als Einsetzmasten, bei FO als Aufsetzmasten. Entsprechend der Tradition von Furrer & Frey sind die Stützpunkte der Geraden der freien Strecke bei FO, LSE, WM mit gespreiztem Ausleger, bei der von Kummeler & Matter ausgerüsteten MThB mit aus Stahlrohren hergestelltem waagerechten Ausleger mit Stützstrebe ausgebildet. Aus der Auslegerform kann man jedoch nicht unbedingt auf die Herstellerfirma schließen: So baute beispielsweise 1985 Kummeler & Matter die Station Segnas der FO unter Verwendung von Spreizauslegern aus.

Z 14.7.4.1./7

Z 14.7.4.1./2

In Stationen montiert man als Quertragwerk meist Fischbauchträger (LSE, MThB, WM), die FO Kastenträger (J-Joch mit parallelen Enden), verschiedentlich Ausleger über 2 Gleise (FO, LSE, WM), LSE auch Einzelmastausrüstung. Bei Überführungen spannt man das Trageil meist fest ab, nur bei der FO führt man dieses durch. MThB und WM weisen keine Tunnels auf; bei FO und LSE führt man in Tunnels das Trageil durch.

Z 14.7.4.1./5

F 14.7.4.1./1

Z 14.7.4.1./12

Z 14.7.4.1./10

Z 14.7.4.1./11

F 14.7.4.1./2

Nur die LSE weist zweifeldrige Nachspannungen auf, FO, MThB, WM die dreifeldrige Ausführung, in allen Fällen mit Abspannmasten. Bei FO, MThB, WM ist die Streckentrennung in der Geraden dreifeldrig, im Gleisbogen vierfeldrig ausgebildet; die LSE ersetzt Streckentrennungen durch Streckentrenner.

Z 14.7.4.1./6

Beim Doppelspurausbau der Teilstrecke Chur - Reichenau-Tamins der RhB 1958 bis 1961 sah man auf freier Strecke Stützstrebenjoche mit Hängestützen und Bogenabzüge im Gleisbogen vor, in Stationen Fischbauchträger. Zur Überfuhr normalspuriger Güterwagen erhielt das eine Gleis zwischen Chur und Domat/Ems eine dritte Schiene.³⁴⁶ Diesen Normalspurbetrieb führt man mit SBB-Triebfahrzeugen durch, weshalb dort die Fahrleitung sowohl entsprechend den Normen der RhB als auch jenen der SBB reguliert sein muß. Die 1970 auf Doppelspur ausgebaute Teilstrecke Oberburg - Hasle-Rüegsau der EBT weist bei allen Stützpunkten Fischbauchträger mit Hängesäulen auf.³⁴⁷

Es fällt auf, daß die in den sechziger Jahren auf elektrischen Betrieb mit 15 kV 16 2/3 Hz umgestellten schweizerischen Privatbahnen im Gleisbogen der freien Strecke windschiefe Fahrleitung aufweisen, während die FO diese seit Jahrzehnten in der Schweiz eingeführte Bauart sowohl beim Bau des Furka-Basis-Tunnels als auch bei der von P. Maurer³⁴⁸ dargestellten technischen Sanierung der FO weitgehend verlassen hat.

³⁴⁶ SBB, 37 (1960), Heft 4, S. 10 f.

³⁴⁷ VST Revue, 27 (1971), Heft 3, S. 15.

³⁴⁸ SER, 5 (1982), S. 77 ff.

Als erste normalspurige schweizerische Privatbahn hatte die BT 1931/32 im Gleisbogen der freien Strecke überall die windschiefe Fahrleitung einbauen lassen (s. 14.7.1.). Eine Dienstvorschrift der BT³⁴⁹ schreibt 1956 unter "Einschränkungen im Verkehr von Triebfahrzeugen" vor: "Mit Rücksicht auf die leichte Bauart unserer windschiefen Fahrleitung dürfen nie die benachbarten Stromabnehmer zweier Triebfahrzeuge verwendet werden. Wenn die Zugslok nicht belastungshalber oder zur Speisung der Zugheizung arbeiten muß, so sind deren Stromabnehmer zu senken. Das Heben von Stromabnehmern während der Fahrt im Bereiche von Weichen ist verboten. Die Stromabnehmer einer zweiten Lok dürfen nur im Stillstand gehoben werden."

Nach Mitteilung der BT ersetzte man ab 1970 die vorhandene aus 35 mm² Stahltragseil und 85 mm² Kupferfahrdraht bestehende Fahrleitung durch ein aus 50 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil und 107 mm² Kupferfahrdraht bestehendes Kettenwerk, das auch im Gleisbogen lotrecht ohne Bogenabzüge verlegt ist.

Nach der BT hatte die EBT/SMB-Gruppe 1932/33 die windschiefe Fahrleitung einbauen lassen. Im Gegensatz zur BT führte man dort keinen Totalumbau durch, sondern baute nach Mitteilung der EBT ab etwa 1974 die vorhandene windschiefe Fahrleitung lotrecht um, indem man in der Mitte zwischen den vorhandenen Masten längere Breitflanschträger für die Hauptstützpunkte mit gespreiztem Ausleger neu gründete und die bestehenden kürzeren Masten mit Bogenabzügen als Zwischenmasten weiterverwendete.

Nach Mitteilung der Firma Kummler & Matter gingen die genannten Bahngesellschaften noch aus einem anderen Grund im Gleisbogen von der windschiefen zur lotrechten Fahrleitung über: Während in der Vorkriegszeit bei Elektrifizierungsarbeiten die Kosten für das Material die Personalkosten überwogen, ist es heute umgekehrt. Da Montage, Unterhalt und Störungsbeseitigung einer lotrechten Fahrleitung in kürzerer Zeit und mit weniger Personal durchzuführen sind als bei der windschiefen Bauart und betriebliche Einschränkungen entfallen, schreiben die genannten schweizerischen Privatbahnen bei Um- oder Neubauten im Gleisbogen grundsätzlich die lotrechte Fahrleitung vor. Andere Bahngesellschaften lassen im Gleisbogen soweit möglich lotrecht, nur in Ausnahmefällen windschief bauen, so bei engen Krümmungsradien von Schmalspurbahnen im Gebirge, wo es oft schwierig ist, für die bei lotrechter Fahrleitung erforderlichen dicht aufeinanderfolgenden Masten geeignete Standorte zu finden. Seit etwa 1984 baut die FO auch in solchen Fällen grundsätzlich lotrecht. Schließlich gibt es weiterhin schweizerische Privatbahnen, die bei Um- oder Neubauten im Gleisbogen windschiefes Kettenwerk einbauen

Z 14.7.4.1./8

Z 14.7.4.1./9

³⁴⁹ Bodensee-Toggenburgbahn. Anhang zum Reglement über den Fahrdienst Ausgabe Juni 1956, Ziffer 5.

lassen, so z. B. die SOB durch Furrer & Frey, da sich nach Überzeugung der Bahnverwaltung bei Krümmungsradien von weniger als 400 m der Einbau der windschiefen Fahrleitung weiterhin lohnt.

14.7.4.2. Abschluß der Elektrifizierung der SBB

1953	SBB	Sissach - Läuelfingen - Olten
1954	SBB	Collombey-Muraz - St-Gingolph CFF
1956	SBB	Les Verrières - Staatsgrenze bei Les Verrières de Joux
1956	SBB	Basel SBB PB - Eigentumsgrenze bei Basel Bad Bf
1956	SBB	Basel SBB RB - Gellert (- Basel Bad Bf)
1958	SBB	Eigentumsgrenze bei Basel Bad Bf - Basel Kleinhüningen Hafen
1960	SBB	Oberglatt - Niederweningen
1960	SBB	Cadenazzo - Staatsgrenze bei Pino
1961	SBB	Basel SBB RB - Birsfelden Hafen
1962	SBB	Kreuzlingen - Konstanz
1965	SBB	Balerna - Chiasso Smistamento (Neubaustrecke)
1968	SBB	Courtemaîche - Bure (Neubaustrecke)
1969	SBB	Zürich Altstetten - Zürich Oerlikon (Neubaustrecke)
1969	SBB	Kreuzlingen Hafen - Konstanz

Für diese Strecken gelten wieder die Technischen Daten der Fahrleitungsanlagen der SBB (s. 14.6.2.), insbesondere verwendet man im Hauptgleis festes 50 mm² Stahltragseil und nachgespannten 107 mm² Kupferfahrdrabt für das Kettenwerk von 2,5 m Systemhöhe. Dieses ist grundsätzlich lotrecht, im Gleisbogen eingleisiger Strecken außerhalb Nachspannungen oder Streckentrennungen bis 1960 windschief verlegt. Auf eingleisigen Strecken baut man in der Geraden meist den waagerechten Profilausleger mit Stützstrebe und dreischirmigem Stützisolator, vereinzelt auch den waagerechten Ausleger mit Stützstrebe aus Stahlrohren und Stabisolator als Hängeisolation³⁵⁰ von der Kriegsbauart ein (Collombey-Muraz - St-Gingolph CFF, Zürich Altstetten - Hard), jedoch grundsätzlich an Breitflanschträgermasten. Die Seitenisolation ist weiterhin doppelt aus Stütz- und Diabolo-Isolator ausgebildet. Die bis 1960 verwendete windschiefe Fahrleitungskette hängt man über einen Stabisolator an einer am Stahlmast befestigten Konsole auf.³⁵¹ Seither bauen die SBB auch auf eingleisigen Strecken im Gleisbogen nur lotrechtes Kettenwerk ein. Nach Mitteilung des Elektromeisters Muttenz überspannte man die Strecke Basel SBB RB - Birsfelden Hafen nur mit lotrechtem Kettenwerk, mit Bogenabzügen an Zwischenmasten im Gleisbogen. Sowohl auf mehrgleisigen Strecken als auch in Stationen verwendet man Fischbauchträger³⁵²; als Tragisolation

³⁵⁰ SBB GD, Zeichnung A 33.002a.

³⁵¹ SBB GD, Zeichnung A 33.007a.

³⁵² SBB GD, Zeichnung A 33.022.

sieht man hier entweder dreischirmige Stützisolatoren oder die aus zwei Stütz- und einem Diabolo-Isolator bestehende Doppelisolation vor, als Seitenisolation die aus Stütz- und Diabolo-Isolator bestehende Doppelisolation. Nachspannung und Streckentrennung sind dreifeldrig mit Abspannmasten ausgeführt.

Seit Anfang der siebziger Jahre bauen auch die SBB die windschiefe Fahrleitung lotrecht um, so aus besonderem Anlaß die Emmentallinie Gümligen - Langnau - Gütisch (- Luzern). Nach dem einpoligen Schaltschema des SBB-Netzes aus dem Jahre 1949³⁵³ belieferte einerseits das Unterwerk Emmenbrücke die Emmentallinie mit elektrischer Energie, zusätzlich speiste das Unterwerk Burgdorf über einen Reguliertransformator und eine etwa 22 km lange Speiseleitung in Langnau ein. Das im Zusammenhang mit den von J. Wettler³⁵⁴ und P. Schaaf³⁵⁵ beschriebenen Maßnahmen zur Verbesserung der Energieversorgung der SBB errichtete Unterwerk Wylerfeld ermöglicht eine Verkürzung des Abstands der an den Endpunkten speisenden Unterwerke auf etwa 92 km, dennoch war der Spannungsabfall auf der Emmentallinie mit Steigungen bis 20 Promille zu groß. Da die vorhandenen Masten im Gleisbogen für eine aus 95 mm² Kupferseil bestehende Speiseleitung nicht bemessen sind, stellte man nach Mitteilung der GD SBB die neuen Breitflanschträgermasten in die Mitte zwischen die vorhandenen Masten als Stützpunkte der Speiseleitung und Hauptstützpunkte der lotrecht umgebauten Fahrleitung. Je nach Mastlänge erhielten die vorhandenen Masten entweder waagerechte Ausleger oder wie bei der EBT Bogenabzüge. Auf anderen Strecken haben die SBB auch schwebende Bogenabzüge am Erdseil eingebaut. Nach einer schematischen Netzkarte der SBB aus dem Jahre 1980³⁵⁶ ist die windschiefe Fahrleitung inzwischen von vielen Teilstrecken der SBB verschwunden, auf denen sie ursprünglich eingebaut war.

Z 14.4./4

14.8. Einheitsbauarten der SBB

Wie bereits dargelegt, erhielten die während des Zweiten Weltkriegs ab 1944 ausgerüsteten SBB-Strecken in allen drei Kreisen die gleiche Fahrleitungsausrüstung (s. 14.7.3.2.). In Friedenszeiten zeigte sich der föderalistische Geist wieder stärker: Bei den in den fünfziger Jahren verwirklichten Doppelspurbauten montierte der Kreis I zwischen Fribourg und Romont die regionale Fahrleitungsbauart mit 100 m Spannweite (s. 14.6.2.1.), der Kreis II zwischen Solothurn und Olten sowie Giubiasco und Cadenazzo Auslegermasten, schließlich der Kreis III zwischen Lachen

³⁵³ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 2, Frauenfeld 1949, Beilage J.

³⁵⁴ ETR, 16 (1967), S. 21 ff.

³⁵⁵ EB, 48 (1977), S. 22 ff., 50 ff.

³⁵⁶ SBB Bau GD/F1 Nr. 1671.0000.0001, Stand 31.03.1980.

und Ziegelbrücke bzw. Sargans und Bad Ragaz die herkömmliche Bauart mit Stützstrebenjochen (s. 14.6.3.) ein. Dennoch gab es in den fünfziger und sechziger Jahren Anstöße, die von 1925 bis 1960 im wesentlichen die gleichen konstruktiven Merkmale aufweisenden Fahrleitungsbauarten der drei Kreise zu überdenken und geänderten Anforderungen anzupassen. Hierfür nahm man die Fahrleitungsbauart der Kreise II und III mit 60 m Längsspannweite als Ausgangspunkt.

14.8.1. Konstruktive Weiterentwicklung der Fahrleitungsbauart der Kreise II und III

14.8.1.1. Weiterentwicklung für höhere Geschwindigkeiten im Kreis I

1957	SBB	La Neuveville - Ligerz	(Doppelspurausbau)
1958	SBB	Grandson - Onnens-Bonvillars	(Doppelspurausbau)
1962	SBB	Brügg (BE) - Madretsch	(Doppelspurausbau)
1963	SBB	Madretsch - Biel	(Doppelspurausbau)
1964	SBB	Lausanne - Renens (VD)	(Dreigleisiger Ausbau)
1964	SBB	Buswil - Brügg (BE)	(Doppelspurausbau)
1967	SBB	Sierre - Salgesch	(Doppelspurausbau)
1968	SBB	Sion - St-Léonard	(Doppelspurausbau)
1970	SBB	St-Léonard - Granges-Lens	(Doppelspurausbau)
1971	SBB	Bussigny - Denges-Echandens	(Neubaustrecke)

Die Änderung der Verwaltungsorganisation der SBB von 1924 hatte dazu geführt, daß die Kreisdirektion I die Teilstrecken Aesch - Delémont - Moutier, Lengnau - Biel, Zollikofen - Bern und Bern - Thun vom früheren Kreis II (Basel) samt den zugehörigen Fahrleitungen übernahm.

Über die Fahrleitung der Strecke Bern - Thun sagen E. Aebi und J. Aeschlimann³⁵⁷ aus: "Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden an den Fahrleitungen erstmals grössere Arbeiten ausgeführt. So wurden in den Jahren 1948 bis 1952 die Holzmasten ersetzt und anfangs der sechziger Jahre der Fahrdraht ausgewechselt." Nach einer 1947 veröffentlichten Abbildung³⁵⁸ muß der Ersatz der Holzmasten durch Breitflanschträger bereits vor dem genannten Zeitpunkt begonnen haben. Weiter handelt es sich nicht nur um einen Ersatz von Holzmasten, sondern um einen Neubau der Fahrleitung der freien Strecke zwischen Wylerfeld und Thun unter Weiterverwendung der einfeldrigen Nachspannung bzw. Streckentrennung mit Abfangjochen (s. 14.5.2.3.). Hierzu übernahm der Kreis I die Fahrleitungsbauart der Kreise II und III mit 60 m Längsspannweite. Die Auslegermasten weisen doppelte Stütz- und Seitenisolation auf, im Gleisbogen verwendet man beim Hauptstützpunkt bogeninnen Rüsselausleger, diese auch bei Zwischenmasten mit Bogenabzügen im Gleisbo-

³⁵⁷ SBB im Aaretal, Luzern 1984, S. 59.

³⁵⁸ SBB, 24 (1947), S. 99.

gen. Um 1960 erhielten die Hauptstützpunkte angelenkte Stahlrohr-Seitenhalter.

F 14.8.1.1./1 Nach Mitteilung der Kreisdirektion I baute man in den fünfziger Jahren die Fahrleitung der freien Strecke zwischen Granges-Lens und Brig um; die Fahrleitung mit Holzmasten zwischen Sion und Granges-Lens (s. 14.6.2.1.) verschwand erst beim 1968 bzw. 1970 verwirklichten Doppelspurausbau. Auch im Oberwallis montierte man die Fahrleitungsbauart der Kreise II und III mit 60 m Längsspannweite und Auslegermasten, beim Stützpunkt L der Geraden mit angelenktem Stahlrohr-Seitenhalter. Auf eingleisigen Streckenabschnitten behielt man die Holzmasten auf Betonsockeln als Zwischenmasten mit Bogenabzügen bei, bei Doppelspur sah man Bogenabzüge an einem Rüsselausleger vor. In Stationen ersetzte man die Seiljoche teilweise durch Fischbauchträger. Von der Inbetriebnahme der elektrischen TEE-Züge im Jahre 1961 an verkehrten diese auf den Abschnitten Granges-Lens - Sierre und Visp - Brig unter dieser Fahrleitung mit 140 km/h.³⁵⁹

F 14.8.1.1./2 Weiter versuchte der Kreis I, durch den Einbau eines 18 m langen Y-Beiseils an den Hauptstützpunkten der Fahrleitung mit 60 m bzw. 100 m Spannweite den Stromabnehmerlauf zu verbessern. Versuchsweise baute man jeweils die Fahrleitung eines Gleises der freien Strecke zwischen Biel Mett und Pieterlen bzw. Châteauneuf-Conthey und Sion in dieser Weise um. Beide Abschnitte sind seit Jahren normalisiert.

F 14.8.1.1./3 Die weitere Entwicklung läßt sich beim mehrgleisigen Ausbau von Strecken des Kreises I verfolgen. Sah man 1957 beim Doppelspurausbau La Neuveville - Ligerz noch die im Oberwallis verwendete Bauart vor, weist der im folgenden Jahr in Betrieb genommene zweigleisige Abschnitt Grandson - Onnens-Bonvillars verschiedene Verbesserungen auf: Das Kettenwerk mit dichterem Hängerteilung ist über Stützisolatoren auf Auslegermasten gelagert. An allen Stützpunkten verwendet man angelenkte Stahlrohr-Seitenhalter, wobei die Seitenisolation doppelt ausgeführt ist. Man sieht nur noch Hauptstützpunkte vor und verzichtet im Gleisbogen auf Bogenabzüge. Auf freier Strecke verwendet man nur bei den Zwischenstützpunkten von Nachspannung und Streckentrennung Fischbauchträger. Bei den folgenden Doppelspurbauten behielt man diese Aufhängung des Kettenwerks bei, ersetzte jedoch die Ausleger durch Fischbauchträger. H. Merz³⁶⁰ schreibt über die Ende der fünfziger Jahre verwirklichten Verbesserungsmaßnahmen: "Auch bei unseren Anlagen sind noch Verbesserungen möglich, zum Beispiel durch Erhöhung des mechanischen Fahrdrahtzuges, durch Änderung der Draht-

F 14.8.1.1./4

³⁵⁹ SBB, 38 (1961), Heft 6, S. 14.

³⁶⁰ Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J., S. 46.

aufhängung und entsprechende Regulierung der Fahrdrahtaufhängung."

Aber nicht nur beim mehrgleisigen Ausbau von Strecken, so beim Bau des dritten Gleises Lausanne - Renens³⁶¹, erneuerte der Kreis I die Fahrleitung, sondern auch auf vorhandenen zweigleisigen Strecken. A. Fontolliet³⁶² sagt hierzu 1961: "Im Hinblick auf die allgemeine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten werden nach und nach die ursprünglich auf 100 m bemessenen Abstände der Fahrleitungsmasten auf 60 m vermindert." 1963 begründet A. Marguerat³⁶³ diese Maßnahme näher: "Im Kreis I wurden bei der Elektrifizierung aus Ersparnisgründen Fahrleitungs-Mastabstände von 100 m gewählt. Heute müssen die Abstände auf 60 m verringert werden, um die Einhaltung höherer Fahrgeschwindigkeiten zu gewährleisten." Gleichzeitig schreibt A. Fontolliet³⁶⁴ zum normalen Bauprogramm des Kreises I: "Die bei der Elektrifizierung des Bahnnetzes erstellten Fahrleitungen waren für Höchstgeschwindigkeiten von 100 km/h gedacht. Da heute die meisten Züge mit 125 km/h verkehren - vereinzelt dürfen sogar mit 140 km/h fahren -, erweist sich die Anpassung der Fahrleitungen als unumgänglich. Sie besteht in der Verkürzung der Spannweiten von 100 auf 60 m und in der Vermehrung der Leitungsabschnitte." Vermutlich ist mit letztgenannter Aussage eine Verkürzung der Nachspannlänge gemeint.

Besonders auf der Strecke Lausanne - Genf, die seit der Inbetriebnahme der Re 4/4 I-Lokomotiven von Leichtschnellzügen fast durchgehend mit 125 km/h befahren wird, setzte man im Hinblick auf eine Anhebung der Streckengeschwindigkeit auf 140 km/h die Spannweite auf 60 m herab.³⁶⁵ Nach Mitteilung der Kreisdirektion I baute man hierzu bei Allaman die alte Fahrleitung provisorisch um, indem man anstelle der Zwischenmasten in Feldmitte Holzmasten mit einem Fischbauchträger stellte, wodurch sich die Spannweite auf 50 m verminderte.

1971 stellt R. Delisle³⁶⁶ in einem Aufsatz über die festen Anlagen der Simplonlinie zum Umbau der Fahrleitungen fest: "Der Mastabstand von 100 m erwies sich als unzweckmäßig, weil die grosse Elastizität der Leitung bei höheren Geschwindigkeiten das Abspringen der Stromabnehmerwippe begünstigt. Dadurch leiden die Schleifstücke und die entstehenden Lichtbogen bewirken Störungen im Funkverkehr. Die rapide Zunahme der Zuglasten und die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit von 100 auf 125 km/h im Jahre 1945 zwangen zur entsprechenden Anpassung der Fahrleitung. Die Mastab-

³⁶¹ SBB, 37 (1960), Heft 6, S. 8.

³⁶² SBB, 38 (1961), Heft 3, S. 4.

³⁶³ SBB, 40 (1963), Heft 10, S. 6.

³⁶⁴ SBB, 40 (1963), Heft 10, S. 21.

³⁶⁵ SBB, 52 (1975), S. 146.

³⁶⁶ SBB, 48 (1971), S. 210.

stände wurden von 100 m auf 60 m reduziert, die Aufhängung verbessert und die Nachspannung der Kontaktleitung geändert. Diese Arbeiten sind etwa auf der Hälfte der Doppelspur vollendet und schaffen die Voraussetzung für das Fahren mit 140 km/h bei allerdings begrenzter Stromaufnahme. Die neuerdings verbreitete Verwendung von Lokomotiven hoher Leistung - oft noch in Doppeltraktion - hat zur Folge, dass auch die umgebaute Fahrleitung den Ansprüchen nicht mehr voll genügt. Bei kommenden Umbauten soll deshalb die an anderer Stelle beschriebene R-Fahrleitung eingeführt werden ..."

Unter der Fahrleitung mit 100 m Längsspannweite des Kreises I, der Fahrleitungsbauart der Kreise II und III mit 60 m Spannweite und der seit den fünfziger Jahren gebauten Fahrleitung des Kreises I mit 60 m Spannweite sind bei Doppeltraktion Geschwindigkeiten von mehr als 125 km/h nicht zulässig.

14.8.1.2. Weiterentwicklung für höhere Stromstärken in den Kreisen II und III

In einem Bericht³⁶⁷ stellt die GD SBB 1967 fest: "Das Verkehrsvolumen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. An die Fahrleitungen werden heute und in Zukunft höhere Anforderungen als früher gestellt. Die Strombelastung ist stark angestiegen. Es werden vermehrt Triebfahrzeuge hoher Leistung für 140 km/h mit grossem Beschleunigungsvermögen eingesetzt. Der Energiekonsum und der Leistungsbedarf haben sich entsprechend rasch gesteigert. Der ursprünglich gewählte Fahrdrabtquerschnitt von 107 mm² Cu für 600 A bot früher eine reichliche Reserve. Heute werden auf gewissen Strecken über 1000 A erreicht. Auf der Gotthardstrecke mußte 1960/61 eine verstärkte Fahrleitung mit einem Fahrdrabt von 150 mm² Cu und einem Tragseil von 92 mm² St/Cu (85 mm² Cu) eingebaut werden."

Z 14.8.1.2./1 Diese Aussagen über die Betriebsstromstärken sind zu präzisieren. Nach einem Strom-Temperatur-Diagramm der SBB³⁶⁸ ist bei einer Umgebungstemperatur von +40°C, einer höchstzulässigen Leiterendtemperatur von +80°C bei leichtem Wind von 0,6 m/s und 30 Prozent abgenutztem Fahrdrabt für das aus 50 mm² Stahltragseil und 107 mm² Kupferfahrdrabt bestehende Kettenwerk eine Dauerstromstärke von 410 A zulässig, etwa 600 A, wenn zusätzlich eine Verstärkungsleitung aus 95 mm² Kupferseil vorhanden ist. Unter den gleichen Bedingungen beträgt die Dauerstromstärke für das aus 92 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil und 150 mm² Kupferfahrdrabt bestehende Kettenwerk 750 A.

³⁶⁷ SBB Bau GD-Fl Bericht Nr. B 99.001 vom 31.05.1967.

³⁶⁸ SBB GD, Zeichnung 0412.0000.0011.

Während ein Beitrag zum hundertjährigen Jubiläum der Gotthardstrecke³⁶⁹ nur kurz hierauf eingeht, stellt P. Schaaf³⁷⁰ den Umbau ausführlich dar. Der Anstieg der Zugzahlen am Gotthard (1950: 102 Züge, 1968: 189 Züge) führte nicht nur zu höheren Primärströmen, sondern brachte es mit sich, daß während der ganzen 24 Stunden eines Tages keine Zugpausen von mehr als 30 Minuten vorhanden sind, die für Unterhaltungsarbeiten genutzt werden könnten. M. Rietmann³⁷¹ beschreibt das Sonderprogramm zur Leistungssteigerung am Gotthard, das insbesondere den Selbstblock für eine Zugfolge von 3 Minuten und den Gleiswechselbetrieb vorsieht. Nur dank des inzwischen durchgehend von Erstfeld bis Biasca eingeführten Gleiswechselbetriebs können die festen Anlagen der Gotthardstrecke unterhalten und erneuert werden. Der Umbau der Fahrleitung am Gotthard sollte nicht nur höhere Stromstärken, sondern sowohl auf freier Strecke als auch im Tunnel auch bei einspurig ausgeschalteter Fahrleitung einen rationellen Unterhalt ermöglichen.

Waren schon bisher die Gleise der freien Strecke elektrisch getrennt, unterteilte man auch die Stations-Fahrleitungen sowohl längs als auch quer, um die vorhandene Gleisanlage auch bei Fahrleitungsarbeiten optimal nutzen zu können. Auf freier Strecke der Gotthardnordseite trennte man auf freier Strecke konsequent mechanisch die Fahrleitung der beiden Streckengleise. Zunächst baute man an den aus Kostengründen soweit möglich beibehaltenen Masten anstelle der Joche waagerechte Ausleger mit doppelter Seitenisolation am Mast ein. Da für das Besteigen des Mastes bei eingeschalteter Fahrleitung zur Erneuerung des Deckanstrichs jeweils ein provisorischer Schutzkorb an der Seitenisolation angebracht werden mußte, sah man beim Stützpunkt K eine am Ausleger montierte Hängesäule für die Seitenisolation, beim Stützpunkt L Rüsselausleger vor; für die Trag- und die Seitenisolation verwendet man einheitlich den dreischirmigen Stützisolator. Diese Bauart montierte man auch beim Doppelspurausbau Rotkreuz - Immensee³⁷² und den ersten zweigleisigen Abschnitten der Aargauischen Südbahn³⁷³. Später baute man nördlich des Gotthards und beim weiteren Streckenausbau der Aargauischen Südbahn³⁷⁴ eine nach dem Erfinder als "Affolter-Ausleger" oder allgemein als "Kreis II-Ausleger" bezeichnete Konstruktion ein, die dem Ende eines Fischbauchträgers ähnelt. Eine als "Einsatzbogen" bezeichnete gewinkelte Hängestütze läßt sich sowohl beim Stützpunkt K als auch beim Stützpunkt L an diesem Ausleger befestigen, wodurch

F 14.8.1.2./1

Z 14.8.1.2./2

F 14.8.1.2./2

F 14.8.1.2./3

³⁶⁹ SBB, 59 (1982), S. 87.

³⁷⁰ SBB, 47 (1970), S. 182 ff.

³⁷¹ SBB, 48 (1971), S. 163 ff.

³⁷² SBB, 39 (1962), Heft 11, S. 10 f.;

SBB, 40 (1963), Heft 9, S. 12.

³⁷³ SBB, 42 (1965), Heft 9, S. 10 f.

³⁷⁴ SBB, 45 (1968), Heft 1, S. 4 f.;

SBB, 49 (1972), S. 236 f.

alle spannungsführenden Teile vom Mast entfernt sind. 1980 elektrifizierte die SBB den 1977 in Betrieb genommenen Güter- und Huckepackbahnhof Lugano Vedeggio³⁷⁵ mit der Zufahrtslinie ab der Station Taverne-Torricella mit den gleichen Tragwerken, in Lugano Vedeggio mit Auslegern über 2 Gleise und Einsatzbogen³⁷⁶.

Südlich des Gotthards ersetzte man dagegen die vorhandenen Joche im Regelfall durch Fischbauchträger mit Hängestützen, teilweise mit Einsatzbogen, dies auch bei Neubauten oder größeren Umbauten im Tessin.³⁷⁷

Auf den Stationen montierte man anstelle der vorhandenen Jochkonstruktionen mit Untergurt Fischbauchträger, an denen zuerst Hängestützen, später Einsatzbogen befestigt wurden; hierbei ersetzte man die Querspanndrähte mit zwischengeschalteter Isolation durch Seitenisolationen.

Da die unter Hochspannung stehenden waagerechten Traversen der alten Tunneltragwerke von einer Tragwerkshälfte bis nahe an das Lichtraumprofil des Nachbargleises reichten, ersetzte man diese Tragwerke durch das vereinfachte Tunneltragwerk Type Süss (s. 14.6.2.1.).

Z 14.8.1.2./3

Die Nachspannlänge verkürzte man von bisher 1500 m auf 800 m, da in einem normalen Arbeitsintervall am Gotthard keine größere Drahtlänge eingebaut werden kann. Als Folge der geringen temperaturabhängigen Wanderung des Fahrdrachts konnte man kürzere und damit leichtere Seitenhalter verwenden. Bei dreifeldriger Nachspannung und Streckentrennung mit Abspannmasten traten bei dem 150 mm² Kupferfahrdracht in den Nachspannfeldern bei dem in Richtung Nachspanngewicht abgehenden Fahrdracht Schwierigkeiten mit der Längsbeweglichkeit ein. Zur Verbesserung hat man auf Streckenabschnitten, auf denen die Joche ohnehin belassen werden, die Nachspannfelder mit Abfangjochen ausgebildet, was sich vor allem in Nachspannungen und Streckentrennungen in Kurven bewährt hat. Mit Rücksicht auf die vorhandenen Masten ist das Tragseil in dieser Weise fest abgespannt, daß bei -20°C die Zugkraft 6 kN nicht übersteigt, der 150 mm² Fahrdracht ist mit 10 kN nachgespannt. Im Gotthardtunnel ist eine regelmäßig zu überwachende hydraulische Fahrdrachtnachspannung eingebaut.

Die umgebaute Gotthardfahrleitung genügt für die auf den Steilrampenabschnitten zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten auf Talstrecken ist die Stromabnahme bei den vergleichsweise geringen Zugkräften in Tragseil und Fahrdracht nicht mehr einwandfrei. Inzwischen ist auch am Gotthard auf verschiedenen Teilstrecken die R-Fahrleitung eingebaut.

³⁷⁵ SBB, 48 (1971), S. 128 f.; SBB, 54 (1977), S. 131.

³⁷⁶ SBB, 57 (1980), S. 47.

³⁷⁷ SBB, 41 (1964), Heft 2, S. 12.

Andere Gründe bewogen den Kreis III, eine Fahrleitung für hohe Stromstärken zu entwickeln. 1961 sprechen die SBB³⁷⁸ vom "bevorstehenden Ausbau der rechtsufrigen Zürichseelinie". Die Projektbeschreibung³⁷⁹ formuliert ein neues Betriebskonzept der Linie Zürich - Meilen - Rapperswil im 30-Minuten-Takt mit neuem Rollmaterial hohen Beschleunigungsvermögens, wofür die Energieversorgung im Großraum Zürich durch den Bau der Unterwerke Rapperswil und Zürich verbessert werden mußte.³⁸⁰

Mehrfach beschreiben J. Rutschmann und M. Desponds³⁸¹ die erste S-Bahn der SBB mit den dort eingesetzten Triebzügen, weiter P. Winter³⁸²; eine Schrift der SBB³⁸³ notiert detailliert die Ausbauarbeiten. Nach H. Merz³⁸⁴ führten die SBB 1966 Versuche an einem Fahrleitungsmodell bei verschiedenen Belastungen durch, da über die Erwärmung von Fahrleitungen bei wechselnder Strombelastung erst wenige Unterlagen vorhanden waren. Es erwies sich, daß sich die Ströme parallel gehalteter Leiter je nach dem Leitwert unterschiedlich verteilen, wobei der am stärksten erhitze Fahrdraht den höchstzulässigen Strom begrenzt. Bei beispielsweise im Vorortverkehr auftretenden Stromspitzen erwies es sich als zweckmäßiger, einen kleineren Leiterquerschnitt aus wärmebeständigerem Material als einen großen Kupferquerschnitt herkömmlichen thermischen Verhaltens zu verwenden.

Die seit 1926 in Betrieb stehende Fahrleitung der eingleisigen Strecke Zürich - Meilen - Rapperswil bestand aus 50 mm² Stahltragseil, 107 mm² Kupferfahrdraht und 150 mm² Aluminium-Speiseleitung für eine Stromstärke von 600 A, wofür auch die Schalter der Schaltposten in den Stationen ausgelegt waren. Berechnungen für den Betrieb mit Vorortstriebzügen ergaben einen Nennstrom von 1600 A mit Spitzen bis 2500 A entsprechend einem Kupferquerschnitt von 240 mm². Die erneuerte Fahrleitung der rechtsufrigen Zürichseelinie besteht aus 50 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil, 150 mm² silberlegiertem Kupferfahrdraht und einer parallel geführten Verstärkungsleitung aus 95 mm² silberlegiertem Kupferseil. Durch das mit 0,12 bis 0,17 Prozent Silber legierte Elektrolytkupfer sind Endtemperaturen des Kettenwerks von +150°C zulässig. Auf eingleisigen Streckenabschnitten ist entsprechend dem von H. Habich³⁸⁵ wiedergegebenen vereinfachten Prinzipschema für die Speisung der SBB-Fahrleitun-

³⁷⁸ SBB, 38 (1961), Heft 10, S. 14.

³⁷⁹ SBB, 39 (1962), Heft 2, S. 4 f.

³⁸⁰ SBB, 45 (1968), Heft 7, S. 8.

³⁸¹ EB, 42 (1971), S. 15 ff., 32 ff., 55 ff.;
SBZ, 85 (1967), Heft 22, Sonderdruck.

³⁸² JdE, 20 (1969), S. 49 ff.

³⁸³ Die erste Zürcher Schnellbahn, Zürich o. J.

³⁸⁴ ETR, 19 (1970), S. 71 ff.

³⁸⁵ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 2, Frauenfeld 1949, S. 276, Figur 13.

gen eine aus silberlegiertem Kupferseil bestehende Speiseleitung (Hilfsleitung) von 240 mm² so hoch an den Fahrleitungsmasten aufgehängt, daß bei Arbeiten an der geerdeten Fahrleitung die Speiseleitung ohne Gefährdung des Personals für den Energietransport eingeschaltet bleiben darf. Für die Stromrückleitung dient neben den Schienen und der Erde ein an den Masten angebrachtes Erdseil von 240 mm² Kupfer. Während der Fahrdraht mit 12 kN nachgespannt ist, betragen die maximalen Zugkräfte in den fest abgespannten Seilen bei -20°C für das Tragseil und die Speiseleitung je 8 kN, für die Verstärkungsleitung 12 kN.

Für die Kräfte der größeren Leiterquerschnitte war das Tragwerk der alten Fahrleitung zu schwach und mußte erneuert werden. Auf eingleisigen Streckenabschnitten baute man die seit den Kriegselektrifizierungen im Kreis III verwendeten Rohrausleger, bei den Doppelspurinseln und in Stationen Fischbauchträger ein. Während man beim Rohrausleger für die Tragseilisolierung und für die Aufhängung der Speiseleitung Stabisolatoren verwendete, sah man ansonsten für die Trag- und die Seitenisolierung die aus Stütz- und Diabolo-Isolator bestehende Doppelisolierung vor.

14.8.2. Normale Fahrleitung (Typ N)

Im Zusammenhang mit der Darstellung der Parameter einer neuen Fahrleitung für hohe Geschwindigkeiten formuliert H. Merz³⁸⁶: "Die bisherige normale Fahrleitung (Typ N) mit fest verankertem Tragseil ist für Fahrgeschwindigkeiten über 125 km/h wenig geeignet." An anderer Stelle notiert derselbe Verfasser³⁸⁷: "Die Einführung eines neuen Fahrleitungssystems mit nachgespanntem Tragseil bedingt einige konstruktive und bauliche Änderungen gegenüber der bisherigen Ausführung (Typ N) mit festem, nicht nachgespanntem Tragseil." Damit leitet sich die Bezeichnung "N-Fahrleitung" von "caténaire avec câble porteur non régularisé" ab. Es handelt sich zunächst um eine neue Klassifizierung bisheriger Fahrleitungsbauarten der SBB. Eine schematische Netzkarte der SBB aus dem Jahre 1980³⁸⁸ unterscheidet N-Fahrleitung 60 m bzw. 100 m mit den Zusätzen "W" für windschief bzw. "H" für Holzmasten.

Nach Mitteilung der GD SBB entwickelte man 1980 für Nebenlinien eine neue N-Fahrleitung unter weitgehender Verwendung von Bauteilen der R-Fahrleitung. Das Kettenwerk besteht aus festem 50 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil und nachgespanntem 107 mm² Kupferfahrdraht. Beim Stützpunkt der freien Strecke leitet sich der Rohrausleger mit Hängeisolator für das Tragseil von der Kriegsbauart der SBB ab (s. 14.7.3.2.). Der Seitenhalter liegt grundsätzlich auf

Z 14.8.2./1

³⁸⁶ SBB, 49 (1972), S. 23.

³⁸⁷ SEV, 65 (1974), S. 1191.

³⁸⁸ SBB Bau GD/F1, Zeichnung 1671.0000.0001.

Zug, wobei jeweils eine Konsole für vorgesezte Seitenisolation mit einem Stabisolator montiert ist. In Stationen verwendet man Fischbauchjoche mit Stützisolatoren und Hängestützen für die Seitenisolation, seit 1986 Parallelträger, da diese eine größere Torsionssteifigkeit aufweisen. Nachspannung und Streckentrennung bildet man im Regelfall dreifeldrig mit Abspannmasten aus, im Gleisbogen die Streckentrennung vierfeldrig. Als Zwischenstützpunkte verwendet man jeweils die genannten Rohrausleger mit Hängeisolatoren. Erstmals baute man die neue N-Fahrleitung in Courgenay und Wetzikon ein.

14.8.3. Fahrleitung mit nachgespanntem Tragseil (Typ R)

H. Merz³⁸⁹ stellt fest: "Der zukünftige Schnellverkehr auf einem Teil des SBB-Netzes erfordert ein für die Schweiz neuartiges Fahrleitungssystem (Typ R) für hohe Geschwindigkeiten." Ursprünglich leitet sich die Bezeichnung "R-Fahrleitung" von "Caténaire avec câble porteur régularisé" ab, womit ein konstruktives Merkmal betont wird. Verschiedentlich wird das "R" auch im Zusammenhang mit "Rapid" gesehen, wie es bei den Begriffen R-Bremse, Bremsart R, Zugreihe R oder der Serienbezeichnung R schweizerischer Normalspurtriebfahrzeuge eingeführt ist.

Den Anstoß zu dieser Neuentwicklung gab eine gemeinsame Besprechung von Vertretern der Sektion Fahrleitungen der Bauabteilung der GD SBB und des Zugförderungs- und Werkstättendienstes über "Fahrleitungsschäden und Stromabnehmerschäden" am 13.04.1965. Das zugehörige Protokoll notiert unter "Fahrleitung":

"Die Einführung der neuen Wippen mit flachen Schleifstücken stellt an die Einregulierung der Fahrleitungen neue zusätzliche Anforderungen, die offenbar zu wenig und zu spät erkannt wurden und deren Verwirklichung, insbesondere im Kreis I, auf Schwierigkeiten stößt.

Die ständige Inbetriebsetzung neuer rasch laufender Triebfahrzeuge beansprucht Stromabnehmer und Fahrleitung immer mehr. Der ZfW stellt demnach die Frage, ob das aus den 20-iger Jahren stammende Fahrleitungssystem (einfache Kettenfahrleitung mit nachgespanntem Fahrdrat) trotz stetiger Detailverbesserungen den Anforderungen genügen kann.

Fl/GD ist der Ansicht, dass bei einer besseren Kontrolle und bei vermehrtem Unterhalt der Anlagen und nach Vornahme gewisser Verbesserungen die nach heutiger Konzeption bestehende Fahrleitung Geschwindigkeiten bis höchstens 120 - 140 km/h gerade noch gewachsen sein dürfte. Die bei ausgedehnten Versuchs- und Messfahrten auf verschiedenen Strecken mit erneuerter Fahrleitung gesammelten Erfahrungen so-

³⁸⁹ SBB, 49 (1972), S. 23.

wie Betriebserfahrungen des ZfW mit neuen Triebfahrzeugen lassen erkennen, dass die Fahrleitung - auch die mit einigen Details erneuerte - systemmäßig nicht mehr genügt und veraltet ist. Dies macht sich ganz besonders bei Temperaturschwankungen bemerkbar. Die ungleichmäßige Elastizität, bzw. der Fahrdrahtanhub und die harten Punkte können genau registriert werden. Dies tritt ganz besonders in Vielfachtraktion in Erscheinung. Der ZfW macht ganz besonders darauf aufmerksam, daß die neuen Triebfahrzeuge (Re 4/4 II und RBe 4/4) für Vielfachsteuerung eingerichtet sind und dementsprechend im Betrieb auch eingesetzt werden ...

Der ZfW wünscht eine nochmalige Prüfung der Frage, ob beim beschlossenen teilweisen Neubau der Fahrleitung die heutige temperaturempfindliche Bauart zugunsten einer vollständig nachgespannten elastischen Fahrleitung ohne harten Punkte fallengelassen werden soll. Der ZfW misst der Modernisierung der Fahrleitung eine ebensogrosse Bedeutung zu wie der gegenwärtig rasch fortschreitenden Verbesserung des Oberbaus."

14.8.3.1. Versuche Flums - Mels

1968 teilen die SBB³⁹⁰ mit: "Zwischen Mels und Flums werden Fahrleitungen verschiedener neuer Bauarten mit Geschwindigkeiten bis zu 160 km/h erprobt. Es soll ermittelt werden, ob sich die seinerzeit für 90 km/h gebauten Fahrleitungen für Geschwindigkeiten bis zu 140 km/h umbauen lassen oder ob ein neues System anzuwenden ist."

H. Merz³⁹¹ beschreibt den Weg, der zu den auf der freien Strecke zwischen Flums und Mels eingebauten Versuchsbauarten führte. Nach einer theoretischen Analyse der mit dem Verhalten von Fahrleitung und Stromabnehmer zusammenhängenden Probleme schauten sich die SBB verschiedene neuere Fahrleitungsbauarten des Auslands näher an und verglichen deren technische und betriebliche Vor- und Nachteile.

Z 14.8.3.1./1 Derselbe Verfasser³⁹² beschreibt mehrfach die im Seeztal
 F 14.8.3.1./1 eingebauten Fahrleitungsbauarten und die dabei erzielten
 F 14.8.3.1./2 Meßergebnisse. Im Gleis Flums - Mels waren zunächst fol-
 F 14.8.3.1./3 gende Fahrleitungen mit Stahl-Kupfer-Tragseil und Kupfer-
 F 14.8.3.1./4 fahrdraht mit einer Spannweite von jeweils 60 m eingebaut:

1. Festes 50 mm² Tragseil und nachgespannter 107 mm² Fahrdraht mit normalen Stahlrohr-Seitenhaltern am Stützpunkt.

2. Festes 50 mm² Tragseil mit 18 m Y-Beiseil und nachgespannter 107 mm² Fahrdraht mit angelenkten Aluminium-Seitenhaltern am Stützpunkt.

³⁹⁰ SBB, 45 (1968), Heft 6, S. 11.

³⁹¹ SEV, 56 (1965), S. 379 ff.

³⁹² ETR, 19 (1970), S. 71 ff.; SEV, 65 (1974), S. 1191 ff.

3. Nachgespanntes 92 mm² Tragseil mit 18 m Y-Beiseil und nachgespannter 107 mm² Fahrdrabt mit angelenkten Aluminium-Seitenhaltern am Stützpunkt.

4. Nachgespanntes 92 mm² Tragseil mit Federhängern und nachgespannter 107 mm² Fahrdrabt mit angelenkten Aluminium-Seitenhaltern am Stützpunkt.

Bei Tragseil, Fahrdrabt und Beiseil veränderte man schrittweise die Zugkräfte, um die günstigsten Werte zu ermitteln. Im Gegengleis ist 150 mm² Kupferfahrdrabt eingebaut. An den Stützpunkten finden sich Rohrschwenkausleger bzw. schwenkbar gelagerte Kreis II-Ausleger (s. 14.8.1.2.). Die Nachspannung ist dreifeld mit Rollenspannern oder Radspannern der DB-Bauart an Abspannmasten ausgebildet, wobei bei den Zwischenstützpunkten für jeden Ausleger ein eigener Breitflanschträger gegründet ist.

Die Meßfahrten erfolgten von Sommer 1967 bis Frühjahr 1969 bei unterschiedlichen Temperaturen bei 120, 140 und 160 km/h mit einer aus dem Fahrleitungsmeßwagen und beidseitig je einem Triebfahrzeug bestehenden Meßzug. Da sich bei 120 km/h und Einfachtraktion keine markanten Unterschiede zwischen den zu erprobenden Fahrleitungs-konstruktionen zeigten, beschränkte man sich bei weiteren Meßfahrten auf 140 und 160 km/h und Doppeltraktion. Hierbei konzentrierte man sich auf die Untersuchung der bestbewährten Varianten; "da der Fahrdrabt mit 150 mm² Kupferquerschnitt dynamisch keine Vorteile zeigte, wurde er aus der weiteren Betrachtung ausgeschaltet."

Als Ergebnis dieser Meßfahrten hält H. Merz³⁹³ fest: "Zusammenfassend ist festzustellen, daß die alte Fahrleitungs-bauart nur bei Einfachtraktion (d. h. bei nur einem angehobenen Stromabnehmer) ohne allzu häufige Funken und Stromunterbrechungen mit 140 km/h befahren werden kann. Doppeltraktion ist ausgeschlossen. Durch den Einbau der Y-Aufhängung wird die Elastizität unter den Tragwerken größer und ausgeglichener, was die Stromabnahme etwas verbessert. Ein einwandfreier Bügellauf ohne Stromunterbrechung ist mit Doppeltraktion (zwei angehobene Stromabnehmer) bei 140 oder 160 km/h nur mit einer temperaturunabhängigen Fahrleitung moderner Bauart mit nachgespanntem Tragseil möglich." Im Originalaufsatz ist von einer "temperaturabhängigen Fahrleitung moderner Bauart" die Rede; hier muß es sich um einen Druckfehler handeln.

Z 14.8.3.1./2
Z 14.8.3.1./3
Z 14.8.3.1./4
Z 14.8.3.1./5

An gleicher Stelle notiert der Verfasser den nächsten Entwicklungsschritt: "Erprobt werden muß noch der nachträgliche Einbau von Fahrleitungen mit durchgehend nachgespanntem Tragseil auf Hauptgleisen in Stationen."

³⁹³ ETR, 19 (1970), S. 73.

14.8.3.2. Weitere Entwicklung zur Serienreife

1969	SBB	Ziegelbrücke - Gäsi (- Mühlehorn)	
		(Streckenverlegung)	
1969	SBB	Tüscherz - Biel	(Streckenverlegung)
1970	SBB	Zizers - Chur	(Doppelspurausbau)
1973	SBB	Landquart - Zizers	(Doppelspurausbau)

R. Zollikofer³⁹⁴ beschreibt ausführlich den Doppelspurausbau Ziegelbrücke - Mühlehorn mit der Verlegung der Station Weesen, kann jedoch zum Zeitpunkt des Erscheinens dieses Aufsatzes von einer SBB-Fahrleitung mit nachgespanntem Tragseil noch nichts wissen. Auch bei der Inbetriebnahme der neuen Station Weesen³⁹⁵ geht man nicht auf die Fahrleitung ein.

F 14.8.3.2./1

Nur in den beiden Hauptgleisen ist das Tragseil durchgehend nachgespannt, in Nebengleisen fest. Bei der Überspannung von in den Hauptgleisen liegenden Weichen ist das Tragseil über kurze Strecken nachgespannt. Bei nachgespanntem Tragseil verwendet man Rohrschwenkausleger an auf dem Fischbauchträger montierten Hängesäulen. Während man im Gleis Zürich - Chur einen Schwenkausleger kleiner Bauhöhe unterhalb des Fischbauchträgers vorsieht, ist im Gegengleis das Tragseil oberhalb des Querträgers auf einem Schwenkausleger gelagert, der Fahrdraht unterhalb über ein Stützrohr mit angelenktem Seitenhalter seitlich festgelegt. Bei keiner der beiden Varianten ist ein Y-Beiseil eingebaut. In Nebengleisen bildet man die Trag- und die Seitenisolation wie bei den nach 1950 überspannten Strecken des Kreises III aus (s. 14.7.4.2.).

Z 14.8.3.2./3

Bei der Streckenverlegung Tüscherz - Biel mit dem zweigleisigen Vingelz-Tunnel³⁹⁶ erprobten die SBB eine Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk, das über Rohrschwenkausleger an Hängesäulen befestigt ist.

Z 14.8.3.2./1

Der von N. Luzzi³⁹⁷ dargestellte Doppelspurausbau der Strecke Landquart - Chur ermöglicht erstmals, die Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk über eine größere Streckenlänge einzubauen. H. Merz³⁹⁸ beschreibt die dort verwirklichte Form der R-Fahrleitung. Das aus 92 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil und 107 mm² Kupferfahrdraht bestehende nachgespannte Kettenwerk weist im Regelfall am Stützpunkt ein 18 m langes Y-Beiseil auf, im Gleis Zizers - Landquart ohne Y-Beiseil. Bei Einzelmasten sind Rohrschwenkausleger mit schrägem Stützrohr und Spannschloß ausgeführt, unterhalb Fischbauchjochen an Hängesäulen mit horizontalem Tragrohr. Grundsätzlich verwendet man auf Zug

F 14.8.3.2./2

Z 14.8.3.2./2

³⁹⁴ JdE, 13 (1962), S. 56 ff.

³⁹⁵ SBB, 46 (1969), Heft 7, S. 12.

³⁹⁶ SBB, 46 (1969), Heft 4, S. 12.

³⁹⁷ SBB, 48 (1971), S. 43 ff.

³⁹⁸ SBB, 49 (1972), S. 23 ff.

liegende angelenkte Aluminiumseitenhalter. Nachspannung und Streckentrennung sind dreifeldrig mit Rollenspannern an Abspannmasten ausgeführt, bei den Zwischenstützpunkten stellt man zwei als Einsetzmasten ausgebildete Breitflanschträger nebeneinander.

1974 teilen die SBB³⁹⁹ mit: "Die Fahrleitungen im Simplontunnel, von welchen die in die Tunneldecke eingelassenen Befestigungsteile noch aus der Drehstromzeit von 1906 stammen, müssen in den nächsten Jahren gründlich erneuert und der heutigen V max. von 140 km/h besser angepasst werden. Die etappenweise Abwicklung der Arbeiten mit Einspurbetrieb bis und ab Tunnelmitte bedingt eine Bauzeit von sechs Jahren."

Anlaß, Art und Umfang der Bauarbeiten beschreiben die SBB⁴⁰⁰ kurz, A. Ammeter u. a.⁴⁰¹ ausführlich. Nach dem Umbau der Fahrleitung im Simplontunnel von Drehstrombetrieb auf 15 kV 16 2/3 Hz im Jahre 1930 (s. 14.6.2.1.) gab es Jahrzehnte lang mit dieser Fahrleitung bei den damals gefahrenen Zuglasten und Geschwindigkeiten kaum Schwierigkeiten. Von 1960 an nahm sowohl die Zuglast als auch die Fahrgeschwindigkeit der Züge im Simplontunnel ständig zu und die Fahrleitung zeigte zunehmend Ermüdungserscheinungen. Nachdem 1967 dort der Fahrdraht in wenigen Monaten zehnmal gerissen war, verfügten die SBB durch den Tunnel als Übergangsmaßnahme eine ständige Geschwindigkeitsbeschränkung von 80 km/h und führten umfangreiche Untersuchungen durch. Als Ergebnis der Meßfahrten ergaben sich folgende Ursachen:

1. Zufolge Resonanzerscheinungen zeigt die Fahrleitung bei den Geschwindigkeiten 127,5 km/h und 160 km/h Schwingungen mit maximalen Amplituden von 7 cm und darüber, bei 145 km/h dagegen nur solche von 3 cm. Da die meisten Schnellzüge der Nord-Süd-Richtung 1967 mit 125 km/h durch den Tunnel fuhren; mußte dies zwangsläufig zu Ermüdungserscheinungen des Fahrleitungskettenwerks führen.

2. Während im mittleren Teil des Tunnels die Temperatur annähernd konstant zwischen +20°C und +30°C beträgt, macht sich an den Tunnelenden das lokale Klima von Brig bzw. Iselle auf das fest abgespannte Kettenwerk bemerkbar.

3. Infolge steigender Last der Züge mit gleichzeitiger Geschwindigkeitserhöhung reicht der vorhandene Fahrleitungsquerschnitt von etwa 200 mm² je Gleis nicht mehr aus. Er sollte etwa verdoppelt werden.

³⁹⁹ SBB, 51 (1974), S. 49.

⁴⁰⁰ SBB, 58 (1981), Heft 5, S. 6.

⁴⁰¹ Le chemin de fer: un moyen de transport moderne, Lusanne 1976, S. 31 ff.

4. Die außerordentliche Verschmutzung aller ortsfesten Anlagen im Simplontunnel durch hohe Luftfeuchtigkeit bei hoher Temperatur und durch Bremsstaub stellt an diese besondere Anforderungen.

Z 14.8.3.2./4

Darauf beschlossen die SBB, die Fahrleitung in beiden Tunnelröhren vollständig zu erneuern, wobei zwei verschiedene Fahrleitungstypen unter geschicktester Ausnutzung der sehr knappen Raumverhältnisse eingebaut wurden: Jeweils bis zu einer Entfernung von etwa 4 km vom Tunnelportal ist eine nachgespannte Doppelfahrleitung von 390 mm² Querschnitt mit Spannweiten von 30 m eingebaut. Ein schwenkbar angeordneter Stabisolator trägt das gekrümmte Tragrohr mit 2 Seitenhaltern. Im mittleren Teil des Tunnels, wo kleinere Temperaturschwankungen auftreten, sind nur die beiden Fahrdrähte nachgespannt, die beiden Tragseile sind um 17 m gegeneinander versetzt angeordnet. Der fest an der Tunnelwand angebaute Ausleger mit gekrümmtem Tragrohr trägt zusätzlich 2 Verstärkungsleitungen, wodurch der Kupferquerschnitt je Gleis 500 mm² beträgt. Die Nachspannvorrichtungen sind unterschiedlich ausgeführt: Im Simplontunnel I (1906) sind Seite Brig auf einer Länge von etwa 4 km 8 hydraulische Nachspannvorrichtungen eingebaut, alle übrigen sind als Nachspannvorrichtungen mit Rollen in Tunnelnischen untergebracht. Dank eines speziell für den Umbau der Fahrleitung im Simplontunnel erstellten Montagezugs⁴⁰² konnten die Fahrleitungsarbeiten in den beiden Röhren des Simplontunnels bereits 1979 abgeschlossen werden.⁴⁰³

Auch unter der neuen Fahrleitung war die Stromabnahme im Simplontunnel bei hohen Geschwindigkeiten stellenweise unbefriedigend. Es zeigte sich, daß das Schotterbett unregelmäßig und stellenweise ungenügend stark ist, wodurch die Triebfahrzeuge unruhig fahren und die Stromabnahme leidet.⁴⁰⁴ Zur Sanierung muß die Tunnelsohle um 5 bis 35 cm abgesenkt werden. Wie auf anderen Teilstrecken der Simplonlinie streben die SBB auch im Simplontunnel eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h an.⁴⁰⁵

Bei den 1974 bis 1979 in Betrieb genommenen Neubau- bzw. Ausbaustrecken der SBB läßt sich die Entwicklung der einzelnen Komponenten der R-Fahrleitung verfolgen.

14.8.3.3. Konstruktive Merkmale der R-Fahrleitung

- | | | | |
|------|-----|---|--------------------|
| 1974 | SBB | (Wettingen -) Gruemet - Gexi (- Lenzburg) | (Doppelspurausbau) |
| 1975 | SBB | Othmarsingen - Hendschiken | (Doppelspurausbau) |

⁴⁰² SBB, 51 (1974), S. 151.

⁴⁰³ SBB, 56 (1979), S. 166 f.

⁴⁰⁴ SBB, 59 (1982), S. 108.

⁴⁰⁵ SBB, 58 (1981), Heft 5, S. 8; SBB, 63 (1986), S. 262.

1975	SBB	Killwangen-Spreitenbach - Gruemet (Neubaustrecke)	
1975	SBB	Twann - Tüscherz	(Doppelspurausbau)
1977	SBB	Dulliken - Däniken	(Dreigleisiger Ausbau)
1977	SBB	Gampel-Steg - Raron	(Doppelspurausbau)
1977	SBB	Schlieren - Dietikon	(Viergleisiger Ausbau)
1978	SBB	Leuk - Turtmann	(Doppelspurausbau)
1978	SBB	Raron - Visp	(Doppelspurausbau)
1979	SBB	Turtmann - Gampel-Steg	(Doppelspurausbau)

Neben den Ausführungen von H. Merz⁴⁰⁶ notiert R. Delisle⁴⁰⁷ Konstruktionsmerkmale der R-Fahrleitung. Darstellungen über die 1975 eröffnete Heitersberglinie⁴⁰⁸ und den 1979 abgeschlossenen Doppelspurausbau Leuk - Visp⁴⁰⁹ gehen kaum auf die dort eingebaute Fahrleitung ein; weiter notieren die SBB den 1974 bis 1977 verwirklichten Ersatz der 50jährigen N-Fahrleitung zwischen Frick und Kaiseraugst⁴¹⁰ durch die R-Fahrleitung. Die wichtigste Quelle über die R-Fahrleitung bilden Montagehandbücher der Bauabteilung der GD SBB Sektion Fahrleitungen⁴¹¹ und das Handbuch für Bauteile⁴¹².

Nach Mitteilung der GD SBB wurde die R-Fahrleitung in der seit 1971 bestehenden "R-FI Kommission" zur Serienreife entwickelt. Der "R-FI Kommission" unter der Leitung des Sektionschefs Fahrleitungen der Bauabteilung der GD SBB gehören weiter an dessen Stellvertreter als Sachbearbeiter "Entwicklung und Normung R-FI" und die Stellvertreter der Sektionschefs der Kreisdirektionen nach fachlichen Gesichtspunkten. Die Protokolle der "R-FI Kommission" ermöglichen eine genaue Datierung konstruktiver Änderungen.

Das nachgespannte, in der Geraden halbwindchief verlegte Kettenwerk der R-Fahrleitung, besteht aus mit 12 kN gespanntem 92 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil und aus mit 10,5 kN gespanntem 107 mm² Kupferfahrdrabt. Die Regelfahrdrabthöhe beträgt 5,5 m über SO, die Regelspannweite 58 m. Für die Regelsystemhöhe von 1,6 m bis zu einer solchen von 1,1 m und einer Spannweite von mehr als 54 m ist das Y-Beiseil 18 m lang, bei kleinerer Systemhöhe und kürzerer Spannweite 14 m oder 12 m; je nach Anwendungsfall sind die Zugkräfte im Y-Beiseil unterschiedlich festgelegt und betragen zwischen 1 und 2,5 kN. Bei 58 m Spannweite baut man bei einer Systemhöhe von 72 cm oder weniger und Geschwindigkeiten von mindestens 120 km/h beidseits des Stützpunkts je einen Federhänger ein. Bei Geschwindigkeiten

Z 14.8.3.3./1

Z 14.8.3.3./2

Z 14.8.3.3./3

⁴⁰⁶ SBB, 49 (1972), S. 23 ff.; SEV, 65 (1974), S. 1191 ff.

⁴⁰⁷ SBB, 48 (1971), S. 206 ff.

⁴⁰⁸ SBB, 52 (1975), Heft 6.

⁴⁰⁹ SBB, 56 (1979), S. 123 ff.

⁴¹⁰ SBB, 53 (1976), S. 30.

⁴¹¹ R-FI Montagehandbücher II 01.6.1 Band 1 Ausgabe Mai 1983 und II 01.6.2 Band 1 Ausgabe Mai 1983.

⁴¹² Handbuch für Bauteile I 0161/0162 Ausgabe April 1982.

unter 120 km/h verwenden die SBB ähnlich wie ursprünglich die SNCF bei ihrer Regelfahrleitung für 25 kV 50 Hz weder Y-Beiseil noch Federhänger. Unter Überbauten wird das Tragseil grundsätzlich durchgeführt.

Bei der R-Fahrleitung sieht man als Aufsetzmasten ausgebildete Breitflanschträger vor, die durch ein Erdseil von 95 mm² Kupfer verbunden sind. Bei einer Systemhöhe von 1,2 bis 1,6 m verwenden die SBB Rohrschwenkausleger mit schrägem Stützrohr. Zunächst führte man die Rohrschwenkausleger beim Auslegerstützpunkt mit schrägem Stützrohr von 55 mm Durchmesser und Spansschloß in der Geraden und bogenaußen, mit Druckrohr bogeninnen aus. Seit 1973 sieht man in allen Fällen die Ausführung mit horizontalem Tragrohr und schrägem Stützrohr von jeweils 70 mm Durchmesser vor, da bei Geleiseverschiebungen die Fahrleitungsregulierung einfacher und die Lagerhaltung günstiger ist.

Bei einer Systemhöhe von 0,37 bis 1,17 m montiert man anstelle des Rohrschwenkauslegers mit schrägem Stützrohr die Ausführung mit am horizontalen Tragrohr befestigter Spurlagerung und schräg liegendem Spansschloß.

Soweit es die Gleisabstände zulassen, erhalten Stationen Einzelmastausrüstung; dies war insbesondere beim Doppelspurausbau Leuk - Visp möglich. Ansonsten sieht man Fischbauchträger mit einer Stützweite von normal bis 34 m, in Ausnahmefällen Parallelträger bis 40 m vor; seit 1986 verwenden die SBB generell Parallelträger. Bis zu einer Entfernung von 255 m vom Festpunkt hängt man das nachgespannte Tragseil mit Hängeisolatoren unter dem Joch auf - dies später allgemein auch bei fest abgespanntem Tragseil in Nebengleisen -, bei größerer Entfernung vom Festpunkt verwendet man je nach Systemhöhe des Kettenwerks Rohrschwenkausleger der beschriebenen Bauart an Hängesäulen. Mehrgleisenausleger bauen die SBB bei der R-Fahrleitung nur in Ausnahmefällen ein.

- Z 14.8.3.3./4 Bei Einzelmastausrüstung sieht man sowohl beim Stützpunkt K als auch beim Stützpunkt L anschlagsichere Aluminium-Seitenhalter an einem Stützrohr vor, das am Y-Beiseil bzw. bei Geschwindigkeiten unter 120 km/h am Tragrohr aufgehängt ist. Bei Auslegermasten ersetzt man beim Stützpunkt K bei einem Kurvenzug des Fahrdrahtes von mehr als 320 N den angelenkten Seitenhalter durch einen abgekröpften regulierbaren Aluminium-Seitenhalter für die Montage am Stützrohr; beim Stützpunkt K des Rohrschwenkauslegers an Jochen verwendet man immer diese Bauart. Bei einer Tragseilaufhängung mit Hängeisolatoren unter dem Joch befestigt man das Stützrohr des angelenkten Seitenhalters an einer Hängestütze. Die Überspannung von Weichen ist bei der R-Fahrleitung der SBB wie bei der von M. A. Crépet⁴¹³ beschriebenen Regelfahrleitung der SNCF für 25 kV 50 Hz
- Z 14.8.3.3./5
- Z 14.8.3.3./6

⁴¹³ RGCF, 74 (1955), S. 497 ff.

mit Fahrdrachtnäherung ausgeführt; damit sind in Stationen Mehrfach-Rohrausleger unter Jochen häufig.

Im zweigleisigen Tunnel verwendet man Rohrschwenkausleger mit am horizontalen Tragrohr befestigter Spurhaltung und schräg liegendem Spannschloß, unter Überbauten mit Flachdecke ein an einem Hängerrohr über einen drehbaren Flansch isoliert befestigtes horizontales Auslegerrohr mit angeordnetem Seitenhalter, im eingleisigen Tunnel den schwenkbar angeordneten Stabisolator mit gekrümmtem Tragrohr. Z 14.8.3.3./7
Z 14.8.3.3./8

Nachspannung und Streckentrennung der R-Fahrleitung sind, abgesehen vom Abstand der parallel geführten Kettenwerke, gleich ausgeführt. Vor 1974 bildete man diese in der Geraden und in Krümmungsradien von mehr als 1000 m dreifeldrig mit Abspannmasten, in kleineren Krümmungsradien dreifeldrig mit Abfangjochen aus. 1974 baute man beim Umbau der Teilstrecke Pratteln - Frenkendorf-Füllinsdorf grundsätzlich Abfangjoch ein; Nachspannung bzw. Streckentrennung sind hier in der Geraden und bei großen Krümmungsradien einfeldrig, bei Radien unter 1000 m zweifeldrig. 1975 faßte die "R-Fl Kommission" den Beschluß, Nachspannung bzw. Streckentrennung in der Geraden und Kurvenradien über 1000 m je nach den örtlichen Verhältnissen einfeldrig mit Abfangjochen oder dreifeldrig mit Abspannmasten auszuführen, bei kleineren Kurvenradien zweifeldrig mit Abfangjochen. Die SBB verwenden einheitlich Nachspannvorrichtungen mit Rollen der Übersetzung 1 : 2. Z 14.8.3.3./11
Z 14.8.3.3./12
Z 14.8.3.3./9
Z 14.8.3.3./10

Der Festpunkt war zunächst sowohl auf freier Strecke als auch in Stationen als zweifeldriges Festpunktfeld ausgebildet. Seit 1975 baut man bei der R-Fahrleitung in Stationen und mehrgleisigen Strecken beim Festpunkt ein Abfangjoch ein, dies teilweise auch bei Doppelpurstrecken. Z 14.8.3.3./13

Nach der Fertigstellung der Fahrleitung im Heitersbergtunnel Mitte März 1975 setzte man diese unter Spannung und führte mit 2 Re 4/4 II-Lokomotiven und dem Fahrleitungsmeßwagen Versuchsfahrten bis 160 km/h durch.⁴¹⁴ Im September 1977 unternahm die DB mit einer Lokomotive der Baureihe 103 im Heitersbergtunnel Meßfahrten zwischen 140 und 210 km/h⁴¹⁵, wobei als Höchstgeschwindigkeit 212,4 km/h erreicht wurde⁴¹⁶. Vor allem galten diese Schnellfahrten den von H. Glöckle u. a.⁴¹⁷ beschriebenen aerodynamischen Messungen der Bundesbahn-Versuchsanstalt München bei Zugbegegnungen, weiter der R-Fahrleitung im Tunnel, besonders dem im Hinblick auf einen Gotthardbasistunnel eingerichteten 2 km langen Abschnitt mit Doppelfahrleitung für hohe

⁴¹⁴ SBB, 52 (1975), S. 88 f.

⁴¹⁵ SBB, 54 (1977), S. 193.

⁴¹⁶ SBB, 54 (1977), S. 226.

⁴¹⁷ ETR, 28 (1979), S. 591 ff.

Geschwindigkeiten⁴¹⁸, schließlich dem Laufverhalten auf dem schotterlosen Betonplatten-Oberbau⁴¹⁹.

Im September 1985 führten die SBB zwischen Oensingen und Oberbuchsiten mit 2 Re 4/4 II-Lokomotiven und dem Fahrleitungsmeßwagen Versuchsfahrten bis 160 km/h durch um zu erproben, bis zu welcher Geschwindigkeit man bei der R-Fahrleitung auch bei Doppeltraktion auf das Y-Beiseil verzichten kann.⁴²⁰ Nach Mitteilung der GD SBB teilte man als Ergebnis dieser Versuche die R-Fahrleitung in drei Geschwindigkeitsklassen ein:

- Bis 125 km/h entfällt das Y-Beiseil, beim Stützpunkt K baut man anstelle des angelenkten Seitenhalters einen abgekröpften regulierbaren Aluminium-Seitenhalter für die Montage am Stützrohr ein.

- Bei 130 bis 140 km/h sieht man ein 12 m oder 14 m langes Y-Beiseil vor, an allen Stützpunkten sind angelenkte Seitenhalter vorhanden.

- Bei Geschwindigkeiten über 140 km/h baut man auch das 18 m lange Y-Beiseil ein.

Die R-Fahrleitung der genannten Geschwindigkeitsklassen unterscheidet sich zudem in der Hängerteilung.

Die SBB bauen ihre Hauptlinien auf die R-Fahrleitung um, wenn Erneuerungen fällig sind, weiter Nebenlinien mit hohen Primärströmen (z. B. alte Hauenstein-Strecke oder Franco-Suisse-Linie). Sonstige Nebenlinien erhalten eine aus der R-Fahrleitung abgeleitete genormte N-Fahrleitung (s. 14.8.2.).

14.8.3.4. Fahrleitung R 200 für Neubau- und Ausbaustrecken

Das in der Literatur sehr ausführlich gewürdigte Konzept "Bahn 200"⁴²¹ sieht neben den Ausbaustrecken Martigny - Sion und Solothurn - Herzogenbuchsee auch Neubaustrecken für eine Geschwindigkeit von 200 km/h vor: (Bern -) Mattstetten - Rothrist (- Olten), (Basel -) Muttenz - Olten, (Lausanne -) Vauderens - Villars-sur-Glâne (- Fribourg) und Zürich Flughafen - Winterthur. P. Winter⁴²² umreißt hierfür die Planung im Bereich der ortsfesten Anlagen, damit auch der Fahrleitung und notiert folgende Merkmale:

Z 14.8.3.4./1

⁴¹⁸ SBB, 54 (1977), S. 210.

⁴¹⁹ SBB, 54 (1977), S. 226.

⁴²⁰ SER, 8 (1985), S. 160.

⁴²¹ SBB-Magazin, 1 (1985/86), S. 35 ff., 76 ff., 159 ff., 199 ff., 236 ff.; SBB-Magazin, 2 (1987/88), S. 97 ff.; SER, 8 (1985), S. 42 ff.; SER, 9 (1986), S. 183 ff.; SER, 10 (1987), S. 146 ff.

⁴²² SER, 10 (1987), S. 152 ff.

- Nachgespanntes Kettenwerk bestehend aus einem mit etwa 20 kN nachgespanntem Stahl-Tragseil und einem mit ebenfalls rund 20 kN nachgespannten, möglicherweise silberlegierten Kupferfahrdraht von 150 mm². Die zulässige Fahrdrahtabnutzung wird auf 15 Prozent anstelle von derzeit 30 Prozent begrenzt, was dank der heute verwendeten Kohleschleifstücke möglich ist.

- Verringerung der Systemhöhe von 1,60 m auf 1,00 m im Freien und 0,70 m im Tunnel dank der höheren Zugkräfte im Kettenwerk. Bei diesen Systemhöhen ließe sich ein Y-Beiseil zur Entkoppelung des Fahrdrahtes vom harten Rohrschwenkausleger noch einbauen; "es ist jedoch zu hoffen, dass es dank der besseren Eigenschaften moderner Stromabnehmer überflüssig wird." Damit folgen die SBB offensichtlich dem Vorbild der SNCF; wie É. Chambron⁴²³ berichtet, verzichtet die SNCF bei der Fahrleitung des TGV Atlantique auf den Einbau des Y-Beiseils.

- Verwendung von gehängten statt gestützten Auslegern, sofern sich dies als wirtschaftlicher erweist; gleichzeitig wird der Abstand vom Boden zum tiefstliegenden unter Spannung stehenden Teil vergrößert.

- Vergrößerung der Isolationsabstände und des Kriechwegs der Isolatoren zur Erhöhung der Betriebssicherheit.

- Verminderung der Fahrdrahthöhe im Freien von 5,50 m auf 5,30 m, wenn dies für die Stromabnahme vorteilhaft ist, um Kosten einzusparen.

- Verwendung von Radspannern mit Klinke zur Schadensbegrenzung bei einem Leiterbruch.

Nach Mitteilung der GD SBB wird auf einer Teilstrecke der Simplonlinie zwischen Martigny und Sion eine Versuchsanlage erstellt, um dort die einzelnen Komponenten dieser als "Fahrleitung R 200" bezeichneten Bauart erproben zu können.

14.8.4. Anpassung einer N-Fahrleitung an die R-Fahrleitung

Im Zusammenhang mit dem 1976 beschlossenen Ausbau der BLS-Strecke Spiez - Brig auf durchgehende Doppelspur mußte auch die seit 1921 zweigleisige SBB-Linie Bern - Münsingen - Thun modernisiert werden, was im gleichen Jahr mit dem Ausbau der Station Uttigen und der anschließenden Strecke nach Thun begann.⁴²⁴ Neben der Herrichtung der Strecke für 160 km/h erneuerte man die Signalanlagen und baute die R-Fahrleitung ein. E. Aebi und J. Aeschlimann⁴²⁵ legen dar,

⁴²³ RGCF, 105 (1986), S. 657 ff.

⁴²⁴ SBB, 57 (1980), S. 54 f.

⁴²⁵ SBB im Aaretal, Luzern 1984, S. 60 f.

daß der für die Jahre 1986 bis 1990 vorgesehene Ausbau der Teilstrecke Münsingen - Uttigen mit den Stationen Wichtrach und Kiesen wegen der schlechten Finanzlage der SBB zurückgestellt werden mußte. Auch der dringend notwendige Ersatz der nach dem Zweiten Weltkrieg erneuerten Fahrleitung (s. 14.8.1.1.) konnte nicht überall verwirklicht werden. Deshalb paßten die SBB die Fahrleitung der Hauptgleise der R-Fahrleitung an.

F 14.8.4./1 Da man die aus Stütz- und Diabolo-Isolatoren bestehende Tragisolation durch hängende Stabisolatoren ersetzte, sind die Profilausleger mit Stützstrebe der freien Strecke bei normaler Fahrdrahtlage zur Vergrößerung der Systemhöhe schräg gestellt. Aus dem gleichen Grund ist in den Stationen die Hängeisolation an einer auf dem Fischbauchträger montierten Traverse seitlich so angebracht, daß sich die dort wirkenden Drehmomente der Gewichtskraft der beiden Kettenwerke auf den Fischbauchträger aufheben. Bei größerer Entfernung vom Festpunkt ist das Tragseil am Stabisolator über eine Rolle geführt. Die doppelte Seitenisolation mit Stützrohr und angelenktem Stahlrohr-Seitenhalter behielt man unverändert bei. An den Abfangjochen von Nachspannung und Streckentrennung ersetzte man die feste Abspannung des Tragseils durch eine bewegliche Nachspannung mit Rollen. Der Festpunkt ist als zweifeldriges Festpunktfeld ausgebildet. Bei Überführungen ist das nachgespannte Tragseil geerdet durchgeführt.

F 14.8.4./2

F 14.8.4./3

Die an die R-Fahrleitung angepaßte N-Fahrleitung genügt nicht nur für die derzeit zwischen Ostermündigen und Kiesen zulässige Höchstgeschwindigkeit von 125 km/h, sondern könnte nach Mitteilung der GD SBB bis 160 km/h befahren werden.

14.8.5 Vereinfachte Fahrleitungsbauarten

Zur Entwicklung einer vereinfachten Fahrleitung durch die SBB schreibt P. Garo⁴²⁶: "Die andauernde Kostensteigerung bei Bauvorhaben hat auch vor der Elektrifizierung von Gleisen nicht halt gemacht. Die hohen Preise sind besonders dann schwierig zu tolerieren, wenn es sich um ein privates Anschlussgleis handelt, das durch unseren zukünftigen Kunden zu berappen ist. Mit dem Ziel, die Kosten auf einem absoluten Mindestpreis zu halten, hat man bei Fl eine wirtschaftliche Fahrleitung entwickelt, die insbesondere für Industrieanschlüsse gedacht ist."

Nach Mitteilung der GD SBB gab der Kreis I unter dem Eindruck der von der SNCF bei der Elektrifizierung der Strecke Longeray - Annemasse mit 25 kV 50 Hz eingebauten tragseilarmen Fahrleitung den Anstoß. Die SBB⁴²⁷ vermerken

⁴²⁶ Kontakt. Bau I Lausanne, (1983), Heft 3, S. 5 ff.

⁴²⁷ SBB, 48 (1971), S. 241.

hierzu: "Die eindräftige Fahrleitung wurde mit wenig Aufwand nach dem Trolleysystem erstellt und besitzt einen besonderen Tragdraht im Bereich der Aufhängungen. Trotzdem sind Geschwindigkeiten bis zu 120 km/h möglich." Da die Entwicklung der Einfachfahrleitung der SNCF anderen Traditionen entspringt als bei den hier betrachteten Eisenbahnverwaltungen, sei deren Entwicklungsgeschichte in Grundzügen dargestellt.

M. A. Crépet⁴²⁸ weist in einer Beschreibung der Fahrleitungsbauarten der SNCF für 25 kV 50 Hz darauf hin, daß man die für Abstellgleise oder Privatanschlüsse vorgesehene tragseillose Fahrleitung mit fest abgespanntem Fahrdraht grundsätzlich von der Fahrleitung für 1500 V Gleichspannung übernahm. 1969 erhielt die mit 25 kV 50 Hz elektrifizierte Strecke Bréauté - Gravenchon-Port-Jérôme verschiedene Versuchsbauarten preisgünstiger Fahrleitungen, darunter eine Einfachfahrleitung mit nachgespanntem Fahrdraht⁴²⁹. Beim Elektrifizierungsprojekt (Bellegarde -) Longeray - Annemasse sah man im Hauptgleis eine aus nachgespanntem 107 mm² Kupferfahrdrat bestehende tragseilarme Fahrleitung vor⁴³⁰, was auch bei der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes 1971 betont wird⁴³¹. Der zweite Bauabschnitt Annemasse - Évian-les-Bains erhielt 1972 die gleiche Bauart⁴³², 1986 die teilweise auf schweizer Gebiet liegende Strecke Annemasse - Genève-Eaux-Vives.

Unter den mit Einphasenwechselstrom betriebenen Bahnlinien der Schweiz hatte die SOB 1978 die Werkstättegleise Samstagern und 1983 die Abstellanlage Blatten in Einsiedeln durch Furrer & Frey mit nachgespannter Einfachfahrleitung von 85 mm² Kupferfahrdrat überspannen lassen. Nach Mitteilung der GD SBB war zunächst nur der Kreis I für die Entwicklung einer Einfachfahrleitung, die übrigen Kreise wegen des Querschnitts dagegen, zumal der Preisunterschied gegenüber der N-Fahrleitung nur 5 bis 10 Prozent beträgt. Schließlich gaben Normalien zur preisgünstigeren Gestaltung von Gleisanschlüssen den Ausschlag zur Entwicklung, jedoch mit der Maßgabe, nur genormte Bauteile der R-Fahrleitung zu verwenden. F 14.8.5.1./1

14.8.5.1. Vereinfachte Fahrleitung (Typ S)

In der Typenbezeichnung steht "S" für vereinfacht (caténaire simplifiée). Die tragseilarme Fahrleitung für eine Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h hat bei einer Spannweite

⁴²⁸ RGCF, 74 (1955), S. 497 ff.

⁴²⁹ LVDR, Nr. 1214 vom 19.10.1969, S. 9 f.;
LVDR, Nr. 1908 vom 8.09.1983, S. 14 f.

⁴³⁰ LVDR, Nr. 1277 vom 31.01.1971, S. 37 ff.

⁴³¹ LVDR, Nr. 1312 vom 17.10.1971, S. 10 ff.

⁴³² LVDR, Nr. 1362 vom 15.10.1972, S. 9 ff.

Z 14.8.5.1./1
F 14.8.5.1./2

von 60 bis 42 m eine Beiseillänge von 18 m, bei 40 bis 26 m Spannweite ein 12 m langes Beiseil von jeweils 57 cm Systemhöhe. Der 107 mm² Kupferfahrdraht ist mit 8 kN nachgespannt. Der Rohrschwenkausleger mit horizontalem Auslegerrohr, schräg liegendem Spansschloß und angelenktem Seitenhalter ist von der R-Fahrleitung bei reduzierter Systemhöhe übernommen. Eine Weisung der GD SBB über "Konstruktion von Fahrleitungen auf Verbindungsgleisen"⁴³³ läßt den Verzicht auf das Tragseil unter folgenden Bedingungen zu:

- Es sind Normausleger zu verwenden.
- Der Fahrdraht ist mit umgekehrten Y-Seilen aufzuhängen.
- Die Tramfahrleitung muß vollständig von der Streckenfahrleitung getrennt sein.
- Gleistrenner sind an Stellen mit Tragseil oder direkt unter Tragwerken unterzubringen.
- Der Übergang auf Tramfahrleitung darf nicht im Bereich von Weichen liegen, die in gerader Stellung mit mehr als 40 km/h befahren werden.
- Bei kleinen Kurvenradien kann durch entsprechende Spuralterneigung auf Ausleger verzichtet werden.

14.8.5.2. Extrem vereinfachte Fahrleitung (Typ SS)

"SS" steht für extrem vereinfacht (caténaire super-simplifiée). Der letzte Punkt der zitierten Weisung der GD SBB läßt bei Industrieanschlüssen mit kleinem Kurvenradius als einfachsten Stützpunkt einen Breitflanschträgermast mit Stabisolator und Seitenhalter zu. Damit kommt die SS-Fahrleitung nur zusammen mit dem Typ S vor.

Nach der Beschreibung von J. Robert⁴³⁴ hatte die 1954 mit 11 kV 50 Hz elektrifizierte Zahnradbahn Chamonix - Montanvers im engen Gleisbogen diese extrem vereinfachte Fahrleitung erhalten. Bei der Einfachfahrleitung mit nachgespanntem Fahrdraht übernahm die SNCF diese Bauart als eine dem Bogenabzug vergleichbare seitliche Festhaltung des Fahrdrahts im engen Gleisbogen.

Erstmals bauten die SBB diese vereinfachte Fahrleitung 1983 auf dem etwa 500 m langen Anschlußgleis der Firma Henniez SA in Henniez (VD) mit Kurvenradien von 185 m ein, weiter auf dem Anschlußgleis der Firma Lindt und Sprüngli, Betrieb Altendorf (SZ).

⁴³³ SBB Generaldirektion Bauabteilung, Weisung Nr. 0151/83 vom 2.03.1983.

⁴³⁴ De Nice à Chamonix. Les réseaux secondaires des Alpes françaises, Neuilly-sur-Seine 1961, S. 93 f.; s. auch Chemins de fer, Nr. 190, janvier-février 1955, S. 10 ff.; EB, 26 (1955), S. 258.

14.8.6. Stromschienenfahrleitung

Unter Auswertung einer von U. Wili und B. Furrer verfaßten Druckschrift der Firma Furrer & Frey⁴³⁵ geht W. Haldi⁴³⁶ auf die Konstruktionsmerkmale dieser als Alternative zur konventionellen Fahrleitung entwickelten Bauart ein.

Einerseits sind bei den SBB in den nächsten Jahren einige teilweise über 100 Jahre alte Tunnels mit engen Platzverhältnissen in der Scheitelpartie zu sanieren, die die Anpassung von Unter- und Oberbau an zunehmende Verkehrslasten kaum zulassen (z. B. Maroggia-Tunnel), andererseits ist bei verschiedenen Neubauten bei minimaler Bauhöhe ein störungsunempfindliches Fahrleitungssystem mit hinreichend großem Leiterquerschnitt vorzusehen (z. B. Bahnhof Museumstraße der S-Bahn Zürich), zumal die Baukosten wesentlich von der Bauhöhe abhängen.

Ausgehend von einem in Frankreich angewendeten längsgeschlitzten Profil mit eingeklemmtem Fahrdraht entstand in Zusammenarbeit der SBB mit der Firma Furrer & Frey ein 110 mm hohes und 85 mm breites Profil aus einer Aluminiumlegierung mit einem äquivalenten Kupferquerschnitt von 1400 mm², in das mittels einer Fahrdrahtmontagerolle der 107 mm² Kupferfahrdraht als Verschleißelement eingeklemmt wird. Bei einer Profillänge von 10 m ergibt sich eine Eigenmasse von 68 kg, womit die Schiene von zwei Monteuren einfach zu handhaben ist. Längenänderungen als Folge von Temperaturschwankungen und die Verlegung der Stromschiene in Kurven werden beherrscht. Z 14.8.6./1

Seit Sommer 1984 steht in der Haltestelle Opfikon (ZH) eine etwa 300 m lange Versuchsstrecke im Betrieb, wobei die vorhandene Bauhöhe den Einbau von Aufhängepunkten mit horizontaler und vertikaler Anordnung der Isolatoren erlaubte. Nach Meßfahrten mit dem Fahrleitungsmeßwagen der SBB wurde die Stromschiene in Opfikon für die nach Zugreihe R zulässige Streckengeschwindigkeit von 105 km/h freigegeben.

M. Lörtscher und R. Müller⁴³⁷ stellen die Besonderheiten von Fahrzeugen und Bahnstromversorgungsanlagen der Zürcher S-Bahn dar. Hiernach wählte man für den neuen viergleisigen unterirdischen Bahnhof Zürich Museumstraße mit Zugfolgezeiten von 150 s die Stromschienen-Fahrleitung, um neben einer entsprechend feingegliederten Sektoreneinteilung durch Wegfall von Gleistrennern, einfacherem Drahtwerk und weniger Abspannungen eine Vereinfachung der Fahrleitungsanlage zu erzielen. Die Mehrkosten dieser Anlage gegenüber der herkömmlichen Fahrleitung sind wirtschaftlich durch

⁴³⁵ Die Stromschiene, eine Alternative zur konventionellen Fahrleitung, Bern 1985.

⁴³⁶ EB, 84 (1986), S. 191.

⁴³⁷ EB, 86 (1988), S. 43 ff.

verminderten Unterhalt und weniger Störungen zu begründen.

Im Jahre 1988 bauten die SBB die Stromschienenfahrleitung anstelle der vorhandenen Kettenfahrleitung in dem mit höchstens 80 km/h befahrenen 250 m langen Wilzigen-Tunnel der eingleisigen Emmentallinie ein. Um einen Huckepackverkehr von Lastkraftwagen mit 4 m Eckhöhe und damit aller der internationalen Norm entsprechenden Straßenfahrzeuge durch die Schweiz zu ermöglichen, ersetzte man nach Mitteilung der GD SBB im Herbst 1988 im Simplontunnel II zwischen km 7 und km 8 auf 1071 m Länge die vorhandene Kettenfahrleitung des Simplontunnels (s. 14.8.3.2.) durch eine Stromschiene. Dadurch lassen sich die hinderlichen Tunneltragwerke demontieren, nebenbei kann man etwa 10 cm Fahrdrahthöhe einsparen. Die Meßfahrten ergaben, daß diese Stromschienenfahrleitung mit den neueren BBC-Stromabnehmern bis 140 km/h und mit dem Stromabnehmer WBL 85 bis 160 km/h zu befahren ist.

14.9. Weiterentwicklung der Fahrleitung bei der BLS

14.9.1. Doppelspur Hondrich - Frutigen und Ausbau der Bergstrecke

1964 BLS Hondrich - Frutigen (Doppelspurausbau)

Nach dem Zweiten Weltkrieg erforderte die Entwicklung des Reise- und Güterverkehrs der Lötschbergbahn den von Th. Isler⁴³⁸ beschriebenen Ausbau der Stationsanlagen der Bergstrecke mit Verlängerung der Kreuzungsgleise und den Doppelspurausbau Hondrich - Frutigen⁴³⁹. W. Grossmann⁴⁴⁰ stellt die damals beschafften bzw. umgebauten leistungsfähigen Triebfahrzeuge der BLS in Grundzügen dar. Entsprechend mußte man bei dem von R. Bratschi⁴⁴¹ skizzierten technischen Ausbau der Lötschbergbahn unter anderem die Fahr- und Speiseleitungen erneuern oder verstärken.

E. Grimm⁴⁴², weiter M. Kocher und B. Furrer⁴⁴³, beschreiben die ab 1961 den speziellen Bedürfnissen der BLS angepaßte Fahrleitung. Auf Teilstrecken mit erneuerter Fahrleitung führt man parallel zum fest abgespanntem 50 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil eine aus 150 mm² Kupferseil beste-

⁴³⁸ Technische Rundschau, 55 (1963), Nr. 27, Erweiterter Sonderdruck, S. 31 ff.

⁴³⁹ Der Öffentliche Verkehr, 21 (1965), Heft 1, S. 6 f.

⁴⁴⁰ Technische Rundschau, 55 (1963), Nr. 27, Erweiterter Sonderdruck, S. 56 ff.

⁴⁴¹ 100 Jahre bernische Eisenbahnpolitik. 50 Jahre Lötschberg Bahn 1913-1963, Bern 1963, S. 163 ff.

⁴⁴² Technische Rundschau, 55 (1963), Nr. 27, Erweiterter Sonderdruck, S. 74 ff.

⁴⁴³ EB, 78 (1980), S. 288 ff.

hende Verstärkungsleitung, der 150 mm² Kupferfahdraht ist mit 9,6 kN nachgespannt. Auf freier Strecke zwischen Frutigen und Brig genügten die vorhandenen Tragwerke von 1913 (s. 14.5.2.1.) statisch den größeren Fahrleitungsquerschnitten, weshalb man dort lediglich einen 150 mm² Kupferfahdraht gegen den abgenutzten vorhandenen auswechselte und auf der vorhandenen Tragisolation auf einem weiteren Diabolo-Isolator das 150 mm² Kupferseil als Verstärkungsleitung lagerte. Die auf eingleisigen Teilstrecken mitgeführte Speiseleitung besteht aus 95 mm² Kupferseil. Auf zweigleisigen Streckenabschnitten und auf eingleisigen Abschnitten in der Geraden verwendet man waagerechte Profilausleger mit Stützstrebe und Hängeisolation; der Fahdraht ist über angelenkte Seitenhalter am Stützrohr festgelegt. Im Gleisbogen eingleisiger Strecken ist das Kettenwerk windschief verlegt. In Stationen baut man Fischbauchträger mit Hängeisolatoren und Querspanner für die Seitenhalter ein. Die Stations-Schaltposten rüstete man ab 1960 mit Druckluftschnellschaltern für einen Nennstrom von 1500 A mit einer Abschaltleistung von 350 MVA aus. Nachspannung und Streckentrennung sind bei Doppelspur einfeldrig zwischen Abfangjochen ausgebildet, wobei die Streckentrennung immer in der Geraden liegt. Dieser Ausbau war 1965 abgeschlossen.

F 14.9.1./1

F 14.9.1./2

F 14.9.1./3

F 14.9.1./4

14.9.2. Doppelspurausbau der Bergstrecke

1979 BLS Kandergrund - Blausee-Mitholz
(Doppelspurausbau)

O. Käppeli⁴⁴⁴ stellt den Werdegang des 1976 beschlossenen Ausbaus der BLS auf durchgehende Doppelspur und den Umfang des Doppelspurprojekts dar. M. Kocher und B. Furrer⁴⁴⁵ beschreiben das für den zweigleisigen Ausbau der Lötschbergbahn 1978 gewählte Fahrleitungssystem.

Auf den für Doppelspur ausgebauten Abschnitten der freien Strecke der Lötschbergbahn besteht das nachgespannte Kettenwerk aus 150 mm² Kupfertragseil und 150 mm² Kupferfahdraht für eine Geschwindigkeit von 140 km/h im Lötschbergtunnel, 100 km/h auf den übrigen Abschnitten. Die Systemhöhe beträgt 1,6 m, die Regelfahrdrahthöhe außerhalb Überbauten 5,6 m, der Fahdrahtzickzack ±25 cm. Die Fahrleitung ist für eine Tragseil- und Fahdrahtzugkraft von 16 kN dimensioniert, jedoch nur mit 12 kN nachgespannt, da dies für die Stromabnahme genügt und die Montage erleichtert.

Die an einer starren Auslegerkonsole angeordneten Rohrschwenkausleger aus nichtrostendem Stahl lassen sowohl eine horizontale Verstellung des Tragseilbocks als auch

Z 14.9.2./1

⁴⁴⁴ SER, 3 (1980), S. 3 ff.

⁴⁴⁵ EB, 78 (1980), S. 288 ff.

Z 14.9.2./2

des Abzugsarms mit gekröpftem Seitenhalter zu; alle Armaturen sind rostfrei ausgebildet. Als Tunneltragwerk verwendet man ein an einem Hängerrohr über einen drehbaren Flansch isoliert befestigtes horizontales Auslegerrohr mit angelenktem Seitenhalter. Da im Zusammenhang mit dem Doppelpurarausbau der BLS etwa 3000 Löcher für die Montage von Fahrleitungsstützpunkten am Tunnelscheitel gebohrt werden mußten, setzte die BLS nach K. Schläfli⁴⁴⁶ einen Bohrautomaten ein, der die vier Bohrlöcher von etwa 20 bis 25 cm Tiefe gleichzeitig in 1 bis 2 Minuten bohrt.

Nachspannung und Streckentrennung sind in gleicher Weise dreifeldrig mit Abfangjochen und Radspannern in horizontaler Lage ausgeführt. Auf offener Strecke ist der Abstand zwischen Festpunkt und Nachspannvorrichtung auf höchstens 600 m, im Tunnel auf höchstens 450 m oder jeweils 15 Tragwerke festgelegt. Die erstmals beim Doppelpurarausbau Kandergrund - Blausee-Mitholz von Furrer & Frey eingebaute neue Fahrleitung ermöglicht Viertelstunden-Strombelastungen von 1500 bis 2000 A.

K. Müri und H. Faust⁴⁴⁷ stellen in einem Rückblick auf den elektrischen Zugbetrieb der BLS im Jahre 1982 fest, daß trotz Unterwerksleistungen von 26 MVA und einem Kettenwerksquerschnitt von 300 mm² Kupfer je Gleis die maximale Spannungsvariation der Fahrleitung mehr als 3 kV beträgt. Verkehren in Zukunft mehr Triebfahrzeuge mit Nutzbremse, wird der ganze Toleranzbereich von 12 kV bis 17,25 kV beansprucht.

⁴⁴⁶ GA, 108 (1984), S. 326 ff.

⁴⁴⁷ EB, 81 (1983), S. 248 ff.

15. Fahrleitungen für 15 kV 16 2/3 Hz in angrenzenden Ländern

1954 listet A. Mosler¹ Voraussetzungen für den Übergang elektrischer Triebfahrzeuge auf elektrisch betriebene Strecken benachbarter Eisenbahnverwaltungen auf. M. Keller² stellt den Stand der Entwicklung des elektrischen Bahnbetriebes über europäische Landesgrenzen hinweg dar, R. Berg und F. Rabanus³ berichten speziell über die Anpassung der Eisenbahngrenzübergänge im saarländischen Abschnitt der deutsch-französischen Grenze an die verschiedenen Stromsysteme von DB und SNCF. Y. Machefert-Tassin⁴ stellt 1963 neuere elektrische Mehrsystemfahrzeuge vor und gibt 1969 einen systematischen Überblick über Stromsystemwechselstellen in Europa⁵. 1971 beschäftigt sich U. Behmann⁶ ausführlich mit Stromsystemwechselstellen und Mehrsystemtriebfahrzeugen in Westeuropa. Diese Literatur erörtert jedoch nicht die Frage, welche Fahrleitungsbauarten auf mit 15 kV 16 2/3 Hz gespeisten Strecken vorhanden sind, die von Deutschland, Österreich oder der Schweiz in das benachbarte Ausland übergehen.

Hier seien nur jene Streckenabschnitte in angrenzenden Ländern berücksichtigt, die im Eigentum einer ausländischen Eisenbahnverwaltung stehen. Beispielsweise notiert die von H. W. Scharf⁷ der Öffentlichkeit zugänglich gemachte Übersichtskarte des Reichsbahndirektionsbezirks Breslau von Januar 1940 für die 1914 bzw. 1923 mit 15 kV 16 2/3 Hz elektrifizierten Teilstrecken Staatsgrenze bei Friedland - Halbstadt bzw. Staatsgrenze bei Strickerhäuser - Polaun den Kilometerwechsel nicht bei der Staatsgrenze, sondern jeweils bei dem im Ausland gelegenen Grenzbahnhof. Hier ist es ohne Bedeutung, daß sich nach der Einbeziehung des Sudetenlandes in das Großdeutsche Reich 1938 die Staatsgrenze verschoben hatte. Auch ist es müßig, der Frage nachzugehen, wie die Eigentumsverhältnisse in den genannten Gemeinschaftsbahnhöfen damals im einzelnen geregelt waren, da dort die Fahrleitung vermutlich ähnlich wie in Salzburg ohnehin der deutschen Eisenbahnverwaltung gehörte.

Aber auch bei grenzüberschreitenden Strecken zwischen Deutschland, Österreich und der Schweiz gab und gibt es bezüglich der Eigentumsverhältnisse verschiedene Spezialisi-

¹ DB, 28 (1954), S. 451.

² ETR, 8 (1959), S. 51 ff.

³ ETR, 10 (1961), S. 80 ff.

⁴ LVDR, Nr. 897 vom 19.05.1963, S. 16 ff.;

LVDR, Nr. 900 vom 9.06.1963, S. 18 ff.

⁵ LVDR, Nr. 1197 vom 8.06.1969, S. 4 ff.;

LVDR, Nr. 1205 vom 3.08.1969, S. 8.

⁶ EB, 42 (1971), S. 74 ff., 105 ff.

⁷ Eisenbahnen zwischen Oder und Weichsel, Freiburg im Breisgau 1981, Beilage.

täten; hier ist beispielsweise auch auf Nietmann's Eisenbahn-Atlas diverser Auflagen nicht immer Verlaß.

Amtliche Unterlagen der DRB notieren als Eigentümerin der Teilstrecke Staatsgrenze bei Freilassing - Salzburg Hbf "Österreichische Bundesbahnen (Bundesbahndirektion Linz)", wobei diese bei den Erläuterungen zu den Betriebslängen unter "Gepachtete und in Mitbetrieb genommene fremde Strecken" aufgelistet ist. Zu der Fahrleitung dieser 1916 elektrifizierten Teilstrecke (s. 3.2.2.) notieren amtliche Unterlagen der BBÖ: "Wurde von der deutschen Eisenbahngesellschaft gebaut und instandgehalten." Seit 1945 ist auch die Fahrleitung im Besitz der ÖBB.

D. Fichter⁸ und P. Nußberger⁹ beschreiben Planung und Bau der 1982 eröffneten nach DB-Normen erstellten Rosenheimer Verbindungskurve. Da die ÖBB hierfür die gesamten Bau- und Vorhaltungskosten übernahmen, notieren amtliche Berichte der DB hier: "Fahrleitung im Fremdbesitz".

Kompliziert sind die Eigentumsverhältnisse im schweizerischen Grenzgebiet, wo Eigentumsgrenze und Staatsgrenze oft nicht zusammenfallen: Deutlich sieht man dies bei den Strecken Feldkirch - Buchs (SG), wo nach Unterlagen der ÖBB bei km 17,338 die Staatsgrenze Liechtenstein/Schweiz und bei km 18,247 die Eigentumsgrenze ÖBB/SBB ist oder St. Margrethen - Bregenz, wo bei km 1,604 die Staatsgrenze Österreich/Schweiz und bei km 0,749 die Eigentumsgrenze ÖBB/SBB liegt. Damit gehen die ÖBB-Strecken in Buchs (SG) und St. Margrethen jeweils bis zur Einfahrweiche; ähnlich ist die Eigentumsgrenze SBB/FS in Iselle di Trasquera festgelegt.

A. Kuntzemüller¹⁰ und K. Weber¹¹ stellen die völkerrechtlich einzigartige Lage deutscher Bahnstrecken auf schweizerischem Gebiet und schweizerischer Bahnstrecken auf deutschem Gebiet in den Räumen Basel, Schaffhausen, Singen (Hohentwiel) und Konstanz heraus. Entsprechend sind die elektrifizierten Teilstrecken Staatsgrenze bei Weil (Rhein) - Basel Bad Bf - Staatsgrenze bei Lörrach-Stetten der DB auf schweizerischem Staatsgebiet heute mit unterschiedlichen Ausführungsformen der Regeloberleitung der DB ausgerüstet, dagegen die SBB-Linie Staatsgrenze bei Altenburg-Rheinau - Jestetten - Staatsgrenze bei Lottstetten auf deutschem Staatsgebiet mit Fahrleitungsbauarten der SBB.

⁸ EB, 80 (1982), S. 168.

⁹ DB, 58 (1982), S. 293 ff.

¹⁰ JdE, 3 (1952), S. 180 ff.

¹¹ Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, Bd. 4, Frauenfeld 1955, S. 695 ff.

1962 elektrifizierten die SBB die 1,24 km lange Strecke Kreuzlingen - Konstanz¹². Da für die DB damals eine baldige Umstellung der Schwarzwaldbahn Offenburg - Konstanz auf elektrischen Zugbetrieb nicht möglich erschien, überspannten die SBB auf eigene Kosten mit eigenem Material und Personal einige Gleise des der DB gehörenden Bahnhofs Konstanz. In gleicher Weise elektrifizierten die SBB die Verbindungslinie Kreuzlingen Hafen - Konstanz¹³, um ab Fahrplanwechsel jenes Jahres verschiedene Schnellzüge Schaffhausen - Romanshorn - Rorschach/St. Gallen über Konstanz zu führen.

Als in den siebziger Jahren die Schwarzwaldbahn doch noch elektrifiziert wurde, übernahm die DB soweit möglich die vorhandenen Fischbauchjoche im Bahnhof Konstanz und rüstete sie entsprechend den Normalien des BZA München um (s. 11.7.).

Gegenüber den genannten Besonderheiten sind jene Fahrleitungsbauarten, die auf mit 15 kV 16 2/3 Hz gespeisten Grenzstrecken von Deutschland, Österreich oder der Schweiz in das benachbarte Ausland übergehen, bemerkenswerter.

15.1. Verwendung von Fahrleitungsbauarten für die gleiche Nennspannung

1930	FS	Eigentumsgrenze bei Iselle di Trasquera - Domodossola
1933	SNCF	Staatsgrenze bei Boncourt - Delle
1953	FS	Staatsgrenze bei Thörl-Maglern - Tarvisio Centrale (ausschließlich)
1957	JZ	(Rosenbach -) Staatsgrenze im Karawankentunnel - Südportal des Karawankentunnels
1960	FS	Staatsgrenze bei Pino - Luino
1968	NS	Staatsgrenze bei Kaldenkirchen - Venlo

Nach den Ausführungen von H. Dupuis¹⁴ besorgen die SBB seit der Betriebseröffnung der Simplonlinie Brig - Domodossola im Jahre 1906 auch auf der italienischen Teilstrecke den Zugförderungsdienst. Dagegen gehören die ortsfesten Anlagen zwischen Iselle di Trasquera und Domodossola den FS, die, abgesehen von den Fahrleitungen, auch den Unterhalt besorgen; für den Fahrleitungsunterhalt dieser Teilstrecke besteht in Domodossola eine eigene Dienststelle der SBB. So kamen die FS und die SBB überein, diese Gebirgsstrecke bis 15.05.1930 mit 15 kV 16 2/3 Hz zu elektrifizieren. Dank umfangreicher Nachforschungen der Sektion Fahrleitungen der SBB-Kreisdirektion I in Lausanne

¹² SBB, 38 (1961), Heft 4, S. 14; SBB, 39 (1962), Heft 5, S. 12; EB, 34 (1963), S. 5 f.

¹³ SBB, 46 (1969), Heft 7, S. 10.

¹⁴ SBB, 33 (1956), S. 77 ff.

ist es möglich, die unterschiedlichen Fahrleitungsbauarten dieser Teilstrecke darzustellen.

Im April 1929 schloß die Generaldirektion SBB mit der Firma Tecnomasio italiano Brown, Boveri (Milano) einen Vertrag über die Erstellung der Fahrleitungsanlage Iselle di Trasquera - Domodossola auf Rechnung der FS. Man baute die regionale Fahrleitungsbauart des Kreises I ein: auf freier Strecke die Fahrleitung mit 100 m Spannweite, in Stationen Seiljoche (s. 14.6.2.1.). Für die Trag- und Seitenisolation verwendete man ausschließlich dreischirmige Stützisolatoren des Typs Beznau, der bei den SBB sonst nur bei Umgehungs- und Hilfsleitungen eingebaut wurde, bei Seiljochen Kappenisolatoren. Nach dem Lageplan und den Querprofilen des Bahnhofs Domodossola von 1930¹⁵ überspannte man dort zunächst nur 8 Gleise.

Die Elektrifizierung der Strecke Milano Centrale - Domodossola mit 3000 V Gleichspannung im Jahre 1947¹⁶ führte im Bahnhof Domodossola zum Ersatz der vorhandenen Fahrleitungsanlage durch die von A. Mazzoni¹⁷ beschriebene ab 1939 verwendete Einheitsfahrleitung der FS für 3000 V Gleichspannung. Im Bahnhof Domodossola besteht das Kettenwerk der beiden Stromsysteme aus festem 120 mm² Kupfertragseil und nachgespanntem 100 mm² Kupferfahrdraht. Etwa in der Mitte des Empfangsgebäudes trennte man nach dem Lageplan¹⁸ die 19 überspannten Gleise elektrisch längs in einen 3000 V- bzw. 15 kV-Teil.

Nach A. Mazzoni¹⁹ hat der von den FS verwendete zweischirmige Stützisolator unter Regen eine Überschlagsspannung von 70 kV und müßte demnach auch für eine Fahrdrabtspannung von 15 kV genügen. Nach einem Brief der Kreisdirektion I an die FS vom 23.07.1954 kam es im Bahnhof Domodossola vom 1.01.1953 bis 31.03.1954 zu 25 Kurzschlüssen. Rangierende Dampflokomotiven hatten die Isolatoren bei Vorbeifahrt und vor allem beim Aufenthalt verrußt. Die SBB schlugen vor, 150 zweischirmige FS-Isolatoren durch dreischirmige SBB-Isolatoren zu ersetzen. Wegen der größeren Bauhöhe der dreischirmigen Isolatoren gegenüber der zweischirmigen FS-Ausführung mußte man auch die Auslegerarme (Einsatzbogen) erneuern.

F 15.1./2

F 15.1./3

Die 1960 mit 15 kV 16 2/3 Hz elektrifizierte Strecke (Cadenazzo -) Staatsgrenze bei Pino - Luino erhielt von Anfang an die seit 1954 im Bahnhof Domodossola vorhandene

¹⁵ SBB Kreis I, Zeichnungen FA 2486-001, FA 2486-002, FO 2486-003.

¹⁶ SBB, 24 (1947), S. 90 f.

¹⁷ Norme pratiche per la costruzione e la messa in esercizio delle condutture di contatto 3.000 V corrente continua, Bologna ³1947.

¹⁸ SBB Kreis I, Zeichnung FO 2486.

¹⁹ Norme pratiche ..., Bologna ³1947, S. 37, Fig. 36.

FS-Fahrleitung mit verstärkter Isolation.²⁰ Während man in Luino die elektrische Systemtrennung etwa in Bahnhofsmittle beließ, ist seit 1972 das Gleis 1 des Bahnhofs Domodossola umschaltbar eingerichtet.²¹

Zur Verbesserung der Energieversorgung der Simplonsüdrampe errichteten die SBB nach H. Friedli²² 1969 in Varzo ein fahrbares Unterwerk; dennoch konnten die vorhandenen Fahrleitungsquerschnitte zwischen Iselle und Domodossola dem gestiegenen Verkehr nicht genügen. Seit 1979 lassen die FS von Domodossola ausgehend die von L. Pascucci²³ beschriebene neue Einheitsfahrleitung der FS mit nachgespanntem Kettenwerk und Kunststoffisolatoren einbauen. Nach Mitteilung der Kreisdirektion I ergeben sich auf der Simplonsüdrampe pro Gleis der freien Strecke folgende Querschnitte: 120 mm² Kupfertragseil, 100 mm² Kupferfahrdrabt, Verstärkungsleitung (Feeder) aus 2 x 120 mm² Kupferseil, die jede Nachspannung mit dem Kettenwerk leitend verbunden ist; im Tunnel 2 x 120 mm² Kupfertragseil und 2 x 100 mm² Kupferfahrdrabt. Als Erdseil ist je Gleis 120 mm² Aluminiumseil eingebaut. Die Stations-Schaltposten erstellten die SBB. F 15.1./4

Die "Compagnie des Chemins de fer de l'Est", der bis zur Verstaatlichung 1938 auch die Strecke Belfort - Delle gehörte, hatte keine elektrifizierten Linien. Die SBB rüsteten die Teilstrecke Staatsgrenze bei Boncourt - Delle mit dem südlichen Bahnhofsteil dieses Grenzbahnhofs mit der Fahrleitungsbauart des Kreises I mit 100 m Längsspannweite und Zwischenmasten aus²⁴ (s. 14.6.2.1.). F 15.1./1

Mehrfach würdigt A. Koci²⁵ die Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes auf der Teilstrecke Arnoldstein - Tarvisio, geht jedoch nicht auf die Fahrleitung ein. Weitgehend unverändert ist zwischen Staatsgrenze bei Thörl-Maglarn und der Streckentrennung Tarvisio Centrale wie auf der anschließenden ÖBB-Strecke die vereinfachte Einheitsfahrleitung 1949 der ÖBB ohne Y-Beiseil mit angelenkten Seitenhaltern aus Seilen (s. 13.8.2.) vorhanden.

Im Zuge der Elektrifizierung der Strecke Rosenbach - Jesenice rüsteten die JZ ihren Teil des Karawankentunnels mit der Tunnelfahrleitung der Einheitsfahrleitung 1949 der ÖBB (s. 13.8.2.) aus.

²⁰ SBB, 37 (1960), Heft 7, S. 10 f.

²¹ SBB, 49 (1972), S. 133.

²² SBB, 46 (1969), Heft 9, S. 10 f.

²³ Conduiture di contatto per esercizio ad alta velocità, Roma 1972.

²⁴ SBB, 44 (1967), Heft 7, S. 10 f.

²⁵ EB, 24 (1953), S. 316; EuM, 70 (1953), S. 513.

Die 1956 mit 1500 V Gleichspannung elektrifizierte Strecke Eindhoven - Venlo²⁶ rüsteten die NS mit der von J. P. Koster²⁷ dargestellten Gleichstromfahrleitung aus. G. Reichel²⁸ beschreibt anlässlich der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes auf der Strecke Köln - Mönchengladbach - Kaldenkirchen - Venlo im Jahre 1968 die Baumaßnahmen der DB, geht jedoch nicht auf Besonderheiten der von den NS auf ihrem Streckenabschnitt errichteten Fahrleitung ein.

Nach Mitteilung der NS übernahm man angesichts der sehr beschränkten Länge des zweigleisigen Streckenabschnitts Staatsgrenze bei Kaldenkirchen - Venlo für die freie Strecke die Fahrleitungsbauart von der DB. Diese ähnelt der zwischen Basel Bad Bf und Weil (Rhein) verwirklichten Bauart (s. 11.1.4.), jedoch mit nachgespanntem Kettenwerk und als Aufsetzmasten ausgebildeten Breitflanschträgerprofilen. Im Bahnhof Venlo mit etwa in der Mitte des Bahnsteigs eingerichteter Systemtrennung baute man ursprünglich nur 2 Bahnsteiggleise und 1 Zwischengleis auf 15 kV um. Die Fahrdrathöhe ist so gewählt, daß sie auf 15 kV-Seite (6,20 m) höher ist als der höchste Stand des NS-Stromabnehmers (5,95 m), womit ein elektrisches Triebfahrzeug der NS niemals mit der 15 kV-Fahrleitung in Berührung kommen kann. Umgekehrt würde ein nicht gesenkter DB-Stromabnehmer bei Fahrt vom 15 kV-Bereich vor Erreichen der mit 1500 V gespeisten NS-Fahrleitung zuerst das geerdete Zwischenstück berühren, wonach ein Schnellschalter die Fahrleitung abschaltet. Im 15 kV-Bereich des Bahnhofs Venlo besteht das Kettenwerk aus festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht, das über Doppelschirmisolatoren an Jochen aufgehängt ist. Später baute man auch die Fahrleitung einiger Gütergleise in dieser Weise um. Nach Planungen der NS soll der Bahnhof Venlo 1988 eine der Anlage des Bahnhofs Emmerich²⁹ entsprechende umschaltbare Systemwechselanlage erhalten.

15.2. Verwendung von Fahrleitungsbauarten für höhere Nennspannungen

1956	SNCF	Staatsgrenze bei Les Verrières de Joux - Pontarlier
1976	MAV	Staatsgrenze bei Nickelsdorf - Hegyeshalom
1983	SNCF	Staatgrenze bei Hanweiler-Bad Rilchingen - Sarreguemines

Auf Grund der zwischen den Regierungen von Frankreich und der Schweiz am 5.11.1954 getroffenen Abkommen, verbunden mit einem schweizerischen Darlehen von 200 Millionen Franken, verpflichtete sich die SNCF, verschiedene Zufahrtsli-

²⁶ JdE, 7 (1956), S. 214.

²⁷ JdE, 10 (1959), S. 21 ff.

²⁸ DB, 42 (1968), S. 363 ff.

²⁹ EB, 37 (1966), S. 126 ff.

nien zur Schweiz zu elektrifizieren: Réding - Strasbourg - Basel, Dijon - Dôle - Frasne - Vallorbe und Frasne - Pontarlier - Les Verrières.³⁰ Bemerkenswerterweise geschah dies nach drei verschiedenen Stromsystemen: 1500 V Gleichspannung, 25 kV 50 Hz und 15 kV 16 2/3 Hz.³¹ Von diesen Linien nahm man zunächst auf der bereits bis 1940 von den SBB betriebenen Strecke Pontarlier - Les Verrières 1956 den elektrischen Zugbetrieb mit 15 kV 16 2/3 Hz auf; S. Jacobi³² stellt die Geschichte der Franco-Suisse-Linie näher dar.

Die Teilstrecke Staatsgrenze bei Les Verrières de Joux - Pontarlier erhielt die von M. A. Crépet³³ beschriebene Regelbauart der SNCF für 25 kV 50 Hz für eine Höchstgeschwindigkeit von zunächst 100 km/h, später bis 120 km/h, mit nachgespanntem Kettenwerk und angelenkten Seitenhaltern, aber ohne Y-Beiseil. Bis zur Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes mit 25 kV 50 Hz auf den Strecken Dôle - Frasne - Vallorbe/Pontarlier im Jahre 1958 konnten elektrische SBB-Triebfahrzeuge im gesamten überspannten Bahnhof Pontarlier verkehren, seither sind die Fahrleitungen der durchgehenden Gleise etwa in Bahnsteigmitte mit einem geerdeten Zwischenstück elektrisch getrennt. F 15.2./1

Nach J. Csárádi³⁴ nahm man 1934 auf der gesamten Strecke Budapest - Hegyeshalom den elektrischen Zugbetrieb mit 16 kV 50 Hz auf, nach Mitteilung der ÖBB stellte man dort 1974 die Energieversorgung auf 25 kV 50 Hz um. Bei der Elektrifizierung der Linie Wien - Hegyeshalom bauten die MAV den Gemeinschaftsbahnhof Hegyeshalom zum Systemwechselbahnhof mit umschaltbarer Systemwechselanlage 25 kV 50 Hz/15 kV 16 2/3 Hz um.³⁵ Die Fahrleitung der Teilstrecke Staatsgrenze bei Nickelsdorf - Hegyeshalom entspricht nach Mitteilung der Generaldirektion ÖBB der Regelbauart für 25 kV 50 Hz der MAV.

Nach Sanierung der Signal- und Stellwerkanlagen des Bahnhofs Sarreguemines³⁶ war es möglich, in Verlängerung der seit 1981 von Brebach bis Hanweiler-Bad Rilsingen elektrifizierten zweigleisigen DB-Strecke auch die 1,3 km lange Grenzstrecke bis Sarreguemines auf elektrischen Betrieb mit 15 kV 16 2/3 Hz umzustellen. U. Behmann³⁷ beschreibt die Besonderheiten der Streckenausrüstung. Da die SNCF als niedrigste Fahrdrathöhe bei Betrieb mit 25 kV 50 Hz 4640 mm über SO zuläßt, war es bei Umstellung der bis-

³⁰ SBB, 35 (1958), S. 106 f.

³¹ EB, 25 (1954), S. 309 f.; GA, 80 (1956), S. 126 f.

³² Le chemin de fer Franco-Suisse et ses affluents régionaux, Les Verrières 1960.

³³ RGCF, 74 (1955), S. 497 ff.

³⁴ EB, 85 (1987), S. 61.

³⁵ ebt, 11 (1976), S. 68 f.

³⁶ LVDR, Nr. 1896 vom 2.06.1983, S. 4 ff.

³⁷ EB, 81 (1983), S. 121 f.

lang zweigleisigen Strecke auf eingleisigen Betrieb und Verwendung der tragseilarmen Fahrleitung der SNCF für 25 kV 50 Hz mit nachgespanntem Fahrdraht (s. 14.8.5.) möglich, auch bei einer Fahrdrahthöhe von 4650 mm über SO drei Überbauten im Stadtgebiet von Sarreguemines gerade noch zu unterfahren, darunter eine große Stahlfachwerkbogenbrücke über dem Weichenbereich. Da nur die aus einer Wendezuggarnitur (Pendelkomposition) bestehenden Nahverkehrszüge Saarbrücken - Sarreguemines elektrisch geführt werden sollten, überspannte die SNCF im Bahnhofs Sarreguemines nur ein Bahnsteiggleis und in der Verlängerung ein Abstellgleis.

Nach Mitteilung der BD Saarbrücken verpflichtete sich die DB, nur Triebfahrzeuge einzusetzen, deren geerdete Bauteile nicht höher als 4500 mm über SO liegen, wobei die Stromabnehmer der elektrischen Triebfahrzeuge eine niedrigste Arbeitshöhe von 4650 mm über SO haben müssen. Auf der Grenzstrecke dürfen die Ellok-Baureihen 140 und 141 eingesetzt werden.

15.3. Verwendung von Fahrleitungsbauarten für niederere Nennspannungen

- | | | |
|------|----|--|
| 1934 | FS | Eigentumsgrenze bei Brennersee - Brenner/
Brennero |
| 1953 | FS | Streckentrennung Tarvisio Centrale Seite Thörl-
Maglern - Tarvisio Centrale |
| 1957 | JZ | Südportal des Karawankentunnels - Jesenice |

Bei der Elektrifizierung der Brennerbahn berührte erstmals in Mitteleuropa ein mit 15 kV 16 2/3 Hz gespeistes Fahrleitungsnetz ein mit abweichendem Stromsystem betriebenes Streckennetz einer anderen Staatsbahnverwaltung. 1929 hatten die FS die Brennersüdrampe mit 3600 V 16,7 Hz Drehstrom elektrifiziert. - Da die Angaben über Nennspannung und Nennfrequenz des Drehstrombetriebes der FS in der Literatur unterschiedlich notiert sind, seien hier die Werte der nachstehend genannten italienischen Autoren übernommen. -

Es fällt auf, daß die mit Drehstrom elektrifizierte Teilstrecke Bozen/Bolzano - Brenner/Brennero der Brennerbahn vom übrigen mit Drehstrom betriebenen Netz der FS isoliert ist. M. Loria³⁸ begründet dies damit, daß die Notwendigkeit bestand, die im Friedensvertrag von Saint-Germain mit Österreich festgelegten Fristen aufgrund des Vorzugsrechts Italiens nicht verfallen zu lassen, da sonst Österreich hätte die Paßlinie mit Einphasenwechselstrom elektrifizieren können. Nach Mitteilung des Österreichischen Staatsarchivs, Archiv für Verkehrswesen, ist eine derartige Formu-

³⁸ Storia della trazione elettrica ferroviaria in Italia, Bd. 1, Genova 1971, S. 342.

lierung im Friedensvertrag von Saint-Germain-en-Laye nicht enthalten.

Die mit der elektrischen Zugförderung im Bahnhof Brenner/Brennero und auf der Brennersüdrampe zusammenhängenden Projekte, Bauarten und Probleme sind derart vielfältig, daß dies ausführlicher darzustellen ist.

Da die Elektrifizierung der Brennerstrecke etwa gleichzeitig auf der Nordrampe durch die BBÖ mit Einphasenwechselstrom, auf der Südrampe durch die FS mit Drehstrom durchgeführt wurde, war das Problem des Systemwechsels zu lösen. Ein ungenannter Verfasser schreibt hierzu 1929³⁹: "Der Plan, einen Teil des auf neitalienischem Boden liegenden Bahnhofes Brenner (Brennero) so auszurüsten, daß er von den österreichischen Lokomotiven befahren werden konnte, wurde von den Italienern abgelehnt. Die Österreichischen Bundesbahnen sahen sich daher genötigt, ihren elektrischen Betrieb noch vor der Staatsgrenze, die unmittelbar nördlich des italienischen Bahnhofes die Bahn schneidet, endigen zu lassen, und ihrer Verpflichtung, die Züge aus dem Bahnhof Brenner abzuholen, bzw. in diesen einzubringen, einstweilen durch Einschalten einer Strecke mit Dampftrieb nachzukommen. Dadurch entstand der in einer Steigung von 25 Promille und in einem Bogen von 250 m Halbmesser liegende Bahnhof Brennersee, dessen neues Empfangsgebäude nur 1300 m vom Betriebsgebäude des Bahnhofes Brenner entfernt ist."

Damit überspannten die FS zunächst den ganzen Bahnhof Brenner/Brennero mit der nach M. Loria⁴⁰ erstmals bei der Elektrifizierung La Spezia - Livorno 1926 verwendeten Ausprägung der Drehstromfahrleitung mit doppelter Isolation. C. Carli und Albertazzi⁴¹ notieren die Merkmale der Elektrifizierung der Brennersüdrampe.

A. Koci⁴² beschreibt das weitere Verfahren: "Nach einigen Jahren wurde dann eine Lösung in der Art gefunden, daß die Fahrleitungen im Bahnhof Brenner etwa in der Bahnhofmitte durch unüberbrückbare Trennstellen unterbrochen wurden; die südliche Hälfte des Bahnhofes wird mit Drehstrom, die nördliche Hälfte dagegen mit Wechselstrom gespeist."

Nach Betriebsaufnahmen ersetzten die FS im nördlichen Bereich des Bahnhofes Brenner/Brennero die vorhandenen Anker- und Tragisolatoren durch normal beim Stützpunkt im Tunnel verwendete Diabolo-Isolatoren⁴³; von den zwei gegeneinander isolierten Fahrdrähten beließ man nur einen. An der Systemtrennung waren etwa 1 m lange Holzlatten-Isolatoren

³⁹ ZVDEV, 69 (1929), S. 212 f.

⁴⁰ Storia della trazione elettrica ..., S. 420, Fig. 81.

⁴¹ EB, 16 (1940), S. 33 ff.

⁴² JdE, 8 (1957), S. 84.

⁴³ Storia della trazione elettrica ..., S. 421, Fig. 82.

eingebaut. Im Frühjahr 1934 fuhren die BBÖ durchgehend von Innsbruck zum Brenner elektrisch, ein halbes Jahr später erweiterten die FS den Drehstrombetrieb von Bozen/Bolzano nach Trient/Trento bzw. Meran/Merano. Die weiteren Planungen am Brenner sind durch den Kriegsverlauf bestimmt.

R. Haemmerle⁴⁴ schreibt in der deutschen Übersetzung des genannten Aufsatzes von C. Carli und Albertazzi über die Bedeutung der Strecke Brenner - Reggio Calabria: "Diese große Schlagader, deren handelswirtschaftliche und politische Bedeutung seit der Eroberung des italienischen Imperiums in Ostafrika derart zugenommen hat, daß man behaupten kann, daß die weitschauende Entscheidung ihrer Elektrisierung wirklich segensbringend gewesen ist, bildet die Fortsetzung der großen Strecke Berlin - München - Innsbruck - Brenner, deren Elektrisierung die Verbindung und den Austausch zwischen Deutschland und Italien immer leichter und schneller gestalten wird."

Nach dem Sturz Mussolinis am 25.07.1943 war es das Ziel der neuen Regierung, Italien so schnell wie möglich aus dem Krieg herauszuführen. E. Kreidler⁴⁵ stellt dar, daß ab 26.07.1943 ohne vorherige Vereinbarung mit der italienischen Regierung deutsche Divisionen nach Italien einmarschierten, was zu schweren Auseinandersetzungen mit dem italienischen Oberkommando führte, wodurch die ohnehin beschränkten Leistungsmöglichkeiten der FS weiter gemindert wurden: Wegen Betriebsschwierigkeiten konnten ab 28.07.1943 bis auf weiteres nur 8 Züge pro Tag über den Brenner gefahren werden. Als die Betriebsschwierigkeiten insbesondere über den Brenner anhielten, erklärte der Oberbefehlshaber Süd in seiner Lagebeurteilung vom 4.08.1943, daß es zur Sicherung der Versorgung nötig ist, das Bahn- und Nachrichtennetz fest in die Hand zu nehmen, sonst sei mit dem Verlust der Masse der in Südtalien (einschließlich Sizilien) befindlichen Truppen zu rechnen. Mitte August hatte sich in Nord- und Mittelitalien ein Rückstau von 50 bis 60 Nachschubzügen und 60 Kohlezügen gebildet, zudem erwies sich die Brennerstrecke als überlastet: Ab 1.09.1943 hatte der italienische Transportchef im Zugverteiler eine tägliche Belegung von 25 Plänen mit Versorgungszügen zugesagt.

Am Tag der Landung alliierter Truppen in Kalabrien schloß Italien am 3.09.1943 einen Waffenstillstand mit den Alliierten, worin sich Italien zum passiven Widerstand gegen die Deutschen und zur Lahmlegung der Eisenbahnen und aller sonstigen Verbindungsmittel verpflichtete. Das Oberkommando der Wehrmacht schaltete in kürzester Zeit die im deutschen Machtbereich stehenden italienischen Truppen aus. Am 9.09.1943 wurde die Wehrmachtverkehrsdirektion Italien

⁴⁴ EB, 16 (1940), S. 53 ff.

⁴⁵ Die Eisenbahnen im Machtbereich der Achsenmächte während des Zweiten Weltkrieges, Göttingen 1975, S. 97 ff.

nach Bologna und das bereitgestellte Eisenbahnpersonal zur Besetzung der Bahnhöfe Norditaliens bis in die Höhe von Florenz in Marsch gesetzt. In H. Kother⁴⁶ stand dem Reichsverkehrsministerium ein Fachmann zur Verfügung, der das elektrische Verkehrswesen in Italien im Herbst 1937 sehr genau studiert hatte.

Am 13.09.1943 übermittelte das RZA München der Elektrotechnischen Versuchsanstalt einen Isolatorsatz der Brennersüdrampe mit der Anfrage: "Reicht die Fahrleitungsanlage der mit 3,8 kV 16 2/3 Hz betriebenen Strecke Bozen - Brenner mit der dort verwendeten doppelten Isolation aus, um mit 15 kV Einphasen-Wechselstrom betrieben zu werden?" Der Bericht der Versuchsanstalt⁴⁷ notiert hierzu, daß der Isolatorsatz für 3,8 kV Gleich- oder Wechselspannung vollkommen ausreichend ist. Für 15 kV genügt er nur dann, wenn die Strecke nicht in größerem Umfang gemischt mit Dampflokotiven betrieben wird, weiter, wenn die Fahrleitungsisolation in regelmäßigen Abständen durch Überspannungsableiter geschützt ist, schließlich sind die Isolatoren in regelmäßigen Abständen zu reinigen. M. Loria⁴⁸ nennt für die auf der Brennersüdrampe eingebaute Isolatorkombination zwischen Fahrdraht und Erde unter Regen eine Überschlagespannung von 25 kV + 25 kV. Es sei angemerkt, daß die ÖBB bis 1964 Einfachschirmisolatoren mit einer Prüfwechselspannung bei Regen von etwa 50 kV einbauten (s. 13.8.2.).

Weiter soll nachvollzogen werden, ob das Lichtraumprofil der Brennersüdrampe für den Durchgang der Stromabnehmer von DRB-Triebfahrzeugen mit 15 kV Nennspannung genügt. Nach M. Loria⁴⁹ schreiben die FS bei Drehstrombetrieb im Freien eine Fahrdrähthöhe von 6,0 m über SO, im Tunnel 4,8 m über SO vor. An anderer Stelle notiert derselbe Verfasser⁵⁰ für den normalisierten Stromabnehmer der FS-Drehstromlokomotiven eine Wippenbreite von 1800 mm mit einem Arbeitsbereich von insgesamt 1620 mm. Nach K. Sachs⁵¹ beträgt der Abstand der beiden Fahrdrähte (Phasen) 760 bis 1160 mm mit einem Mittelmaß von 960 mm. Der Reichsstromabnehmer ist wohl 1950 mm breit und hat einen Arbeitsbereich von 1300 mm (hier gleich Schleifstücklänge), ist jedoch im Bereich der Auflaufhörner besser den Tunnels des österreichischen Netzes angepaßt (s. 2.3.). Ein Vergleich des Stromabnehmers der FS-Drehstromlokomotiven mit dem Reichsstrom-

⁴⁶ EB, 16 (1940), S. 63 ff.; in der ELS Innsbruck liegt ein von H. Kother verfaßter Bericht über eine Reise zum Studium des italienischen Verkehrswesens (26.09. bis 14.11.1937) auf.

⁴⁷ Bericht A 171 V/1944 aufgestellt am 13.06.1944.

⁴⁸ Storia della trazione elettrica ..., S. 421 f.

⁴⁹ Ebenda, S. 413.

⁵⁰ Ebenda, S. 437, Fig. 89.

⁵¹ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 253, Abb. 357.

abnehmer⁵² zeigt, daß dieser die Eckpunkte im Auflaufbereich des FS-Stromabnehmers trotz größerer Breite nicht erreicht. Die tiefste Fahrdrähtlage im elektrifizierten BBÖ-Netz betrug ebenfalls 4800 mm über SO⁵³, die Lokomotive E 94 hat eine größte Höhe von 4560 mm über SO⁵⁴. Damit hätten sich bei einer Umstellung der Brennersüdrampe von Drehstrombetrieb auf solchen mit Einphasenwechselstrom vermutlich auch vom Lichtraumprofil her kaum Schwierigkeiten ergeben.

Jedoch mag es unrealistisch erscheinen, eine 90 km lange Gebirgsstrecke mit einer Höhendifferenz von 1126 m einseitig mit 15 kV 16 2/3 Hz zu speisen. Nach Mitteilung der KWZ Innsbruck hatte die DRB im Juli 1943 die 110 kV-Bahnstromleitung von Matrei zum fahrbaren Unterwerk Gries 5 km nördlich des Bahnhofs Brenner in Betrieb genommen. Obwohl der Querschnitt je Gleis 4 x 100 mm² Kupferfahrdräht betrug, wäre auf dieser stark belasteten Strecke ein elektrischer Zugbetrieb mit 15 kV 16 2/3 Hz ohne zusätzliche Energieeinspeisung nicht möglich gewesen.

Nach Mitteilung von H. Petrovitsch sollte darauf kurzfristig die Teilstrecke Brenner/Brennero - Franzensfeste/Forzetta freitragend vom Unterwerk Gries aus (46 km) mit 15 kV 16 2/3 Hz gespeist und mit Lokomotiven der Baureihe E 94 der DRB befahren werden. Nach H. Petrovitsch legte man tatsächlich die vorhandene Drehstromfahrleitung dieser Teilstrecke versuchsweise an die Spannung 15 kV, mußte jedoch bereits nach 1 Minute wegen Überschlügen dieses Experiment abbrechen. Vom Unterwerk Matrei der ÖBB ist bekannt, daß es im 15 kV-Bereich des Bahnhofs Brenner/Brennero früher infolge Verrußung der Diabolo-Isolatoren durch die dort im Rangierdienst verwendeten Dampflokomotiven immer wieder zu Überschlügen gekommen ist.

1952 stellten die FS die Strecke Trient/Trento - Bozen/Bolzano - Meran/Merano von Drehstrombetrieb auf 3000 V Gleichspannung um⁵⁵, 1965 schließlich Bozen/Bolzano - Brenner/Brennero⁵⁶. Die zunächst mit in die Gleisachse verschobenem Doppelfahrdräht weiterverwendete Drehstromfahrleitung ersetzte man durch eine Kettenfahrleitung, im 15 kV-Bereich des Bahnhofs Brenner/Brennero mit verstärkter Isolation aus Kunststoff. Da zudem die dort früher im Rangierdienst eingesetzten Dampflokomotiven durch Diesellokomotiven ersetzt worden sind, ist jetzt das Isolations-

F 15.3./2

⁵² EB, 17 (1941), Eh. S. 107, Bild 4.

⁵³ Österreichische Bundesbahnen. SB 30. Bedienungsvorschrift für die Leitungsanlagen der elektrisch betriebenen Hauptbahnen (ausgenommen die Strecke Stainach-Irdning - Attnang-Puchheim) und der Mittenwaldbahn. Gültig ab 1. Jänner 1934, Beilage 5.

⁵⁴ EB, 17 (1941), Eh. S. 118, Bild 25.

⁵⁵ EB, 23 (1952), S. 240.

⁵⁶ EB, 36 (1965), S. 302.

verhalten der FS-Fahrleitung im 15 kV-Bereich des Bahnhofs Brenner/Brennero normal.

M. Schantl⁵⁷, A. Sollath u. a.⁵⁸ und W. Rutz⁵⁹ listen Projekte zur Verkürzung der Brennerbahn auf. Es ist bemerkenswert, daß W. Rösch und H. Schneider⁶⁰ anscheinend ohne Kenntnis der Planungen der DRB während des Zweiten Weltkriegs als Beitrag zur Modernisierung der Brennerbahn die Umstellung der Teilstrecke Brenner/Brennero - Brixen/Bressanone oder Bozen/Bolzano auf 15 kV 16 2/3 Hz vorschlagen und notieren: "Bei dieser Sachlage ist es mehr als zweifelhaft, ob der Ersatz des Drehstroms durch Gleichstrom jetzt und vor allem auf die Dauer gesehen die richtige Maßnahme ist."

Nach R. Marini⁶¹ zeigte sich bereits 1979 in Verona bei einem Rundgespräch über neue Perspektiven zur Brennerbahn, daß ein etwa 30 km langer Tunnel Matrei oder Steinach - Sterzing/Vipiteno einem langen Basistunnel vorzuziehen ist. Der Systemwechsel sollte in Sterzing/Vipiteno erfolgen.

W. Pycha⁶² stellt die neuere Entwicklung der Projekte um die Brennerachse ausführlich dar. 1981 erklärte ein aus DB, ÖBB und FS bestehendes Expertenteam, daß anstelle eines sehr langen Tunnels ein aufgelockertes Projekt in Erwägung gezogen werden muß, das den Basistunnel in mehrere kürzere Tunnels auflöst. Der längste Tunnel zwischen Patsch und Sterzing/Vipiteno sollte nurmehr eine Länge von 36 km aufweisen. Die FS erklärten definitiv, daß am Süden- de des Tunnels ein Grenz- und Betriebsbahnhof vorgesehen werden muß, der auch gleichzeitig Rangieraufgaben ausführt. Es wurde ferner fixiert, daß dieser Bahnhof in Freienfeld/Campo di Trens zu errichten ist, weil sonst zwischen Brenner und Bozen keine ausreichenden Flächen vorhanden sind. Bei einer Verwirklichung dieses Projekts wird die Brennerbahn nördlich Freienfeld/Campo di Trens mit 15 kV 16 2/3 Hz betrieben.

Nach A. Schneider⁶³ hatten die FS die Pontebbana Tarvisio - Pontebba - Udine 1935 mit 3000 V Gleichspannung elektri-

⁵⁷ Tiroler Wirtschaftstudien, Bd. 10: Hundert Jahre Tiroler Verkehrsentwicklung 1858-1958, Innsbruck 1961, S. 231 ff.

⁵⁸ 100 Jahre Brennerbahn 1867-1967, Innsbruck 1967, S. 53 ff.

⁵⁹ E. Weigt (Hg.), Nürnberger wirtschafts- und sozialgeographische Arbeiten, Bd. 10: Die Alpenquerungen, Nürnberg 1969, S. 130 ff.

⁶⁰ ETR, 11 (1962), S. 412 ff., 510 f.

⁶¹ Ingegneria Ferroviaria, (1979), S. 581 ff.

⁶² Die Bahnverbindungen über die Alpen unter besonderer Berücksichtigung von Triest, Wien 1984, S. 13 ff.

⁶³ Gebirgsbahnen Europas, Zürich 1963, S. 180.

F 15.3./3

fiziert. Dies geschah mit der von K. Sachs⁶⁴ dargestellten bis 1939 eingebauten Einheitsfahrleitung der FS mit einem zweischirmigen Stützisolator als Tragisolation und einer an einem Auslegerarm befestigten Kombination aus Rillen- und Hängeisolator als Seitenisolation. Bei der Elektrifizierung der Strecke Staatsgrenze bei Thörl-Maglern - Tarvisio Centrale mit 15 kV 16 2/3 Hz im Jahre 1953 baute man etwa in Bahnhofsmittle Tarvisio Centrale eine Systemtrennstelle ein und ersetzte im 15 kV-Bereich die vorhandene Seitenisolation samt Auslegerarmen durch die ab 1939 verwendete von A. Mazzoni⁶⁵ beschriebene Bauart mit einem zweischirmigen Stützisolator wie bei der Tragisolation. Im Gegensatz zu Domodossola und Jesenice gab es im Bahnhof Tarvisio Centrale mit diesem zweischirmigen Isolator kaum Überschläge, da in Tarvisio schon lange keine Dampflokomotiven mehr verkehren; zudem hat es in Tarvisio keine Schwerindustrie. Nach einem Dienstbehelf der ÖBB⁶⁶ bauten die FS auch im Großen Goggauer-Tunnel ihre Fahrleitungsbauart ein.

W. Pycha⁶⁷ spricht vom "Generalumbau des mit zwei Fahrleitungen überspannten Bahnhofes Jesenice - für die ÖBB-Traktion mit einem 15 kV-Wechselstrom- und für die JZ-Traktion mit einem 3 kV-Gleichstromsystem - ..." Den Jugoslawischen Staatsbahnen JZ fielen durch den Friedensvertrag mit Italien auch Teile des vor dem Zweiten Weltkrieg mit 3000 V Gleichspannung elektrifizierten Bahnnetzes in Istrien zu.⁶⁸ Für die in den fünfziger Jahren aufgenommene Elektrifizierung von Eisenbahnstrecken in Slowenien behielten die JZ das Stromsystem bei und verwendeten für die Streckenausrüstung die Einheitsfahrleitung der FS in der nach 1939 verwirklichten Ausprägung. Auch die seit 1957 mit 15 kV 16 2/3 Hz betriebene Teilstrecke (Rosenbach -) Südportal des Karawankentunnels - Jesenice erhielt diese Bauart, jedoch nur mit einem Fahrdrabt. Ähnlich wie in Pontarlier (s. 15.2.) konnten elektrische ÖBB-Triebfahrzeuge von 1957 bis 1964 alle überspannten Gleise des Bahnhofes Jesenice mit eigener Kraft befahren. Die Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes Jesenice - Ljubljana mit 3000 V Gleichspannung⁶⁹ führte in diesem Jahr zum Einbau einer Systemtrennstelle etwa in Bahnsteigmitte.

Nach Mitteilung der ELS Villach kam es infolge starker Verschmutzung der Isolatoren durch das Stahlwerk Jesenice

⁶⁴ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 216 f., Abb. 290 f.

⁶⁵ Norme pratiche per la costruzione e la messa in esercizio delle condutture di contatto 3.000 V. corrente continua, Bologna ³1947, S. 12 f., Abb. 3 f.

⁶⁶ DB 926/1, Ausgabe 1974, S. 44 f.

⁶⁷ Die Bahnverbindungen über die Alpen unter besonderer Berücksichtigung von Triest, Wien 1984, S. 73.

⁶⁸ EB, 27 (1956), S. 195.

⁶⁹ LVDR, Nr. 1540 vom 25.04.1976, S. 39 ff.

häufig zu Überschlägen mit Schalterauslösung im Unterwerk Warmbad Villach. Deshalb sollten sämtliche zweischirmige Isolatoren der mit 15 kV gespeisten JZ/FS-Fahrleitung durch eine dreischirmige Bauart ersetzt werden. Leider war dies nur bei der Tragisolation möglich, da man bei Einbau dieser Isolatoren als Seitenisolation ähnlich wie in Domodossola hätte sämtliche Auslegerarme ersetzen müssen (s. 15.1.). Schließlich bauten die JZ 1986 anstelle der im 15 kV-Bereich des Bahnhofs Jesenice noch vorhandenen zweischirmigen Porzellan-Isolatoren solche aus Teflon französischer Fertigung ein, wie sie bei der 25 kV-Fahrleitung der JZ verwendet werden. F 15.3./4

16. Ergebnisse - Querverbindungen - Schlußfolgerungen

16.1. Deutschland

Der DRB stand kein für hohe Geschwindigkeiten uneingeschränkt tauglicher Stromabnehmer zur Verfügung. Konnte man bei Verwendung von Aluminiumschleifstücken hoffen, eine für höhere Geschwindigkeiten brauchbare Bauart verwirklichen zu können, erwiesen sich sowohl die auf Kohleschleifstücke umgerüsteten Stromabnehmer als auch die neueren Bauarten mit Kohleschleifstück für Geschwindigkeiten von mehr als 120 km/h als unbrauchbar. Erst in den fünfziger Jahren gelang es, einen bis 160 km/h verwendbaren Scherenstromabnehmer mit Doppelwippe zu konstruieren. Den Geschwindigkeitsbereich bis 200 km/h beherrscht man mit einem Anfang der sechziger Jahre entwickelten leichten Stromabnehmer österreichischer Konstruktion. Ein weiterentwickelter Einholmstromabnehmer ermöglicht beim ICE eine gute Stromabnahme bei Geschwindigkeiten über 400 km/h.

Am Anfang des Fahrleitungsbaus für hochgespannten Einphasenwechselstrom stehen Firmenbauarten: AEG und SSW bauten zunächst festes Kettenwerk oder Einfachfahrleitung ein, ab etwa 1910 AEG nachgespanntes Kettenwerk, SSW ein aus festem Tragseil, festem Zwischentragdraht und nachgespanntem Fahrdraht bestehendes Verbundkettenwerk und BEW ein aus festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht gebildetes Kettenwerk; die Fahrleitungsbauarten anderer Firmen blieben für die Weiterentwicklung ohne Bedeutung. Ab 1923 baute die DRB ein aus festem 50 mm² Stahltragseil und nachgespanntem 100 mm² Kupferfahrdraht bestehendes Kettenwerk ein, was in den Fahrleitungsvorschriften 1924 und 1926 festgeschrieben ist. Da sich die Einheitsfahrleitung 1931 für Geschwindigkeiten von mehr als 120 km/h als ungeeignet erwies, baute man bei Neuelektrifizierungen verschiedene Versuchsbauarten ein: Mitte der dreißiger Jahre unter anderem Fahrleitungsbauarten mit festem Tragseil, nachgespanntem Fahrdraht und Y-Beiseil oder einem Federhänger am Stützpunkt, weiter nachgespanntes Kettenwerk; Ende der dreißiger Jahre vollelastische Bauarten. Die Eingliederung der BBÖ in die DRB mit der Schaffung des "Reichsstromabnehmers" führte in der Geraden zur windfesten, im Gleisbogen zur windschiefen Fahrleitung.

Da auch all diese auf der Einheitsfahrleitung 1931 aufbauenden weiterentwickelten Fahrleitungsbauarten für hohe Geschwindigkeiten ungeeignet und die als vollelastisch bezeichneten Bauarten bei Bau, Unterhalt und Störungsbeseitigung zu aufwendig waren, entwickelte das RZA München eine als Fahrleitung Bauart 1942 bezeichnete Bauart mit nachgespanntem Kettenwerk und Y-Beiseil am Stützpunkt. Sowohl bei der DB als auch bei der DR führte deren Weiterentwicklung zu einer als Regelfahrleitung 1950 bezeichneten Einheitsfahrleitung für eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h, die in verschiedenen Varianten rationell einzubauen und zu unterhalten ist. Die Umbaufahrleitung 1950 ermöglichte mit geringem Aufwand die Anpassung älterer

Fahrleitungen mit festem Tragseil für höhere Geschwindigkeiten. Grundsätzlich verwendet man 50 mm² Bronzetragseil und 100 mm² Kupferfahrdraht. Preßklemmen, stromfeste Hänger und schaltungstechnische Maßnahmen lassen eine Anhebung der Dauerstrombelastung des Kettenwerks zu.

Handelt es sich bei der Oberleitung Re 200 der DB um eine Weiterentwicklung der Oberleitung Re 160, ist die Oberleitung Re 250 der DB mit nachgespanntem Kettenwerk aus 70 mm² Bronzetragseil und 120 mm² silberlegiertem Kupferfahrdraht mit hohen Nachspannkräften eine für Geschwindigkeiten über 400 km/h geeignete Neuentwicklung.

Tragseillose und tragseilarme Fahrleitungen haben sich in Betriebsgleisen so wie windschiefe Bauarten im Gleisbogen trotz momentaner Materialersparnis beim Bau bei der DB langfristig durchweg nicht bewährt. Weiter erwiesen sich Längsspannweiten von mehr als 75 m bei festem bzw. mehr als 80 m bei nachgespanntem Tragseil sowohl vom Windantrieb als auch vom dynamischen Verhalten des Kettenwerks bei höheren Geschwindigkeiten als nachteilig. Bei der Oberleitung Re 250 beträgt die Regelspannweite 65 m.

Sah man bei den ersten Elektrifizierungsvorhaben auf freier Strecke bei Doppelspur Jochkonstruktionen, bei eingleisigen Linien waagerechte Ausleger mit Stützstrebe jeweils mit ober- oder unterhalb montierten Diabolo-Isolatoren vor, ging man Mitte der zwanziger Jahre sowohl in Süddeutschland als auch in Schlesien auch bei zweigleisigen Strecken zu Auslegermasten mit waagerechtem Ausleger und Stützstrebe oder Zugstange und Diabolo- bzw. Stützisolator über. Ab Mitte der zwanziger Jahre baute man in Süddeutschland nur noch Schrägausleger ein und verwendete dort ab 1927 ausschließlich Stabisolatoren, in Schlesien dagegen Rohrschwenkausleger an Stützisolatoren. Anfang der dreißiger Jahre normte das RZA München die Bauteile und erstellte für die als Einheitsfahrleitung 1931 bezeichnete Bauart Einbauzeichnungen. Für diese und die darauf aufbauenden Bauarten übernahm man den Schrägausleger. Die zunächst versuchsweise Wiedereinführung des nachgespannten Kettenwerks führte zu verschiedenen Bauformen des Rohrschwenkauslegers, der in der Regelfahrleitung 1950 von der DB bzw. DR genormt worden ist.

Lagen die Seitenhalter in der Geraden ursprünglich abwechselnd auf Zug bzw. auf Druck, ordnen diese seit 1939 zuerst SSW, dann auch die anderen Firmen, grundsätzlich auf Zug an. Die Fahrleitung Bauart 1942, die Regelfahrleitung 1950 von DB bzw. DR sowie die Umbaufahrleitung 1950 der DB sehen bei Bauarten über 120 km/h angelenkte Leichtbau-seitenhalter vor. Die Oberleitung Re 250 notiert für alle Bauteile des Schwenkauslegers eine Aluminiumlegierung.

Verwendete man bei den Stützpunkten der freien Strecke vor der Elektrifizierung Nürnberg - Halle/Leipzig bei der DRB größtenteils als Einsetzmasten ausgebildete genietete Fachwerkmasten, bildet bei der Regelfahrleitung 1950 von

DB bzw. DR der geschweißte als Aufsetzmast ausgebildete Flachmast auf freier Strecke zunächst die Norm. Nachdem sich versuchsweise eingeführte Betonmasten in Schlesien und Süddeutschland über Jahrzehnte bewährt hatten, entwickelte die BD Nürnberg diese Bauart weiter. Betonmasten mit eingeschleuderten Dübeln, die auf gerammte Rohre oder Träger aufgesetzt und vergossen sind, bilden heute bei der DB die Regel.

In Bahnhöfen verwendete man bis Mitte der zwanziger Jahre im Regelfall Jochkonstruktionen mit Untergurt und oben bzw. unten liegenden Diabolo-Isolatoren. Ausgehend von Versuchsausführungen in Schlesien und Mitteldeutschland ging man etwa zu dieser Zeit allgemein zur Querseilaufhängung mit geerdeten Richtseilen und Hängestützen über. Die Einführung des Stabisolators ermöglichte eine Bauart mit je nach Kurvenradius einem oder zwei spannungsführenden Richtseilen, wobei alle Seitenhalter auf Zug liegen. Bei der Entwicklung der Regelfahrleitung 1950 konnte man die Querseilaufhängung der 1931 genormten Bauart mit als Aufsetzmasten ausgebildeten Winkelmasten grundsätzlich übernehmen. Aus Kostengründen und zur Verminderung der Störanfälligkeit bei Unregelmäßigkeiten ersetzte die DB die Querseilaufhängung zunächst durch Mehrgleisausleger, später, soweit möglich, durch Einzelmastausrüstung. Jochkonstruktionen baut man bei der DB nur in Sonderfällen ein.

Bildete man bei den ersten Elektrifizierungen zweigleisiger Strecken Nachspannung und Streckentrennung jeweils einfeldrig zwischen Abspannjochen aus, ging man etwa 1925 zur zweifeldrigen Nachspannung mit Fahrdrahtkreuzung, 1941 zur dreifeldrigen Nachspannung mit Parallelführung der Kettenwerke über. Während die RBD Breslau noch 1928 bei der einfeldrigen Streckentrennung zwischen Abspannjochen blieb und 1932 die Streckentrennung zweifeldrig mit Kettenwerksnäherung verwirklichte, baut man im übrigen Netz seit 1926 im Regelfall die dreifeldrige Ausführung mit Abspannmasten ein. Bei der Regelfahrleitung 1950 von DB bzw. DR sind Nachspannung und Streckentrennung im Regelfall dreifeldrig, bei der Oberleitung Re 250 der DB fünf-feldrig.

Betrachtete man bis Ende der dreißiger Jahre das Verhalten von Fahrleitung und Stromabnehmer überwiegend statisch, berücksichtigt man seit Anfang der vierziger Jahre zunehmend dynamische Gesichtspunkte. Galt früher bei Fahrleitungen eine hohe Elastizität als erwünscht, geht es nunmehr vor allem um eine möglichst gleichmäßige, geringe Elastizität. Man erkannte, daß alle als harte Punkte bezeichneten Masseanhäufungen an Kreuzungen, Überbauten, Streckentrennern, Weichenbespannungen oder Stromklemmen zu vermeiden sind. Durch konsequente Weiterentwicklung dieser Gedanken gelang es, eine für hohe Geschwindigkeiten geeignete Oberleitung zu konstruieren und vorhandene ältere Bauformen so zu ertüchtigen, daß jede elektrifizierte Strecke der DB mit der von den Neigungs- und Richtungsverhältnissen sowie dem Oberbau und den Sicherheitseinrich-

tungen höchstzulässigen Geschwindigkeit befahren werden kann.

16.2. Österreich

Für die Elektrolokomotiven der Arlbergbahn beschafften die BBÖ wegen des engen Profils des Arlbergtunnels ineinander geschachtelte Stromabnehmer unterschiedlicher Breite, deren Betrieb sich nicht störungsfrei gestaltete. Profilerweiterungsarbeiten ermöglichten die Verwendung normaler Scherenstromabnehmer, die für die bei den BBÖ gefahrenen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h genügten. Nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelte die österreichische Industrie aufbauend auf schweizerischen Erkenntnissen einen für Einbügelbetrieb geeigneten Scherenstromabnehmer von 1950 mm Breite, Anfang der sechziger Jahre einen für hohe Geschwindigkeiten brauchbaren leichten Einholmstromabnehmer.

Hatte man in Österreich bei den ersten Elektrifizierungen mit Einphasenwechselstrom zunächst die AEG-Fahrleitung mit festem Kettenwerk sowie die SSW-Bauart mit Zwischentragdraht eingebaut, ging man bereits bei der Elektrifizierung der Salzkammergutlinie eigene Wege: Auf freier Strecke findet sich bei allen drei Baulosen nachgespanntes Kettenwerk, dies auch in Bahnhöfen bei AEGU und ÖBBW, bei ÖSSW dort festes Tragseil und nachgespannter Fahrdraht. In Vorarlberg verwirklichte zunächst ÖBEG, später auch ÖSSW, eine Fahrleitung mit nachgespanntem Kettenwerk auf freier Strecke, festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht im Bahnhof.

Nachdem das 1919 errichtete Elektrisierungsamt zunächst ein Elektrifizierungsprogramm ausgearbeitet hatte, entwickelte es bis 1926 eine auf der Vorarlberger Bauart aufbauende Einheitsfahrleitung mit einem Kettenwerk aus 35 mm² Stahltragseil und 100 mm² Kupferfahrdraht. Erstmals sah man bei der Elektrifizierung der Tauerbahn auch im Bahnhof nachgespanntes Kettenwerk mit Bronzeseil als Tragseil vor. Für die Elektrifizierung der Strecken östlich Salzburg erhöhte man die Zugkräfte in Tragseil und Fahrdraht, ordnete am Stützpunkt ein Y-Beiseil an und vergrößerte die Längsspannweite von bislang 60 m auf 75 m. Für die Einheitsfahrleitung 1949 behält man dieses Kettenwerk bei, verwendet jedoch seit 1958 Kupfer-Stahl-Seil als Tragseil. Einfachfahrleitung findet sich gelegentlich in Güter- oder Industrieanschlußgleisen. Die für hohe Dauerstromstärken ausgelegte Einheitsfahrleitung 1977 mit einer größten Spannweite von 65 m hat ein aus 70 mm² silberlegiertem Kupferseil und 120 mm² silberlegiertem Kupferfahrdraht bestehendes Kettenwerk mit Y-Beiseil am Stützpunkt.

Für die Stützpunkte der freien Strecke wählte man bei der Einheitsfahrleitung 1926 den bei der ÖBEG-Fahrleitung bewährten Rohrschwenkausleger mit Doppelkopf-Vollkern-Isolator und Breitflanschträgern als Einsetzmasten, bei der

Einheitsfahrleitung 1938 mit angelenktem Seitenhalter beim Stützpunkt L. Bei der Einheitsfahrleitung 1949 änderte man die Armaturen des Stahlrohrauslegers unter Verwendung von Betonmasten. Der Ausleger der Einheitsfahrleitung 1977 mit grundsätzlich angelenktem Seitenhalter besteht aus einer Aluminiumlegierung.

Hatte man bei älteren Elektrifizierungen in Bahnhöfen überwiegend Jochkonstruktionen montiert, ging man bei der Einheitsfahrleitung 1926 zur Querseilaufhängung mit spannungsführenden Richtseilen an Winkelmasten über. Alle Bahnhöfe der Tauernbahn und die kleinen und mittleren Bahnhöfe der Teilstrecke Salzburg - Attnang-Puchheim haben Einzelmastausrüstung. Bei der Einheitsfahrleitung 1949 verwendet man je nach Zweckmäßigkeit Querseilaufhängung oder Mehrgleisausleger an Betonmasten, weiter Einzelmastausrüstung, wobei letztere Bauform bei den ÖBB allmählich verschwindet.

War die Nachspannung noch bei der Einheitsfahrleitung 1949 zweifeldrig mit gemeinsamer Nachspannung von Tragseil und Fahrdraht ausgeführt, ist sie bei der Einheitsfahrleitung 1977 wie die Streckentrennung grundsätzlich dreifeldrig mit getrennter Nachspannung von Tragseil und Fahrdraht ausgebildet; zudem sieht man nur halbe Nachspannfelder vor. Es ist bemerkenswert, wie die Einheitsfahrleitung 1949 etwa gleichzeitig für höhere Geschwindigkeiten und Stromstärken weiterentwickelt und unter Verwendung von legierten Aluminiumrohren und -armaturen zur erhaltungsarmen Einheitsfahrleitung 1977 ausgestaltet wurde.

16.3. Schweiz

Im Lauf der Jahrzehnte entwickelte die schweizerische Industrie eine ungewöhnliche Typenvielfalt an Stromabnehmern. Die Inbetriebnahme von mit nur einem Stromabnehmer bestückten Leichttriebwagen bei den SBB und der BLS-Betriebsgemeinschaft im Jahre 1935 führte nach Überwindung von Schwierigkeiten Ende der dreißiger Jahre dort zur allgemeinen Einführung des Einbügelbetriebs. Als Ergebnis jahrelanger Entwicklungsarbeit konnte BBC 1944 einen für 125 km/h gedachten Stromabnehmer vorstellen, der wider Erwarten im oberen Geschwindigkeitsbereich eine unbefriedigende Stromabnahme aufwies. Versuchsreihen führten zur Berücksichtigung aerodynamischer Phänomene, wodurch zunächst ein für 160 km/h geeigneter Scherenstromabnehmer und später nach ausländischen Vorbildern ein universell einsetzbarer Einholmstromabnehmer entstand.

Abgesehen von den ersten Elektrifizierungsvorhaben mit Einfachfahrleitung oder fest abgespanntem Kettenwerk, leiten sich die von den SBB und den schweizerischen Privatbahnen über Jahrzehnte montierten Fahrleitungsbauarten aus der durch das Weglassen des Zwischentragdrahtes vereinfachten SSW-Fahrleitung mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahrdraht ab. Als Tragseil verwendet man 50 mm²

Stahltragseil, als Fahrdraht 107 mm² Kupferfahrdrabt. Die Ausführung ist regional sehr verschieden: SBB-Kreis I baute eine Fahrleitung von 100 m Spannweite mit einem Zwischenmast in der Geraden ein, die Kreise II und III eine solche von 60 m Längsspannweite; allgemein ordnete man im Gleisbogen Bogenabzüge an. Nur der Kreis I sieht in Rangierbahnhöfen und in untergeordneten Gleisen sonstiger Stationen eine fest abgespannte tragseilarme Fahrleitung vor.

Von etwa 1930 bis in die sechziger Jahre versuchten SBB und schweizerische Privatbahnen auf kurvenreichen Abschnitten eingleisiger Strecken, den Fahrleitungsbau durch Anwendung der windschiefen Bauart zu verbilligen, bei den Kriegselektrifizierungen teilweise mit Kupfer-Stahl-Fahrdrabt oder Stahlfahrdrabt.

Die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeiten im Kreis I und höhere Primärstromstärken auf bestimmten Strecken der Kreise II und III führten zu einer Weiterentwicklung der regionalen Fahrleitungsbauart der Kreise II und III. Als sich Anfang der sechziger Jahre durch Fahrleitungs- und Stromabnehmerschäden erwiesen hatte, daß die bisherigen SBB-Fahrleitungsbauarten trotz ständiger Detailverbesserungen den Anforderungen nicht genügen können, entwickelte man für Hauptstrecken eine Bauart mit einem aus nachgespanntem 92 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil und nachgespanntem 107 mm² Kupferfahrdrabt bestehenden Kettenwerk mit Y-Beiseil am Stützpunkt.

Die BLS konstruierte zusammen mit der Industrie eine hoch belastbare Fahrleitung mit nachgespanntem 150 mm² Kupfertragseil und nachgespanntem 150 mm² Kupferfahrdrabt. Für Nebenlinien der SBB und die meisten schweizerischen Privatbahnen sieht man bei Umbauten oder Erneuerungsarbeiten ein aus festem 50 mm² Stahl-Kupfer-Tragseil und nachgespanntem 107 mm² Kupferfahrdrabt bestehendes Kettenwerk vor. Bei Industrieanschlußgleisen baut man auch eine tragseilarme vereinfachte Fahrleitung ein.

Sowohl die SBB als auch die schweizerischen Privatbahnen verwendeten auf eingleisigen Strecken zunächst waagerechte Ausleger mit Stützstrebe oder Ankerdrabt, auf Doppelspurstrecken die SBB Jochkonstruktionen. In Stationen sah man im Regelfall Joche mit Untergurt vor, verschiedentlich auch Seiljoche. Trag- und Seitenisolation bildete man später im Regelfall doppelt aus. Die SBB-Kreise II und III verwendeten meist Breitflanschträger, in den zwanziger Jahren zur Arbeitsbeschaffung auch Fachwerkmasten als Einsetzmasten, Kreis I als Aufsetzmasten ausgebildete Fachwerkmasten.

Die in den dreißiger Jahren elektrifizierten eingleisigen Privatbahnen haben auf freier Strecke in der Geraden gespreizte Ausleger, in Stationen Querträger mit Ankerdrähten (Gelenkträger), Mehrgleisenausleger, vereinzelt auch Fischbauchjoche, dies jeweils an Breitflanschträgern als

Einsetzmasten. Als Isolatoren verwendet man zunächst Kapfen-, später Stabisolatoren.

Während des Zweiten Weltkriegs zwang der Mangel an Materialien sowohl die SBB als auch die schweizerischen Privatbahnen zu einer Vereinfachung des Quertragwerks, wodurch es bei den SBB zu einer ersten Einheitsfahrleitung, bei einzelnen Privatbahnen zu durchgehend windschiefem Kettenwerk kam. Holzmasten auf freier Strecke sind in dieser Zeit die Regel, in Stationen finden sich anstelle von Breitflanschträgern auch Betonmasten.

Die nach der Normalisierung der Verhältnisse verwirklichten Elektrifizierungen von SBB und schweizerischen Privatbahnen unterscheiden sich bis in die sechziger Jahre, abgesehen von der Verwendung von Fischbauchjochen, kaum von den Vorkriegsbauarten. Bei den SBB brachte die R-Fahrleitung den Rohrschwenkausleger auf freier Strecke, in Stationen zuerst Fischbauchträger, jetzt Parallelträger, mit Hängeisolatoren für das Kettenwerk oder Hängesäulen für Rohrschwenkausleger.

Nachspannung und Streckentrennung wurden bei den SBB, abgesehen vom Kreis I, jahrzehntelang dreifeldrig mit Abspannmasten, jetzt auch ein- bzw. zweifeldrig mit Abfangjochen ausgeführt. Die schweizerischen Privatbahnen bilden je nach Streckengeschwindigkeit Nachspannung oder Streckentrennung völlig unterschiedlich aus, teilweise ersetzen Streckentrenner Streckentrennungen.

16.4. Generelle Entwicklungstendenzen

Ausgehend von Firmenbauarten unterschiedlicher Ausprägung ist nahezu jede Eisenbahnverwaltung ihre eigenen Wege gegangen. Dennoch ähneln die neueren Stromabnehmer und Oberleitungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz einander sehr.

Bis in die dreißiger Jahre entsprachen bei allen Bahnverwaltungen die Stromabnehmer den betrieblichen Forderungen. In der Schweiz und in Deutschland führte die Anhebung der Höchstgeschwindigkeit auf über 110 bzw. 120 km/h zu Problemen. Zwar gelang es in der Schweiz, mit der Doppelwippe und der damit verbundenen Einführung des Einbügelbetriebs, die notwendigen Voraussetzungen eines für hohe Geschwindigkeiten tauglichen Stromabnehmers zu schaffen, doch scheiterte die Verwirklichung zunächst an nicht erkannten aerodynamischen Phänomenen. Der in den fünfziger und sechziger Jahren in allen genannten Ländern geleisteten Entwicklungsarbeit verdanken die Bahngesellschaften zunächst Scherenstromabnehmer für Geschwindigkeiten bis 160 km/h, dann Einholmstromabnehmer für höhere Geschwindigkeiten.

Alle Staatsbahnverwaltungen der betrachteten Länder bauten zunächst ein Kettenwerk aus 50 mm² Stahltragseil und 100 bzw. 107 mm² Kupferfahrdraht ein; in Kriegszeiten verwen-

dete Ersatzstoffe haben sich nicht bewährt. Allgemein montiert man im Kettenwerk heute ein Tragseil aus Bronze, Stahl-Kupfer, Kupfer oder silberlegiertem Kupfer größeren Querschnitts, Gleiches gilt für den Kupferfahdraht, der zunehmend silberlegiert verwendet wird. Hatte man zunächst in Deutschland und Österreich die Fahrleitung mit relativ großem Zickzack verlegt, um durch große Längsspannweiten die Baukosten zu senken, mußte man später sowohl den Zickzack als auch die Spannweite wegen des Windabtriebs und der schlechen dynamischen Eigenschaften einer mit großer Spannweite verlegten Fahrleitung mit Zwischenmasten reduzieren. Bei den neuesten Bauarten von DB, ÖBB und SBB unterscheidet sich die Regelspannweite in der Geraden unabhängig vom Zickzack unwesentlich.

Hatten zunächst die BBÖ bei der Einheitsfahrleitung 1926 auf freier Strecke nachgespanntes Kettenwerk vorgeschrieben und ab 1933 auch im Bahnhof konsequent verwirklicht, seit 1938 mit Y-Beiseil am Stützpunkt, entwickelte das RZA München die Fahrleitung Bauart 1942. DB und DR elektrifizierten den größten Teil ihres Netzes mit nachgespanntem Kettenwerk und Y-Beiseil am Stützpunkt der Regelfahrleitung 1950.

Die SBB blieben über Jahrzehnte bei einem Kettenwerk mit festem Tragseil und nachgespanntem Fahdraht und verließen diese Bauart erst, als elektrische Triebfahrzeuge in Vielfachsteuerung mit hohen Geschwindigkeiten planmäßig verkehren sollten. Die in Deutschland und der Schweiz zur Kostenreduzierung in Kurven windschief neu- oder umgebauten Streckenabschnitte versucht man zügig zu normalisieren, da Unterhalt und Störungsbeseitigung schwierig sind und betriebliche Einschränkungen bestehen.

Für das Quertragwerk gründete man zunächst als Einsetzmasten ausgebildete genietete Flachmasten, Gittermasten oder Breitflanschträger. In Deutschland und Österreich verwendete man zunächst die Gittermasten im Bahnhof als Aufsetzmasten, nach dem Zweiten Weltkrieg in Deutschland auch die geschweißten Flachmasten der freien Strecke; bei den SBB tat dies anfangs nur der Kreis I. Heute bauen DB und ÖBB sowohl auf freier Strecke als auch im Bahnhof soweit möglich Betonmasten ein. SBB und schweizerische Privatbahnen bleiben bei dem als Aufsetzmast ausgebildeten Breitflanschträger.

Allgemein verwendete man anfänglich bei eingleisiger Strecke waagerechte Ausleger mit Stützstrebe oder Ankerdraht, bei Doppelspur Jochkonstruktionen, vor allem bei einem Zickzack von ± 20 cm mit Bogenabzügen auch auf freier Strecke. In Deutschland führte der Übergang vom Stütz- bzw. Diabolo-Isolator zum Stabisolator zur Verwendung des Schrägauslegers, in Österreich das nachgespannte Kettenwerk zum Rohrschwenkausleger mit Vollkern-Isolator. Während die SBB bis in die sechziger Jahre bei den genannten Konstruktionen geblieben sind und nur bei der Kriegsfahrleitung eine einfachere Auslegerform mit Stabisolator als

Tragisolation wählten, erhielten schweizerische Privatbahnen mit dem Spreizausleger und hängendem Stabisolator bereits in den dreißiger Jahren eine einfachere Konstruktion.

In Stationen und Bahnhöfen baute man zunächst allgemein Jochkonstruktionen mit Untergurt ein. Mitte der zwanziger Jahre gingen DRB und BBÖ zur Querseilaufhängung über, bei den SBB bauten die Kreisdirektionen I und III verschiedentlich Seiljoche ein. Heute montieren SBB und schweizerische Privatbahnen weiterhin Jochkonstruktionen, DR Querseilaufhängung, DB soweit möglich Einzelmastausrüstung, sonst Mehrgleisenausleger. Nachdem in Österreich bereits ab 1933 Bahnhöfe Einzelmastausrüstung erhalten hatten, baute man diese später auf Querseilaufhängung um und verwendet sonst Mehrgleisenausleger.

Die ÖBB sehen im Gegensatz zu DB, DR und SBB heute nur halbe Nachspannfelder vor. Die in Deutschland und der Schweiz anfangs häufig gewählte Form der einfeldrigen Nachspannung oder Streckentrennung mit Abspannjochen findet sich neuerdings wieder in der Schweiz. Die über Jahrzehnte in Deutschland eingebaute zweifeldrige Nachspannung mit Fahrdrhtkreuzung ist allgemein der seit den zwanziger Jahren in den SBB-Kreisen II und III ausgeführten dreifeldrigen Bauform mit Parallelführung der Kettenwerke gewichen. Auch die Streckentrennung wird seit dieser Zeit dreifeldrig mit Abspannmasten, bei der DB neuerdings fünffeldrig ausgeführt.

Betrachtet man Entwicklungsweg und regionale Varianten von Oberleitungsbauarten in den einzelnen Ländern, zeigen sich Unterschiede in Mentalität und Organisationsform.

Zufolge einer sehr straffen zentral gelenkten Organisation schufen zuerst die BBÖ 1926 eine bis heute ständig weiterentwickelte Einheitsfahrleitung, die ohne regionale Varianten im gesamten Bundesbahnnetz Österreichs eingebaut worden ist.

In Deutschland gelang 1924/26 zunächst die Vereinheitlichung des Kettenwerks, beim Quertragwerk wechselten regionale und Firmenbauarten einander ab. Eine 1931 genormte Einheitsfahrleitung konnte nicht bei allen Reichsbahndirektionen durchgesetzt werden und mußte wegen unbefriedigenden Verhaltens bei hohen Fahrgeschwindigkeiten in mehreren Stufen weiterentwickelt werden. Verschiedene Umbauten vermehrten die Typenvielfalt im elektrifizierten Netz der DRB. Eine während des Zweiten Weltkriegs in Grundzügen festgelegte Bauart sollte diese Typenvielfalt bereinigen. Obwohl sich die 1950 als Regelfahrleitung vorgeschriebene Oberleitung in jeder Hinsicht bewährte, ließen sich bei der DB regionale Sonderbauarten nicht vermeiden. Bei der heutigen Organisation der DB ist das nicht mehr möglich, erst recht nicht bei der DR.

In der Schweiz führte ein ausgeprägter Föderalismus zu regionalen Fahrleitungsbauarten der SBB, schweizerische Privatbahnen gingen meist ihre eigenen Wege. Erst die Notzeit des Zweiten Weltkriegs führte zu einer ersten Einheitsfahrleitung der SBB. Nach der Normalisierung der Verhältnisse lebte der Föderalismus wieder auf. So ist bei den SBB eine Einheitsfahrleitung nicht dekretierbar, vielmehr muß diese aus einem Konsens der Verantwortlichen der Zentrale mit den regionalen Instanzen erwachsen.

Bei allen Bahnverwaltungen stand die Nachkriegsentwicklung unter dem Zwang, bei gegenüber den Materialkosten überproportional ansteigenden Personalkosten und zunehmender Zugdichte mit kürzeren Arbeitsintervallen auf Hauptstrecken eine rasch einzubauende, hohen Ansprüchen genügende, Oberleitung mit minimalem Unterhaltungsaufwand zu erstellen. Überall hat sich gezeigt, daß am Kettenwerk nicht gespart werden kann: Nur ein nachgespanntes Kettenwerk mit hinreichenden Querschnitten und Zugkräften von Tragseil und Fahrdraht genügt über längere Zeit dem Betrieb. Dagegen läßt sich das Quertragwerk durch geeignete Festlegung der Stützpunkte gegenüber früher kostengünstiger erstellen. Zudem hat sich erwiesen, daß sich die Querseilaufhängung infolge einer Übertragung von Schwingungen von einem Kettenwerk auf benachbarte Kettenwerke für sehr hohe Geschwindigkeiten nicht eignet. Schließlich gilt bei der Auswahl unter verschiedenen Bauformen des Quertragwerks die Minimierung der Auswirkungen von Betriebsstörungen als wesentliches Kriterium.

Während man früher vor allem in Deutschland ältere Oberleitungsanlagen teilweise mehrfach umbaute, zeigt es sich, daß unter Berücksichtigung von Dimensionierung und Erhaltungszustand der vorhandenen Anlage meist ein Neubau dem Umbau vorzuziehen ist, da häufig weder Mastabstand oder Entfernung des Masts vom Gleis noch die aufzunehmenden Kräfte den heutigen Anforderungen entsprechen.

Allen Eisenbahnverwaltungen ist es nach unterschiedlichen Vorgaben und Entwicklungswegen gelungen, jeweils eine ihren speziellen Traditionen entsprechende Oberleitung für hohe Stromstärke und Geschwindigkeit zu entwickeln, womit es müßig ist, nach der "besten" Oberleitung zu fragen.

Blickt man auf außerhalb Deutschland, Österreich und der Schweiz gelegene Länder, deren Staatsbahnen meist aus historischen Gründen ein von den genannten Ländern abweichendes Stromsystem verwenden, ist es einerseits erstaunlich, daß beispielsweise eine für 3000 V konstruierte Fahrleitung bei günstigen Umweltbedingungen über Jahrzehnte klaglos mit 15 kV betrieben werden kann, andererseits ist es diesen Eisenbahnverwaltungen meist gelungen, aus einer für eine andere Nennspannung oder Primärstromstärke ausgelegten Regelbauweise eine Bauart für 15 kV zu verwirklichen, die allen betrieblichen Erfordernissen entspricht.

Schließlich hat es sich im Lauf der Jahrzehnte erwiesen, daß sich einer gegebenen Oberleitungsbauart eine bestimmte Höchstgeschwindigkeit nicht absolut zuordnen läßt. Immer ist die Optimierung des Systems Oberleitung/Stromabnehmer Voraussetzung für eine gute Stromabnahme, was hier nicht nur das Fehlen von Lichtbögen, sondern eine Minimierung der Kraftdifferenzen an der Berührungsfläche zwischen Fahrdraht und Schleifstück bedeutet. Die Anhebung der Normalspannung im Fahrdraht einer Kettenfahrleitung bewirkt nicht nur eine Verringerung der Elastizität, sondern auch eine Anhebung der Wellenausbreitungsgeschwindigkeit. Für einen elektrischen Regelzugbetrieb mit hohen Geschwindigkeiten unter einer Kettenoberleitung ist daher eine möglichst hohe Normalspannung im Fahrdraht erforderlich.

Das Erfassen dieser Zusammenhänge zeigt sich unmittelbar beim Vergleich von Fahrplänen: In der Einleitung wurde festgestellt, daß im Fahrplanjahr 1937/38 bei der DRB Diesel-Schnelltriebwagen mit einer Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h fuhren, mit Dampflok bespannte Schnellzüge bis 140 km/h, elektrisch geführte schnellfahrende Reisezüge bis 120 km/h. 50 Jahre später fahren elektrisch angetriebene EC- und IC-Züge der DB mit einer Höchstgeschwindigkeit von 200 km/h - bald ICE-Züge mit 250 km/h -, mit Diesellokomotiven geführte Schnellzüge mit 140 km/h; Diesel-Schnelltriebwagen und Dampflokomotiven sind aus dem Regelverkehr der DB verschwunden.

Entsprechendes gilt für Schnellfahrversuche auf der Schiene: Die DRB war stolz darauf, daß am 17.02.1936 ein diesel-elektrischer dreiteiliger Schnelltriebzug der Bauart "Leipzig" auf der Strecke Hamburg - Berlin eine Höchstgeschwindigkeit von 205 km/h erreicht hatte, am 11.05.1936 eine Dampflokomotive der Baureihe 05 mit einer Anhängelast von 197 t auf derselben Strecke 200,4 km/h. Am 1.05.1988 erzielte der ICE-Trieبزug der DB auf der Neubaustrecke Würzburg - Fulda eine Geschwindigkeit von 406,9 km/h.

17. Anhang

17.1. Anhang A:
Elektrifizierungsdaten

17.1.1. Deutschland

17.1.1.1. Deutsche Reichsbahn (DRB) und Deutsche Bundes-
bahn (DB)

17.1.1.1.1. Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes

In der Literatur finden sich hierüber folgende Bezeichnungen:

- Fertigstellungstermin
- Inbetriebnahme
- Technische Inbetriebnahme
- Offizielle Inbetriebnahme
- Inbetriebnahmedatum
- Tag der Inbetriebnahme
- Eröffnung
- Betriebseröffnung
- Datum der Eröffnung
- Eröffnung des elektrischen Betriebes
- Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes

In amtlichen Unterlagen verwendet die DB die letztgenannten Bezeichnungen bis 1974 bzw. ab 1975. Es ist abzuklären, was an einem in der Literatur in vorbezeichneter Weise bestimmten Tag im einzelnen geschehen ist.

Am Beispiel der Teilstrecke Offenburg - Villingen (Schwarzwald) der Schwarzwaldbahn seien die bei der Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes vorzufindenden Termine aufgelistet:

- 22.08.1975 Fertigstellung der Fahrleitungsanlage
- 25.08.1975 Spannungsprüfung und Freigabe der Strecke
- 26.08.1975 Probefahrt mit den für das Elektrifizierungsvorhaben Verantwortlichen (Werkstattfahrt) und gleichzeitig Lastprobefahrt
- 28.08.1975 Eröffnungsfahrt mit geladenen Gästen und Festakt
- 30.08.1975 Besichtigungsfahrten für das Publikum
- 24.09.1975 Elektrische Zugförderung einzelner Regelzüge
- 28.09.1975 Aufnahme des elektrischen Regelzugbetriebes mit Fahrzeiten für elektrische Traktion

Einzelne der aufgeführten Termine können bei der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes auf anderen Strecken entfallen, z. B. Besichtigungsfahrten für das Publikum oder elektrische Zugförderung einzelner Regelzüge, andere hingegen dazukommen, wie eine Fahrleitungsmeßfahrt oder Leistungsmeßfahrten elektrischer Triebfahrzeuge. Weiter ist es möglich, daß die Umstellung auf elektrischen Zugbetrieb vorübergehend oder auf Dauer nur einen Teil der Zuggattungen einer bestimmten Verkehrsrelation betrifft.

Die Vielzahl der Termine bei der Einrichtung des elektrischen Zugbetriebes einer Strecke führt in der Literatur häufig zu widersprüchlichen Angaben. In amtlichen Unterlagen versteht man unter Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes im Regelfall den ersten Tag, an dem zumindest ein Teil der Zuggattungen einer bestimmten Verkehrsrelation oder Teilstrecke dienstplanmäßig elektrisch gefahren wurde.

Sowohl in der allgemein zugänglichen Literatur als auch in nur für den Dienstgebrauch bestimmten Unterlagen der Eisenbahnverwaltungen findet sich eine ungewöhnliche Vielfalt von Eröffnungsdaten. Nur ein systematischer Vergleich ermöglicht eine Aussage darüber, für welchen Termin die größte Wahrscheinlichkeit der Aufnahme des elektrischen Zugbetriebes auf einer bestimmten Teilstrecke zutrifft.

Für die Reichsbahnzeit sind die als "Blaue Bücher" bezeichneten "Statistischen Angaben über die Deutsche Reichsbahn im Geschäftsjahr ..." die wichtigste Quelle, worin von 1925 bis 1941 unter "Elektrisch betriebene Strecken" jeweils für alle im betreffenden Jahr notierten Strecken der DRB mit elektrischer Traktion der Umstellungstermin mitgeteilt wird. Bei der DB ist der seit 1947 erscheinende "Jahresbericht über die elektrische Zugförderung" die wichtigste Quelle. Bis zur Ausgabe 1962 findet sich hier die jeweils weitergeführte vollständige Streckenliste, die 1963 überarbeitet abgedruckt worden ist; seither sind hier nur diejenigen Strecken aufgelistet, auf denen im Berichtsjahr der elektrische Zugbetrieb aufgenommen wurde.

Schließlich bilden Kursbücher und Dienstfahrpläne eine wichtige Quelle. Die Aufnahme des elektrischen Regelzugbetriebes auf einer bestimmten Teilstrecke legte bei der DRB erstmals die RBD München 1925 auf einen Fahrplanwechsel, später auch andere in Süddeutschland gelegene Reichsbahndirektionen; ab Mitte der dreißiger Jahre führte man dies im gesamten DRB-Bereich als Regelfall ein. Auch bei der DB legt man die Umstellung auf elektrischen Zugbetrieb soweit möglich auf einen Fahrplanwechsel.

Abkürzungen und möglichst knapp formulierte Hinweise ersetzen ausführliche Anmerkungen, wobei zunächst diejenigen Quellen genannt sind, die ein bestimmtes Datum bestätigen, dann durch einen Schrägstrich getrennt jene, die einen anderen Zeitpunkt nennen. Sofern bei einer Anmerkung kein Schrägstrich vorhanden sein sollte, finden sich in der Literatur nur von dem genannten Termin abweichende Daten, die meist Elektrifizierungsfestschriften entnommen sind.

Abkürzungen:

- FP: Das genannte Eröffnungsdatum fällt auf einen Fahrplanwechsel.
- DRB≤1941: In den einzelnen Bänden der Statistischen Angaben über die Deutsche Reichsbahn bis zum Geschäftsjahr 1941 findet sich das genannte Eröffnungsdatum.
- DB≤1962: In den einzelnen Heften des Jahresberichts über die elektrische Zugförderung der DB bis zur Ausgabe 1962 ist dieses Datum notiert.
- DB=1963: Nur in dem Jahresbericht über die elektrische Zugförderung der DB 1963 ist dieses Datum aufgeführt.
- ÖBB: siehe 17.1.2.1.
- SBB: siehe 17.1.3.1.

Bei Elektrifizierungsdaten ohne Randvermerke stimmen die Aussagen der Literatur überein.

Schließlich sei darauf hingewiesen, daß es wenig sinnvoll ist, hier sämtliche Güterzug- und Verbindungsstrecken des in Ballungsräumen dicht vermaschten Netzes der DRB bzw. DB detailliert aufzulisten, zumal sich bei gewissen im Ruhrgebiet gelegenen Teilstrecken der Hinweis findet: "Streckenabschnitte sind fertiggestellt, werden aber aus betrieblichen Gründen nicht elektrisch befahren."

14.08.1903	Niederschöneweide-Johannisthal - Spindlersfeld (6000 V 25 Hz)	1
01.01.1905	Murnau - Oberammergau (5500 V 16 Hz)	2
15.11.1906	Versuchsbahn bei Oranienburg (6000 V 25 Hz)	3
29.01.1908	Blankenese - Ohlsdorf (6300 V 25 Hz)	4
05.01.1911	Karlsruhe - Herrenalb (660 V / 8800 V 25 Hz)	5
18.01.1911	Dessau - Bitterfeld (10 kV 15 Hz)	
28.01.1911	Busenbach - Ittersbach (8800 V 25 Hz)	5
01.05.1911	Hamburg-Altona - Hamburg-Altona Kai (1500 V 25 Hz / 6300 V 25 Hz)	
29.08.1911	Ettlingen Holzhof - Ettlingen Staatsbf (8800 V 25 Hz)	5
28.10.1912	Garmisch-Partenkirchen - Staatsgrenze bei Scharnitz (15 kV 15 Hz)	6
29.05.1913	Garmisch-Partenkirchen - Staatsgrenze bei Griesen (15. kV 15 Hz)	

¹ EKB, 10 (1912), S. 77, Fußnote.

² Eindeutig belegt durch R. R. Rossberg, Die Lokalbahn Murnau - Oberammergau, Stuttgart 1970, S. 49./ DRB≤1941 und DB≤1963: 01.08.1904.

³ GA, 68 (1911), S. 61 und Organ, 65 (1910), S. 257./ W. Wechmann (Hg.), Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924, S. 13 und AEW, 44 (1921), S. 587: 17.01.1907.

⁴ DRB≤1941./ W. Wechmann: 1907; nach Glinski in Organ, 66 (1911), S. 213 begann am 1.10.1907 ein elektrischer Probetrieb.

⁵ Badisches Generallandesarchiv, Karlsruhe K 357/13196: Abnahmefahrt.

⁶ DRB≤1941 und DB≤1963; EKB 11 (1913), S. 119. / K. Trautvetter in AEW, 43 (1920), S. 1147 und W. Wechmann, S. 13 nennen als Eröffnungsjahr 1913 und als Stromsystem 10 kV 15 Hz bzw. 15 kV 16 2/3 Hz.

13.09.1913	Basel Bad Bf - Schopfheim - Zell (Wiesental) / Säckingen	
01.06.1914	Bitterfeld - Leipzig Hbf	7
01.06.1914	Nieder Salzbrunn - Halbstadt	
15.07.1915	Fellhammer Gbf - Gottesberg	
01.01.1916	Freiburg (Schlesien) - Nieder Salzbrunn - Gottesberg	8
01.08.1916	Salzburg - Freilassing - Berchtesgaden	9
01.04.1917	Königszelt - Freiburg (Schlesien)	
22.10.1919	Gottesberg - Ruhbank	10
08.12.1919	Ruhbank - Merzdorf (Schlesien)	10
16.01.1920	Merzdorf (Schlesien) - Schildau (Bober)	11
21.06.1920	Schildau (Bober) - Hirschberg (Riesengeb)	12
25.01.1921	Leipzig-Wahren - Leipzig-Schönefeld	13
17.08.1921	Ruhbank - Landeshut (Schlesien) - Liebau (Schlesien)	
22.09.1921	Bitterfeld - Leipzig Hbf (2. Elektrifizierung)	14

⁷ GA, 101 (1977), S. 38.

⁸ GA, 101 (1977), S. 38. / DRB≤1941 notiert für Lauban - Nieder Salzbrunn summarisch 1915 bis 1922, W. Usbeck in EB, 1 (1925), S. 33 für Königszelt - Dittersbach: 1917.

⁹ DRB≤1941 und DB≤1963./ GA, 101 (1977), S. 38:
01.08.1915.

¹⁰ GA, 101 (1977), S. 38./ DRB≤1941 notiert für Lauban - Nieder Salzbrunn summarisch 1915 bis 1922;
EB, 1 (1925), S. 33 und Organ, 83 (1928), S. 371 nennen für Dittersbach - Hirschberg das Jahr 1920.

¹¹ GA, 101 (1977), S. 38./ W. Wechmann, S. 13: 26.01.1920.

¹² W. Wechmann, S. 13./ K. Trautvetter in AEW, 44 (1921), S. 801 nennt für Dittersbach - Hirschberg: Ende 1919.

¹³ W. Wechmann, S. 13./ DRB≤1941 für Leipzig-Wahren - Leipzig-Engelsdorf: 08.10.1922.

¹⁴ W. Wechmann, S. 13./ DRB≤1941 für Zerbst - Leipzig: 19.12.1922.

25.01.1922	Dessau - Bitterfeld (2. Elektrifizierung)	15
15.04.1922	Hirschberg (Riesengeb) - Lauban	16
01.06.1922	Leipzig Hbf - Halle (Saale)	17
28.09.1922	Leipzig-Schönefeld - Engelsdorf	18
19.12.1922	Dessau - Güterglück	19
15.02.1923	Hirschberg (Riesengeb) - Polaun	
16.05.1923	Magdeburg Hbf - Güterglück	20
16.05.1923	Gütergleise Magdeburg Abzw. Elb- brücke - Magdeburg-Rothensee Rbf	20
01.09.1923	Lauban - Görlitz	
12.03.1924	Ohlsdorf - Poppenbüttel (6300 V 25 Hz)	
20.03.1924	Görlitz - Schlauroth Rbf	
23.02.1925	München Hbf - Garmisch-Partenkirchen	
04.03.1925	Tutzing - Kochel	
16.03.1925	München Hbf - Gauting (Nahverkehr)	
01.05.1925	Weilheim (Oberbay) - Peißenberg	
01.07.1925	Magdeburg Hbf - Magdeburg-Rothensee Rbf (Gütergleise)	
01.08.1925	München-Pasing - Herrsching	21

¹⁵ EB, 11 (1935), S. 4 und EB, 12 (1936), S. 50./ DRB≤1941 für Zerbst - Leipzig: 19.12.1922; W. Wechmann, S. 13: 09.04.1922.

¹⁶ W. Wechmann, S. 13./ DRB≤1941 notiert für Lauban - Nieder Salzbrunn summarisch 1915 bis 1922.

¹⁷ W. Wechmann, S. 13; EB, 11 (1935), S. 4; EB, 12 (1936), S. 50./ DRB≤1941: 19.12.1922.

¹⁸ EB, 11 (1935), S. 4 und EB, 12 (1936), S. 50./ DRB≤1941 und W. Wechmann, S. 13: 08.10.1922.

¹⁹ EB, 11 (1935), S. 4 und EB, 12 (1936), S. 50./ W. Wechmann, S. 13: 01.02.1923; DRB≤1941 für Magdeburg - Zerbst: 01.07.1923.

²⁰ EB, 11 (1935), S. 5 und EB, 12 (1936), S. 50./ W. Wechmann, S. 13: 26.06.1923; DRB≤1941: 01.07.1923.

²¹ DRB≤1941 und DB≤1963./ EB, 1 (1925), S. 290: 27.05.1925.

17.1.1.1.1.		475
04.10.1925	München Hbf - Landshut (Bay)	FP. ²²
21.12.1925	Staltach Abzw. - Penzberg Gbf - Penzberg Pbf	
01.02.1926	München-Moosach - München-Laim - München-Pasing	
23.08.1926	München Ost Rbf - München- Milbertshofen - Feldmoching	²³
03.10.1926	Landshut (Bay) - Neufahrn (Niederbay)	FP.
01.01.1927	Halle (Saale) Gbf mit Verbindungsstrecken	
03.01.1927	München Hbf - München Ost Pbf	
03.01.1927	München-Laim - München Süd	
19.03.1927	München Ost Pbf - Grafing	²⁴
12.04.1927	Grafing - Rosenheim	²⁴
15.05.1927	Neufahrn (Niederbay) - Regensburg Hbf	FP. ²⁵
15.07.1927	Rosenheim - Staatsgrenze bei Kufstein	²⁶
17.08.1927	München Ost Rbf	
02.10.1927	München Hbf - Maisach	FP. ²⁷
17.10.1927	Maisach - Nannhofen	²⁷
21.10.1927	München Ost Pbf - München Ost Rbf	
21.10.1927	München-Johanneskirchen - Ismaning	
28.01.1928	Breslau Freib Bf - Königszelt	
27.03.1928	Rosenheim - Traunstein	²⁸

²² EB, 2 (1926), S. 62./ DRB≤1941 und DB≤1963: 03.10.1925.

²³ DRB≤1941 und DB≤1963./ EB, 3 (1927), S. 123:
10.08.1926.

²⁴ EB, 4 (1928), S. 110./ DRB≤1941 und DB≤1963 für München
Ost Pbf - Rosenheim: 12.04.1927.

²⁵ EB, 4 (1928), S. 110./ DRB≤1941 und DB=1963:
11.05.1927; DB≤1962: 1.06.1927.

²⁶ DRB≤1941 und DB≤1962; EB, 4 (1928), S. 110./ DB=1963:
15.07.1928.

²⁷ DRB≤1941 und DB=1963./ DB≤1962: 16.10.1927.

²⁸ DRB≤1941 und DB=1963./ DB≤1962 für Rosenheim - Freilas-
sing: 20.04.1928.

03.04.1928	Kohlfurt - Lauban	
20.04.1928	Traunstein - Freilassing	29
22.06.1928	Lauban - Marklissa	
25.06.1928	Breslau Freib Bf - Breslau-Mochbern - Lohbrück (Groß Mochbern)	
15.05.1931	Nannhofen - Augsburg Hbf	FP. ³⁰
09.12.1931	Hirschberg (Riesengeb) - Zillerthal- Erdmannsdorf - Schmiedeberg (Riesen- geb) - Landeshut (Schlesien)	
15.05.1933	Augsburg Hbf - Ulm Hbf	FP. ³¹
15.05.1933	Stuttgart Hbf - Esslingen (Neckar)	FP.
15.05.1933	Stuttgart Hbf - Ludwigsburg (Vorortgleise)	FP.
01.06.1933	Esslingen (Neckar) - Plochingen - Ulm Hbf	32
01.06.1933	Kornwestheim - Stuttgart-Untertürkheim	
01.06.1934	Stuttgart Hbf - Kornwestheim Rbf (Gütergleise)	
01.06.1934	München Hbf - Dachau	
29.06.1934	Zillerthal-Erdmannsdorf - Krummhübel	33
02.07.1934	Leipzig-Wahren - Leipzig M Th Bf	
30.07.1934	München-Laim - München-Allach	
07.10.1934	Magdeburg Hbf - Köthen - Halle (Saale)	FP.
07.10.1934	Plochingen - Tübingen Hbf	FP. ³⁴

²⁹ DRB≤1941 und DB=1963./ DB≤1962 für Rosenheim - Freilassing: 20.04.1928.

³⁰ DRB≤1941 und DB=1963./ DB≤1962: 04.05.1931.

³¹ DRB≤1941 und DB=1963./ DB≤1962 für Augsburg - Neu Ulm: 03.04.1933.

³² DRB≤1941 und DB=1963./ DB≤1962: 15.05.1933.

³³ Bahneigentümerin: Riesengebirgsbahn-Gesellschaft m. b. H., Berlin-Wilmersdorf; Betriebsführerin und Betriebsleitung: Allgemeine Deutsche Eisenbahnbetriebs-Gesellschaft m. b. H., Berlin-Wilmersdorf.

³⁴ DRB≤1941 und DB≤1962./ DB=1963: 01.10.1934.

17.1.1.1.1.		477
17.12.1934	Augsburg Hbf - Donauwörth	35
15.05.1935	Donauwörth - Treuchtlingen - Nürnberg Hbf	FP. ³⁶
15.05.1935	Reichelsdorf - Nürnberg Rbf	FP. ³⁷
01.06.1935	Schönebeck (Elbe) - Schönebeck-Salzelmen	
15.08.1935	Nürnberg Hbf - Bw Nürnberg Hbf	
18.06.1936	Freiburg (BrsG) Hbf - Titisee - Neustadt (SchwarzW) (20 kV 50 Hz)	38
18.06.1936	Titisee - Seebrugg (20 kV 50 Hz)	38
22.05.1937	Busenbach - Ittersbach (8800 V 25 Hz) (2. Elektrifizierung)	FP.
15.12.1937	Geislingen (Steige) - Geislingen-Altenstadt ErzbF	
01.10.1938	München-Milbertshofen - Olching	39
01.01.1939	(Merzdorf -) Bk Obermerzdorf - Bk Krausendorf (- Landeshut)	
15.05.1939	Nürnberg Hbf - Probstzella - Saalfeld (Saale)	FP. ⁴⁰
15.05.1939	Stuttgart-Zuffenhausen - Leonberg	FP. ⁴¹
26.08.1939	Nürnberg Rbf - Fürth (Bay) Hbf	42

³⁵ DB≤1962./ DRB≤1941 und DB=1963 für Augsburg - Nürnberg:
10.05.1935. Da jedoch Froenau in ZVDEV, 75 (1935), S.
408 hier für Ende Dezember 1934 elektrische Zugförde-
rung notiert und W. Wechmann in EB, 11 (1935), S. 33
hier ab 01.01.1935 elektrischen Zugbetrieb nennt, ist
genannter Termin wahrscheinlicher.

³⁶ EB, 11 (1935), S. 83./ DB≤1962: 05.04.1935 ohne Bf
Treuchtlingen, dort: 10.05.1935. DRB≤1941 und DB=1963:
10.05.1935.

³⁷ s. oben. DB=1963 für Nürnberg Rbf Ausfahrt - Nürnberg
Rbf Einfahrt: 05.04.1935.

³⁸ DRB≤1941 und DB=1963./ DB≤1962:16.06.1936.

³⁹ DB=1963./ DRB≤1941 und DB≤1962 für "Güterbahnen im Rau-
me München": 19.06.1943.

⁴⁰ DB≤1962./ DRB≤1941 und DB=1963 für Nürnberg - Probst-
zella: 15.04.1939, Probstzella - Saalfeld: 15.05.1939.

⁴¹ DRB≤1941 und DB≤1961./ DB=1962 und DB=1963 für Stutt-
gart-Zuffenhausen - Renningen: 15.05.1939.

⁴² DRB≤1941 und DB=1963./ DB≤1962: 22.08.1939.

18.12.1939	Leonberg - Weil der Stadt	43
06.10.1940	Kehrbf Eybtal bei Geislingen (Steige) mit Verbindungsstrecken	FP.
15.12.1940	Saalfeld (Saale) - Rudolstadt (Thür)	
05.05.1941	Rudolstadt (Thür) - Weißenfels	FP.
06.1942	Berchtesgaden Hbf - Königssee (Oberbay) (bisher 1000 V =)	44
02.11.1942	Weißenfels - Großkorbetha - Leipzig Hbf	FP.
02.11.1942	Leipzig-Leutzsch - Leipzig-Wahren	FP.
17.02.1943	Weißenfels - Abzw. Goseck (- Naumburg) (3. Gleis)	
22.05.1943	Leipzig-Leutzsch - Wiederitzsch	
01.06.1943	(Camburg -) Abzw. Gs - Großheringen	
19.06.1943	Güterbahnen im Raume München	
15.07.1944	Nürnberg-Eibach - Hohe Marter	
02.10.1949	Stuttgart-Bad Cannstatt - Waiblingen	FP.
02.10.1949	Stuttgart-Untertürkheim Pbf - Abzw. Kienbach (- Waiblingen)	FP.
14.05.1950	Nürnberg-Dutzendteich - Regensburg Hbf	FP. ⁴⁵
08.10.1950	Lichtenfels - Coburg	FP. ⁴⁶
08.10.1950	Stuttgart Hbf - Ludwigsburg (Ferngleise)	FP. ⁴⁷
08.10.1950	Ludwigsburg - Bietigheim	FP. ⁴⁸

⁴³ DRB≤1941 und DB≤1961./ DB=1962 und DB=1963 für Renningen - Weil der Stadt: 18.12.1939.

⁴⁴ EB, 82 (1984), S. 162./ H. Harrer und B. Holcomb, Salzburger Lokalbahnen, Wien 1980, S. 221: 07.1942.

⁴⁵ DB≤1963 und Elektrifizierungsfestschrift: 15.05.1950.

⁴⁶ DB≤1963 und EB, 25 (1954), S. 111./ EB, 22 (1951), S. 76: 05.10.1950.

⁴⁷ DB≤1961./ DB=1962 und DB=1963: nicht aufgeführt.

⁴⁸ DB≤1962; EB, 22 (1951), S. 268; DB, 31 (1957), S. 772./ DB=1963; EB, 25 (1954), S. 111; DB, 28 (1954), S. 368: 10.11.1950. EB, 22 (1951), S. 76: 07.10.1950.

17.1.1.1.1.		479
07.10.1951	Bietigheim - Mühlacker	FP.
18.05.1952	Basel Bad Bf - Weil (Rhein) - Lörrach	FP. ⁴⁹
03.09.1952	Feucht - Altdorf (bei Nürnberg)	⁵⁰
05.10.1952	Weil (Rhein) - Efringen-Kirchen	FP.
23.05.1954	Bruchsal - Bretten - Mühlacker	FP. ⁵¹
03.10.1954	Fürth (Bayern) Hbf - Würzburg Hbf	FP. ⁵²
03.10.1954	Murnau - Oberammergau (bisher 5500 V 16 Hz)	FP.
03.10.1954	Würzburg Hbf - Würzburg Rbf - Veitshöchheim	FP. ⁵³
14.12.1954	Lindau Hbf - Staatsgrenze bei Lochau-Hörbranz	⁵⁴
03.01.1955	Traunstein - Ruhpolding	⁵⁵
18.05.1955	München Isartalbahnnhof - Höllriegelskreuth-Grünwald (bisher 700 V =)	
22.05.1955	Bruchsal - Heidelberg Hbf	FP. ⁵⁶
22.05.1955	Heidelberg Hbf - Heidelberg-Karlstor	FP. ⁵⁶
22.05.1955	Passau Hbf - Staatsgrenze bei Schärding	FP. ⁵⁷

⁴⁹ Elektrifizierungsfestschrift; EB, 25 (1954), S. 111./
DB≤1963 und DB, 31 (1957), S. 772 für Basel Bad Bf -
Weil (Rhein): 05.10.1952.

⁵⁰ DB=1963; EB, 25 (1954), S. 111; DB, 28 (1954), S. 368./
DB≤1962 und DB, 31 (1957), S. 772: 02.09.1952.

⁵¹ DB≤1963./ DB, 28 (1954), S. 368 und Elektrifizierungs-
festschrift: 22.05.1954.

⁵² DB=1963./ DB≤1962; DB, 31 (1957), S. 772; Elektrifizie-
rungsfestschrift: 02.10.1954.

⁵³ DB≤1962./ DB, 31 (1957), S. 772: 02.10.1954. DB=1963:
10.10.1954.

⁵⁴ DB≤1962; EB, 26 (1955), S. 24, 46; DB, 31 (1957), S.
772./ DB=1963: 01.12.1954.

⁵⁵ DB=1963; EB, 26 (1955), S. 284; EB, 27 (1956), S. 2./
DB≤1962; DB, 31 (1957), S. 772: 04.11.1955.

⁵⁶ Elektrifizierungsfestschrift; DB≤1963; EB, 27 (1956),
S. 2; DB, 31 (1957), S. 772: 05.05.1955.

⁵⁷ DB≤1962; DB, 31 (1957), S. 772./ DB=1963: 17.05.1955.
ÖBB: 18.05.1955. EB, 27 (1956), S. 2: 02.06.1955.

22.05.1955	Efringen-Kirchen - Freiburg (Brsg) Hbf einschließlich Güterstrecken in den Räumen Basel und Freiburg	FP. ⁵⁸
10.04.1956	Müllheim (Baden) - Neuenburg (Baden)	⁵⁹
28.05.1956	Verbindungsgleis Stuttgart Nord	
03.06.1956	Freiburg (Brsg) Hbf - Offenburg	FP. ⁶⁰
03.06.1956	Heidelberg Rbf - Mannheim Rbf	FP. ⁶¹
03.06.1956	Heidelberg Hbf - Mannheim- Friedrichsfeld	FP. ⁶¹
15.06.1956	Offenburg - Offenburg Rbf	
29.10.1956	Basel Bad Bf - Eigentumsgrenze in Richtung Basel SBB	⁶²
02.06.1957	Düsseldorf Hbf - Duisburg Hbf - Essen Hbf - Dortmund Hbf - Hamm (Westf)	FP. ⁶³
02.06.1957	Essen Hbf - Wattenscheid - Bochum Hbf	FP. ⁶³
02.06.1957	Offenburg - Ettlingen West - Karlsruhe Hbf	FP. ⁶⁴
02.06.1957	Rastatt - Durmersheim - Karlsruhe Hbf	FP. ⁶⁴
29.09.1957	Karlsruhe Hbf - Bruchsal	FP.
29.09.1957	München Hbf - München-Solln Großhesselhohe Isartalbahn	FP. ⁶⁵
29.09.1957	Veitshöchheim - Aschaffenburg Hbf	FP. ⁶⁶
01.10.1957	Mannheim-Friedrichsfeld - Darmstadt Hbf - Groß Gerau - Mainz-Bischofsheim	

⁵⁸ Elektrifizierungsfestschrift; DB≤1963; DB, 31 (1957), S. 772: 04.06.1955.

EB, 27 (1956), S. 2: 04.06.1955 (22.05.1955).

⁵⁹ DB≤1963; Hinweis in Festschrift./ EB, 28 (1957), S. 2; DB, 31 (1957), S. 772: 02.06.1956.

⁶⁰ Festschrift; DB≤1963; EB, 28 (1957), S. 2: 02.06.1956.

⁶¹ DB≤1963; EB, 28 (1957), S. 2: 02.06.1956.

⁶² DB≤1963./ SBB: 01.11.1956.

⁶³ DB≤1963./ Festschrift; DB, 31 (1957), S. 772: 01.06.1957.

⁶⁴ Festschrift; DB≤1963; EB, 29 (1958), S. 4: 04.07.1957.

⁶⁵ DB=1963./ DB≤1962: 03.10.1957.

⁶⁶ DB=1963./ Festschrift; DB≤1962; EB, 29 (1958), S. 4: 26.09.1957.

19.11.1957	Darmstadt Hbf - Frankfurt (M) Hbf und Verbindungsstrecken im Raum Frankfurt (M)	
15.12.1957	Karlsruhe Rbf mit Güterzugstrecken	
15.12.1957	(Karlsruhe -) Abzw. Windschläg - Offenburg Rbf	
15.01.1958	Aschaffenburg Hbf - Hanau Hbf - Offenbach - Frankfurt (M) Hbf	
15.01.1958	Hanau Hbf - Frankfurt-Mainkur - Frankfurt Süd	
01.04.1958	Appenweier - Staatsgrenze bei Kehl	
28.04.1958	Mainz-Bischofsheim - Mainz Süd	67
30.04.1958	Mainz-Bischofsheim - Kaiserbrücke - Mainz-Mombach	67
01.06.1958	Karlsruhe-Durlach - Pforzheim - Mühlacker	FP. ⁶⁸
01.06.1958	Karlsruhe Hbf - Graben-Neudorf - Schwetzingen - Mannheim Hbf	FP. ⁶⁹
01.06.1958	Heidelberg Hbf - Mannheim Hbf - Mainz Hbf - Koblenz Hbf	FP.
01.06.1958	Mannheim-Friedrichsfeld - Schwetzingen	FP.
01.06.1958	Bruchsal - Graben-Neudorf	FP.
01.06.1958	Baden-Oos - Baden-Baden	FP.
17.11.1958	Koblenz Hbf - Remagen - Kalscheuren - Köln Gereon	70
15.12.1958	Frankfurt-Niederrad - Mainz-Bischofsheim	
15.12.1958	Darmstadt Hbf - Darmstadt Nord - Darmstadt-Kranichstein	

⁶⁷ DB=1963./ DB≤1962: 01.04.1958.

⁶⁸ DB≤1963 für Bereich der BD Karlsruhe: 29.05.1958, für
Bereich der BD Stuttgart: 01.06.1958.

⁶⁹ Festschrift; DB≤1963; EB, 30 (1959), S. 4: 31.05.1958.

⁷⁰ DB=1963./ DB≤1962 für Koblenz Hbf - Remagen:
15.10.1958. ETR, 7 (1958), S. 269; EB, 30 (1959), S. 4
für Koblenz Hbf - Remagen: 01.06.1958.

16.04.1959	Köln Gereon - Köln Hbf - Köln-Mülheim	
15.05.1959	Bad Aibling - Feilnbach (bisher 750 V =)	
01.06.1959	Köln-Mülheim - Düsseldorf Hbf	FP. ⁷¹
01.06.1959	Duisburg Hbf - Oberhausen Hbf	FP.
01.06.1959	Obertraubling - Passau Hbf	FP. ⁷²
01.06.1959	Bietigheim - Heilbronn Hbf	FP. ⁷³
04.10.1959	Mülheim (Ruhr)-Styrum - Oberhausen Hbf	FP.
04.10.1959	Hanau Hbf Nordseite	FP.
16.01.1960	Überherrn - Staatsgrenze bei Hargarten-Falck (25 kV 50 Hz)	
13.03.1960	Homburg (Saar) Hbf - Saarbrücken Hbf - Staatsgrenze bei Stiering-Wendel	⁷⁴
20.05.1960	Freiburg (Brsg) Hbf - Titisee - Neustadt (Schwarzw) (bisher 20 kV 50 Hz)	
20.05.1960	Titisee - Seebrugg (bisher 20 kV 50 Hz)	
29.05.1960	Kaiserbrücke - Wiesbaden Ost - Wiesbaden Hbf	FP.
29.05.1960	Aschaffenburg Hbf - Darmstadt- Kranichstein	FP.
29.05.1960	Dachau - Ingolstadt Hbf	FP.
29.05.1960	Höllriegelskreuth-Grünwald - Wolfratshausen	FP.
30.05.1960	Saarbrücken Hbf - Fürstenhausen - Hostenbach - Überherrn	
30.05.1960	Fürstenhausen - Großrosseln	

⁷¹ DB=1963./ EB, 31 (1960), S. 4: 16.04.1959;
DB≤1962: 31.05.1959.

⁷² DB=1963./ DB≤1962: 26.05.1959.

⁷³ DB=1963./ DB≤1962: 31.05.1959.

⁷⁴ Festschrift./ DB≤1963; EB, 32 (1961), S. 5: 08.03.1960
(nach der Festschrift war an diesem Tag der Festakt).

01.06.1960	Heilbronn Hbf - Heilbronn Rbf	
20.06.1960	Saarbrücken Hbf - Brebach	
01.07.1960	Stuttgart Untertürkheim Pbf - Hirschbrücke (- Stuttgart Hafen)	75
01.08.1960	Hanau Hbf - Friedberg (Hessen)	
16.01.1961	Frankfurt (M) Hbf - Frankfurt-Höchst - Wiesbaden Hbf	76
28.05.1961	Oberhausen Hbf - Gelsenkirchen Hbf - Dortmund Hbf	FP.
28.05.1961	Homburg (Saar) Hbf - Kaiserslautern Hbf	FP.
01.10.1961	Wiesbaden Hbf - Oberlahnstein	FP.
01.10.1961	Hanau Hbf - Fulda	FP.
01.10.1961	Flieden - Elm - Abzw. Ziegenberg	FP.
03.02.1962	Koblenz Hbf - Niederlahnstein - Oberlahnstein	
27.05.1962	Konstanz - Eigentumsgrenze bei Kreuzlingen	FP.
27.05.1962	Oberhausen-Osterfeld Süd - Duisburg- Wedau - Düsseldorf-Rath - Düsseldorf- Eller - Hilden - Gremberg - Troisdorf - Niederlahnstein	FP. ⁷⁷
27.05.1962	Neuwied - Koblenz-Lützel	FP.
27.05.1962	Köln Hbf - Neuß - Düsseldorf Hbf - Düsseldorf Rath	FP. ⁷⁸
27.05.1962	Essen Hbf - Gelsenkirchen Hbf	FP.
27.05.1962	Fulda - Götzenhof	FP. ⁷⁹
27.05.1962	Waiblingen - Schorndorf	FP.

⁷⁵ Mitteilung der BD Stuttgart./ DB=1962 für Gesamtstrecke: 01.07.1960. DB=1963 für Gesamtstrecke: 01.07.1962.

⁷⁶ Festschrift; DB=1963./ EB, 32 (1961), S. 5: 22.12.1960.

⁷⁷ DB=1963./ DB=1962: 25.05.1962.

⁷⁸ DB=1963./ DB=1962 für Köln Hbf - BD-Grenze bei Neuß: 25.05.1962, BD-Grenze bei Neuß - Düsseldorf Hbf: 04.12.1962.

⁷⁹ DB=1963./ DB=1962: 07.09.1962.

27.05.1962	Ingolstadt Hbf - Treuchtlingen	FP.
01.07.1962	(Stuttgart-Untertürkheim Pbf -) Hirschbrücke - Stuttgart Hafen	⁸⁰
13.07.1962	Saarbrücken Hbf - Luisenthal	
17.07.1962	Großrosseln - Warndt Grube	
09.03.1963	Götzenhof - Bebra	⁸¹
26.05.1963	Gemünden - BD-Grenze bei Jossa	FP. ⁸²
26.05.1963	BD-Grenze bei Jossa - Elm	FP.
26.05.1963	Bebra - Göttingen - Hannover Hbf	FP.
26.05.1963	Neuß - Krefeld Hbf	FP. ⁸³
26.05.1963	Düsseldorf Hbf - Hochdahl	FP.
26.05.1963	Stuttgart Hbf - Böblingen	FP.
29.09.1963	Hochdahl - Gruiten	FP. ⁸⁴
29.09.1963	Seelze Rbf - Lehrte Rbf	FP.
01.10.1963	Bochum-Langendreer - Witten Hbf	
01.10.1963	Wanne-Eickel - Marl-Sinsen - Haltern (Westf)	⁸⁵
01.10.1963	Schwelm - Hagen Hbf	⁸⁶
11.10.1963	Friedberg (Hessen) - Bad Nauheim	
17.02.1964	Gruiten - Wuppertal-Vohwinkel	
02.03.1964	Gruiten - Opladen	

⁸⁰ Mitteilung der BD Stuttgart./ DB=1962 für die Gesamtstrecke: 01.07.1960. DB=1963 für die Gesamtstrecke: 01.07.1962.

⁸¹ DB=1963./ EB, 35 (1964), S. 6 für Fulda - Bebra: 09.03.1963.

⁸² EB, 35 (1964), S. 6./ DB=1963: 15.05.1963.

⁸³ EB, 35 (1964), S. 6./ DB=1963: 25.05.1963.

⁸⁴ DB=1963: 28.09.1963.

⁸⁵ DB=1963./ EB, 35 (1964), S. 6 für Recklinghausen Hbf - Haltern (Westf): 01.10.1963.

⁸⁶ Demnach müßte hier bis 31.05.1964 ein Inselbetrieb bestanden haben.

17.1.1.1.1.		485
15.03.1964	Ludwigshafen Hbf - Schifferstadt - Kaiserslautern Hbf	87
31.05.1964	Wuppertal-Vohwinkel - Schwelm	FP. ⁸⁸
31.05.1964	Hagen Hbf - Schwerte - Holzwickede	FP. ⁸⁸
31.05.1964	Hagen Hbf - Witten Hbf	FP. ⁸⁸
31.05.1964	Witten Hbf - Dortmund Hbf	FP.
31.05.1964	Holzwickede - Unna - Hamm (Westf)	FP.
31.05.1964	Duisburg Hbf - Krefeld Hbf - Viersen - Mönchengladbach Hbf	FP.
21.09.1964	Luisenthal - Völklingen - Hostenbach	
27.09.1964	Eichenberg - Hann. Münden - Kassel Hbf	FP. ⁸⁹
27.09.1964	Frankfurt (M)-Sportfeld - Biblis - Mannheim Hbf	FP. ⁸⁹
27.09.1964	Groß Gerau-Dornberg - Groß Gerau	FP. ⁸⁹
27.09.1964	Biblis - Worms	FP. ⁸⁹
27.09.1964	Mannheim-Waldhof - Mannheim-Neckarstadt	FP. ⁸⁹
14.10.1964	Nordstemmen - Emmerke	
14.12.1964	Seelze Rbf - Bremen Hbf - Bremen-Neustadt	90
19.03.1965	Würzburg Hbf - Ansbach - Treuchtlingen	
06.04.1965	Hannover Hbf - Celle - Lüneburg - Hamburg-Altona - Hamburg-Eidelstedt	
06.04.1965	Lehrte - Celle	
14.05.1965	Hagen Hbf - Siegen - Gießen - Bad Nauheim	
14.05.1965	Friedberg (Hessen) - Bad Vilbel - Frankfurt (M) West	

⁸⁷ DB=1964./ EB, 36 (1965), S. 9: 12.03.1964.

⁸⁸ EB, 36 (1965), S. 9./ DB=1964: 29.05.1964.

⁸⁹ DB=1964; EB, 36 (1965), S. 9: 28.09.1964.

⁹⁰ DB=1964./ EB, 36 (1965), S. 9: 15.12.1964.

14.05.1965	Wengern Ost - Hagen-Vorhalle - Hagen-Kabel	
14.05.1965	Letmathe - Iserlohn	
30.05.1965	Lehrte - Hildesheim - Emmerke	FP. ⁹¹
30.05.1965	Witten Hbf - Wengern Ost	FP.
30.05.1965	Neuß - Mönchengladbach	FP.
30.05.1965	Saarbrücken-Schleifmühle - Wemmetsweiler	FP.
30.05.1965	Merchweiler - Göttelborn Grube	FP.
26.09.1965	Waiblingen - Backnang	FP.
01.10.1965	Bronnzell - Welkers	⁹²
01.12.1965	Bremen Hbf - Ritterhude	
22.05.1966	Oberhausen Hbf - Wesel - Emmerich	FP. ⁹³
22.05.1966	Ritterhude - Bremerhaven Hbf - Kaiserhafen	FP. ⁹⁴
22.05.1966	Köln Hbf - Aachen Hbf	FP. ⁹³
22.05.1966	Homburg (Saar) Hbf - Neunkirchen (Saar) Hbf - Wemmetsweiler	FP.
25.09.1966	Kassel Hbf - Guntershausen - Bebra	FP. ⁹⁵
25.09.1966	Haltern (Westf) - Münster (Westf) Hbf - Osnabrück Hbf	FP. ⁹⁶
25.09.1966	Hamm (Westf) - Münster (Westf) Hbf	FP. ⁹⁶
20.03.1967	Guntershausen - Marburg (Lahn) - Gießen	
28.05.1967	Lünen Süd - Abz. Horstmar - Abzw. Herringen - Hamm (Westf)	FP.
28.05.1967	Bremen-Burg - Bremen-Vegesack	FP.
28.05.1967	Aachen Hbf - Aachen West	FP.

⁹¹ EB, 37 (1966), S. 4./ DB=1965: 28.05.1965.

⁹² Vorübergehend elektrifiziert.

⁹³ DB=1966./ EB, 38 (1967), S. 6: 18.05.1966.

⁹⁴ DB=1966./ EB, 38 (1967), S. 6: 20.05.1966.

⁹⁵ DB=1966./ EB, 38 (1967), S. 6: 24.09.1966.

⁹⁶ DB=1966./ EB, 38 (1967), S. 6: 12.09.1966.

24.09.1967	Oberhausen-Osterfeld Süd - Recklinghausen - Lünen Süd	FP.
24.09.1967	Düsseldorf-Rath - Ratingen Ost	FP.
21.12.1967	Verden (Aller) - Unterstedt	
08.03.1968	Gevelsberg Hbf - Hagen Hbf/Eckesey	
26.05.1968	Unterstedt - Rotenburg (Han)	FP.
26.05.1968	Köln-Ehrenfeld - Grevenbroich - Rheydt Hbf - Mönchengladbach Hbf	FP.
26.05.1968	Viersen - Kaldenkirchen - Staatsgrenze bei Venlo	FP.
26.05.1968	Mönchengladbach Hbf - Rheydt- Geneicken - Rheydt-Mülfort - Rheydt-Odenkirchen	FP.
26.05.1968	Aachen West - Baal - Rheydt Hbf	FP.
26.05.1968	Aachen West - Staatsgrenze in Richtung Montzen	FP.
26.05.1968	Essen Hbf - Kettwig - Ratingen Ost	FP.
26.05.1968	Dortmund Hbf - Lünen Hbf - Münster Hbf	FP.
26.05.1968	Saarbrücken Hbf - Sulzbach - Neunkirchen Hbf - St. Wendel	FP.
29.09.1968	Osnabück Hbf - Bremen Hbf - Hamburg-Harburg	FP. ⁹⁷
29.09.1968	Hamm (Westf) - Bielefeld Hbf - Minden (Westf) - Wunstorf	FP. ⁹⁸
29.09.1968	Abzw. Gabelung - Sagehorn	FP.
29.09.1968	Hamburg-Harburg - Stade	FP.
29.09.1968	Gelsenkirchen-Buer Nord - Marl - Abzw. Lippe (- Haltern)	FP.
29.09.1968	München-Solln - Holzkirchen	FP.
29.09.1968	München-Pasing - Geltendorf	FP.

⁹⁷ DB=1968; EB, 39 (1968), S. 224./ EB, 40 (1969), S. 7;
GA, 93 (1969), S. 100: 24.09.1968.

⁹⁸ DB=1968; EB, 39 (1968), S. 224./ EB, 40 (1969), S. 7;
GA, 93 (1969), S. 100: 25.09.1968.

29.10.1968	Baal Gbf - Hückelhoven - - Zeche Sophia-Jacoba	
23.12.1968	Bielefeld Hbf - Bielefeld Ost	
14.04.1969	Nienburg (Westf) - Minden (Westf)	
28.09.1969	St. Wendel - Türkismühle	FP. ⁹⁹
28.09.1969	Grafing - Ebersberg (Obb)	FP.
31.05.1970	Hannover-Linden - Weetzen - Haste (Han)	FP.
31.05.1970	Groß Gerau-Dornberg - Klein Gerau	FP.
07.09.1970	Mering - Geltendorf	
07.09.1970	München Ost Pbf - Markt Schwaben - Erding	
27.09.1970	Oberhausen-Osterfeld Süd - Bottrop Süd - Gelsenkirchen-Bismarck - Herne/Wanne-Eickel	FP.
27.09.1970	Frankfurt (M) West - Friedrichsdorf (Ts)	FP. ¹⁰⁰
27.09.1970	Frankfurt-Rödelheim - Kronberg (Ts)	FP. ¹⁰⁰
01.12.1970	Oberhausen West - Moers - Hohenbudberg	
11.12.1970	Dortmund Hbf - Dortmund-Hörde - Holzwickede	¹⁰¹
11.12.1970	Unna - Soest - Paderborn Hbf - Altenbeken - Kassel Hbf	
11.12.1970	Hamm (Westf) - Soest	
11.12.1970	Altenbeken - Langeland	
22.12.1970	Wanne-Eickel Hbf - Wanne-Unser Fritz	
22.12.1970	Niederhöchstadt - Schwalbach a. T.	
23.05.1971	Weetzen - Hameln - Himmighausen - Langeland	FP.
23.05.1971	Rheinhausen - Millingen	FP.

⁹⁹ EB, 41 (1970), S. 6./ DB=1969: 23.09.1969.

¹⁰⁰ DB=1970./ EB, 42 (1971), S. 6: 15.09.1970.

¹⁰¹ DB=1970./ EB, 42 (1971), S. 6: 11.11.1970.

17.1.1.1.1.		489
23.05.1971	Holzkirchen - Rosenheim	FP. ¹⁰²
23.05.1971	München Ost Pbf - Deisenhofen	FP. ¹⁰²
26.05.1971	Kassel-Wilhelmshöhe - Kassel-Bettenhausen	
26.09.1971	München-Giesing - Kreuzstraße	FP.
26.09.1971	Bamberg - Schweinfurt - Waigolshausen - Gemünden	FP.
26.09.1971	Schorndorf - Aalen	FP.
26.09.1971	Frankfurt (M)-Höchst - Niedernhausen (Ts)	FP.
01.04.1972	Frankfurt Flughafen - Abzw. Schwanheim	¹⁰³
10.04.1972	Renningen - Böblingen	
28.05.1972	Münster (Westf) Hbf - Rheine	FP.
28.05.1972	Völklingen - Saarhölzbach	FP. ¹⁰⁴
28.05.1972	Aalen - Goldshöfe - Nördlingen - Donauwörth	FP. ¹⁰⁵
28.05.1972	Waigolshausen - Rottendorf	FP. ¹⁰⁶
28.05.1972	Nürnberg Hbf - Ansbach	FP. ¹⁰⁴
28.05.1972	München Ost Pbf - Hackerbrücke (Tunnelstrecke S-Bahn)	FP. ¹⁰⁷
25.07.1972	Frankfurt Flughafen - Kelsterbach	¹⁰⁸
01.10.1972	Heidelberg-Karlstor - Neckarelz - Bad Friedrichshall-Jagstfeld - Heilbronn Hbf	FP. ¹⁰⁹
06.11.1972	Frankfurt (M)-Höchst - Bad Soden (Ts)	

¹⁰² DB=1971./ EB, 43 (1972), S. 6: 11.05.1971.

¹⁰³ DB=1972./ EB, 44 (1973), S. 6: 16.03.1972.

¹⁰⁴ DB=1972./ EB, 44 (1973), S. 6: 10.05.1972.

¹⁰⁵ DB=1972./ EB, 44 (1973), S. 6: 16.05.1972.

¹⁰⁶ DB=1972./ EB, 44 (1973), S. 6: 08.05.1972.

¹⁰⁷ DB=1972./ EB, 44 (1973), S. 6: 28.04.1972.

¹⁰⁸ DB=1972./ EB, 44 (1973), S. 6: 16.05.1972.

¹⁰⁹ DB=1972./ Festschrift: 21.09.1972. EB, 44 (1973),
S. 6: 30.09.1972.

06.11.1972	Schwalbach - Bad Soden (Ts)	
03.06.1973	Bad Friedrichshall-Jagstfeld - Osterburken	FP. ¹¹⁰
01.08.1973	Hamburg-Eidelstedt - Hamburg Hauptgüterbf	
20.08.1973	Koblenz - Kobern-Gondorf	
05.11.1973	Kobern-Gondorf - Ehrang Pbf - Trier Hbf - Karthaus - Saarlörsbach	111
29.04.1974	Ehrang Pbf - Trier West - Igel/Kartaus	112
26.05.1974	Essen-Steele - Bochum-Dahlhausen - Hattingen (Ruhr)	FP. ¹¹³
29.09.1974	Lüstringen - Osnabrück Hbf - Rheine	FP. ¹¹⁴
29.09.1974	Karlsruhe Hbf/Rbf - Wörth (Pfalz)	FP. ¹¹⁵
29.09.1974	Böblingen - Herrenberg - Horb	FP. ¹¹⁴
18.10.1974	Karthaus - Perl - Staatsgrenze bei Apach	116
01.06.1975	Würzburg-Heidingsfeld West - Lauda - Osterburken - Neckarelz	FP. ¹¹⁷
01.06.1975	Köln-Longerich - Köln-Chorweiler Nord	FP. ¹¹⁸
01.06.1975	Köln-Mülheim - Bergisch Gladbach	FP. ¹¹⁸
01.06.1975	Herford - Lage - Himmighausen	FP. ¹¹⁹
23.06.1975	Rheine - Salzbergen	120
28.09.1975	Offenburg - Villingen (Schwarzw)	FP. ¹²¹

¹¹⁰ EB, 45 (1974), S. 7./ DB=1973: 24.05.1973.

¹¹¹ DB=1973./ EB, 45 (1974), S. 7: 07.12.1973.

¹¹² DB=1974./ EB, 46 (1975), S. 8: 30.10.1974.

¹¹³ DB=1974./ EB, 46 (1975), S. 8: 25.05.1974.

¹¹⁴ DB=1974./ EB, 46 (1975), S. 8: 26.09.1974.

¹¹⁵ DB=1974./ EB, 46 (1975), S. 8: 19.09.1974.

¹¹⁶ DB=1974./ EB, 46 (1975), S. 8: 05.06.1974.

¹¹⁷ DB=1975 für BD Nürnberg: 13.05.1975, für BD Stuttgart:
01.06.1975. EB, 47 (1976), S. 8: 28.05.1975.

¹¹⁸ DB=1975./ EB, 47 (1976), S. 8: 28.05.1975.

¹¹⁹ DB=1975./ EB, 47 (1976), S. 8: 27.05.1975.

¹²⁰ DB=1975./ EB, 47 (1976), S. 8: 23.07.1975.

¹²¹ DB=1975./ EB, 47 (1976), S. 8: 28.08.1975.

17.1.1.1.1.		491
27.10.1975	Düsseldorf-Unterrath - Düsseldorf Flughafen	
07.12.1975	Coburg - Neustadt bei Coburg	122
10.12.1975	Buchholz - Abzw. Jesteburg	
30.05.1976	Salzbergen - Bentheim	FP.123
30.05.1976	Löhne - Lüstringen	FP.123
30.05.1976	Lehrte - Groß Gleidingen - Braun- schweig Hbf - Abzw. Buchhorst	FP.123
30.05.1976	Hildesheim - Groß Gleidingen	FP.123
30.05.1976	Landshut (Bay) - Plattling	FP.123
26.09.1976	Kirchlegern - Herford	FP.
26.09.1976	Abzw. Buchhorst - Helmstedt	FP.
26.09.1976	Duisburg-Wedau/Duisburg-Hochfeld S - Mülheim (R)-Speldorf - Mülheim (R) Hbf - Essen W	FP.
23.05.1977	Abzw. Jesteburg - Maschen Rbf - Hamburg-Harburg	124
25.09.1977	Gelsenkirchen-Wattenscheid - Wanne-Eickel	FP.125
25.09.1977	Villingen (Schwarzw) - Hattingen - Singen (Hohentw) - Konstanz	FP.126
25.09.1977	Horb - Rottweil - Hattingen	FP.126
28.05.1978	Frankfurt (M) West - Frankfurt (M) Hauptwache (Tunnelstrecke S-Bahn)	FP.127
01.10.1978	Stuttgart Hbf - Schwabstraße (Tunnelstrecke S-Bahn)	FP.128
01.10.1978	Regensburg-Prüfening - Ingolstadt Hbf	FP.129

¹²² DB=1975./ EB, 47 (1976), S. 8: 15.12.1975.

¹²³ DB=1976./ EB, 48 (1977), S. 7: 25.05.1976.

¹²⁴ DB=1977./ EB, 49 (1978), S. 8: 17.05.1977.

¹²⁵ DB=1977./ EB, 49 (1978), S. 8: 22.09.1977.

¹²⁶ DB=1977./ EB, 49 (1978), S. 8: 20.09.1977.

¹²⁷ DB=1978./ EB, 50 (1979), S. 8: 01.06.1978.

¹²⁸ EB, 50 (1979), S. 8; DB, 54 (1978), S. 665./
DB=1978: 19.06.1978.

¹²⁹ EB, 50 (1979), S. 8./ DB=1978: 01.09.1978.

27.05.1979	Hannover - Rethen (Neubaustrecke)	FP. ¹³⁰
30.09.1979	Frankfurt (M) Flughafen (Schwan- heim/Niederrad/Abzw. Kleyerstr.)	FP.
30.09.1979	Ingolstadt Hbf - Donauwörth	FP.
01.06.1980	Donauwörth - Neuoffingen	FP. ¹³¹
01.06.1980	Troisdorf - Betzdorf - Siegen	FP.
01.06.1980	Mülheim (R) - Duisburg - Ruhrort Hafen	FP.
01.06.1980	Bottrop Hbf - Essen West	FP.
28.09.1980	Ludwigsburg - Marbach (Neckar)	FP. ¹³²
28.09.1980	Bremen Neustadt - Hude - Oldenburg Hbf	FP. ¹³³
28.09.1980	Hude - Rodenkirchen	FP. ¹³³
28.09.1980	Rodenkirchen - Nordenham	FP.
28.09.1980	Salzbergen - Emden - Norddeich	FP.
28.09.1980	Hilden - Solingen-Ohligs	FP. ¹³⁴
01.09.1981	Brebach - Hanweiler-Bad Rilchingen	¹³⁵
20.01.1982	Neuenburg (Baden) - Staatsgrenze bei Bantzenheim	¹³⁶
08.02.1982	Rosenheimer Verbindungskurve (im Besitz der ÖBB)	¹³⁷
29.05.1983	Frankfurt (M) Hauptwache - Frankfurt (M) Konstablerwache (Tunnelstrecke S-Bahn)	FP.

¹³⁰ DB=1979./ EB, 78 (1980), S. 6: 24.05.1979.

¹³¹ EB, 79 (1981), S. 7./ DB=1980: 22.05.1980.

¹³² DB, 56 (1980), S. 803./ DB=1980: 29.07.1980.

EB, 79 (1981), S. 7: 09.09.1980.

¹³³ EB, 78 (1980), S. 254; EB, 79 (1981), S. 7 jeweils für
Bremen - Delmenhorst: 28.05.1980, für Delmenhorst -
Hude - Oldenburg/Nordenham: 28.09.1980. DB=1980:
01.09.1980.

¹³⁴ DB=1980./ EB, 79 (1981), S. 7: 29.09.1980.

¹³⁵ DB=1981./ EB, 80 (1982), S. 6: 11.09.1981.

¹³⁶ DB=1982./ EB, 81 (1983), S. 6: ohne Nennung.

¹³⁷ EB, 80 (1982), S. 168; DB, 58 (1982), S. 295./
DB=1982: 30.01.1982.

29.05.1983	Hanweiler-Bad Rilchingen - Staatsgrenze bei Sarreguemines	FP.
28.08.1983	Horrem - Quadrath-Ichendorf - Martinswerk	
25.09.1983	Bochum-Langendreer - Dortmund-Dorstfeld	FP.
03.06.1984	Dortmund-Dorstfeld - Dortmund Süd - Unna-Königsborn - Unna	FP.
05.01.1985	Vennebeck - Bad Oeynhausen (2. Doppelspur)	
02.06.1985	Mannheim Hbf - Mannheim-Waldhof (Neubaustrecke)	FP.
02.06.1985	Goldshöfe - Crailsheim - Ansbach	FP. ¹³⁸
02.06.1985	Köln-Chorweiler Nord - Köln-Worringen	FP.
29.09.1985	Stuttgart Schwabstraße - Stuttgart-Vaihingen (Tunnelstrecke S-Bahn)	FP.
28.09.1986	Niedernhausen (Ts) - Limburg (Lahn)	FP.
31.05.1987	Mannheim Hbf - Wiesental (- Graben-Neudorf) (Neubaustrecke)	FP. ¹³⁹
03.07.1987	Hattingen (Ruhr) - Hattingen (Ruhr) Mitte	
27.09.1987	Nürnberg Hbf - Lauf links der Pegnitz	FP.
29.05.1988	Edesheim - Nörten-Hardenberg (Neubaustrecke)	FP.
29.05.1988	Fulda - Würzburg Hbf (Neubaustrecke)	FP.

¹³⁸ DB, 61 (1985), S. 535; EB, 83 (1985), S. 175./ DB=1985
für den Bereich der BD Stuttgart: 14.05.1985, für den
Bereich der BD Nürnberg: 24.06.1985.

¹³⁹ EB, 86 (1988), S. 8./ DB=1986: 12.12.1986.

17.1.1.1.2. Einstellung des elektrischen Zugbetriebes

Unter dem Termin der "Einstellung des elektrischen Zugbetriebes" sei hier der erste Tag verstanden, an dem auf einer bestimmten Teilstrecke die Möglichkeit des Verkehrs elektrischer Triebfahrzeuge für hochgespannten Einphasenwechselstrom aus eigener Kraft auf Dauer nicht mehr gegeben war.

31.05.1964	München Isartalbahnhof - Grohesselohe Isartalbahnhof	FP. ¹⁴⁰
20.10.1964	Geislingen (Steige) - Geislingen Altstadt	
30.10.1965	Berchtesgaden - Königssee (Oberbay)	¹⁴¹
06.1968	Bronnzell - Welkers	¹⁴²
23.05.1971	Schopfheim - Säckingen	FP. ¹⁴³
28.05.1972	Bad Aibling - Feilnbach	FP. ¹⁴⁴
25.09.1977	Baden-Oos - Baden-Baden	FP. ¹⁴⁵
22.07.1982	Weilheim (Oberbay) - Peißenberg	
01.02.1985	Mönchengladbach Hbf - Rheydt- Geneicken - Rheydt-Mülfort - Rheydt-Odenkirchen	¹⁴⁶

¹⁴⁰ Stilllegung Personenverkehr.

¹⁴¹ Einstellung Gesamtverkehr aus technischen Gründen;
Gesamtstilllegung: 01.04.1971.

¹⁴² Vorübergehend elektrifiziert.

¹⁴³ Schopfheim - Wehr: Gesamtstilllegung;
Wehr - Säckingen: Stilllegung Personenverkehr.

¹⁴⁴ Stilllegung Gesamtverkehr: 30.09.1973.

¹⁴⁵ Stilllegung Gesamtverkehr.

¹⁴⁶ Rheydt-Geneicken - Rheydt-Mülfort: Gesamtstilllegung.

17.1.1.2. Deutsche Reichsbahn (DR) nach 1946

17.1.1.2.1. Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes

Da es derzeit von hier aus nicht möglich ist, amtliche Unterlagen der Deutschen Reichsbahn einzusehen und auszuwerten, können nur Daten von allgemein zugänglicher Literatur gegenübergestellt werden. R. R. Rossberg teilt in EB, 78 (1980), S. 305 und EB, 83 (1985), S. 182 Eröffnungsdaten des elektrischen Zugbetriebes der DR mit. Diese Liste ist der nachstehenden Übersicht zugrunde gelegt. Darüber hinaus sind die Daten folgender Quellen notiert:

- Dö: W. Dörschel u. a., Verkehrsgeographie, Berlin 1983, S. 140.
- Ga: W. Garkisch und H. Groth, Die Deutsche Reichsbahn von 1945 bis 1985, Berlin 1985, S. 58 ff.
- So: K. Sobotta u. a., Die Elektrifizierung der Deutschen Reichsbahn. Eisenbahn-Jahrbuch, 21 (1983), S. 9 ff.
- FP bedeutet wie bei DRB und DB, daß das genannte Eröffnungsdatum auf einen Fahrplanwechsel fällt.

Sofern die Angaben der genannten Quellen mit jenen von R. R. Rossberg übereinstimmen, sind diese ohne Schrägstrich notiert, sonst mit Datumsangabe gegebenenfalls nach einem Schrägstrich.

12.06.1950	Probstzella - Eigentumsgrenze bei Falkenstein (2. Elektrifizierung)	
01.09.1955	Halle (Saale) Hbf - Köthen (2. Elektrifizierung)	¹
29.12.1955	Köthen - Schönebeck (Elbe) (2. Elektrifizierung)	
12.01.1957	Schönebeck (Elbe) - Magdeburg Hbf (2. Elektrifizierung)	²
15.03.1958	Bitterfeld - Dessau - Roßlau (3. Elektrifizierung)	³
09.06.1958	Leipzig Hbf - Bitterfeld (3. Elektrifizierung)	⁴

¹ Dö; Ga, So.

² Dö: 10.01.1956. Ga: 20.12.1956.

³ So: 16.03.1958. Ga: 17.03.1958.

⁴ So./ Ga: 31.05.1958. Dö: 01.06.1958 (FP).

31.10.1958	Leipzig-Mockau - Leipzig-Engelsdorf Rbf (2. Elektrifizierung)	
20.12.1958	Leipzig Hbf - Halle (Saale) Hbf (2. Elektrifizierung)	5
06.04.1959	Leipzig-Wahren Rbf - Leipzig-Mockau (2. Elektrifizierung)	
15.05.1959	Leipzig Hbf - Leipzig-Wahren Rbf (2. Elektrifizierung)	
21.12.1959	Halle (Saale) Hbf - Weißenfels	6
21.12.1959	Merseburg - Mücheln (Geiseltal)	7
02.10.1961	Leipzig Hbf - Böhlen - Espenhain	8
02.10.1961	Leipzig Bayerischer Bf - Leipzig-Connewitz	
02.10.1961	Leipzig-Schönfeld Rbf - Leipzig- Engelsdorf Rbf - Abzw. Anger	
15.01.1962	Böhlen - Altenburg	9
15.01.1962	Neukieritzsch - Borna (b Leipzig)	10
26.06.1962	Hennigsdorf - Wustermark (25 kV 50 Hz)	11
25.05.1963	Halle (Saale) Hbf - Bitterfeld - Muldenstein	12
25.05.1963	Leipzig-Leutzsch - Leipzig-Plagwitz - Gaschwitz	Ga.
25.05.1963	Altenburg - Werdau - Zwickau	13
20.12.1963	Werdau - Reichenbach (Vogtl) ob Bf mit Verbindungskurve	Ga; So.

⁵ Dö./ Ga: 07.11.1958. So: 20.11.1958.

⁶ Ga; So./ Dö: 20.12.1959.

⁷ Ga; So./ Dö: 20.12.1959.

⁸ Dö: 01.10.1961 (FP).

⁹ Ga; So./ Dö: 02.01.1962.

¹⁰ So./ Dö: 02.01.1962.

¹¹ So: 25.06.1962.

¹² Dö: 20.12.1958. Ga; So: 29.09.1963.

¹³ Ga./ Dö: 25.02.1963. So: 26.05.1963 (FP).

17.1.1.2.1.		497
05.01.1964	Leipzig Hbf - Leipzig-Leutzsch - Großkorbetha (2. Elektrifizierung)	Ga; So.
30.05.1965	Zwickau - Karl-Marx-Stadt	FP. ¹⁴
26.09.1965	Karl-Marx-Stadt - Freiberg (Sachsen)	FP. ¹⁵
10.12.1965	Blankenburg (Harz) - Königshütte (25 kV 50 Hz)	Ga; So.
23.09.1966	Freiberg (Sachsen) - Dresden Hbf	¹⁶
28.05.1967	Weißenfels - Naumburg (Saale) - Abzw. Saaleck - Camburg (2. Elektrifizierung)	FP. ¹⁷
28.05.1967	Verbindungskurve bei Großheringen (2. Elektrifizierung)	FP.
28.09.1967	Großheringen - Erfurt - Neudietendorf	¹⁸
28.09.1969	Halle (Saale) Süd - Angersdorf - Halle-Neustadt	FP.
28.09.1969	Dresden Hbf - Coswig - Riesa	FP. ¹⁹
28.09.1969	Leipzig Hbf - Wurzen	FP. ²⁰
28.10.1969	Halle-Neustadt - Halle-Nietleben	²¹
31.05.1970	Riesa - Wurzen	FP. ²²

-
- ¹⁴ Ga für Zwickau - Karl-Marx-Stadt-Hilbersdorf: 29.05.1965. So für die gleiche Teilstrecke: 30.05.1965 (FP). Dö: 25.09.1966 (FP).
- ¹⁵ Ga für Karl-Marx-Stadt-Hilbersdorf - Freiberg (Sachsen): 24.09.1965. So für die gleiche Teilstrecke: 26.09.1965 (FP). Dö: 25.09.1966 (FP).
- ¹⁶ Dö; Ga./ So: 25.09.1966 (FP).
- ¹⁷ So: 29.05.1967. Dö: 22.09.1967.
- ¹⁸ So für Abzw. Saaleck - Großheringen - Bad Sulza: 29.05.1967; So für Bad Sulza - Apolda: 15.07.1967. Ga für Apolda - Neudietendorf: 22.09.1967. So für die gleiche Teilstrecke: 24.09.1967 (FP). Dö für Weißenfels - Apolda - Neudietendorf: 22.09.1967.
- ¹⁹ So für Dresden Hbf - Dresden-Neustadt: 01.06.1968; So für Dresden-Neustadt - Riesa: 28.09.1969 (FP). Ga für Dresden - Riesa: 28.09.1969 (FP).
- ²⁰ Ga; So./ Dö für Leipzig - Oschatz: 29.05.1970.
- ²¹ Ga: 27.09.1969.
- ²² So: 28.05.1970. Ga: 29.05.1970.

11.12.1970	Merseburg - Buna - Angersdorf mit Verbindungskurve Angersdorf	
18.12.1970	Coswig - Meißen-Triebischtal	
15.10.1971	Halle-Nietleben - Halle-Dörlau	
29.09.1972	Halle (Saale) Hbf - Halle-Trotha	
29.09.1974	Schönebeck (Elbe) - Schönebeck-Salzelmen (2. Elektrifizierung)	FP; Ga.
29.09.1974	Magdeburg Hbf - Magdeburg-Rothensee (2. Elektrifizierung)	FP; Ga.
29.09.1974	Magdeburg-Rothensee - Zielitz	FP; Ga.
15.04.1974	Magdeburg Hbf - Güterglück - Zerbst (2. Elektrifizierung)	²³
01.06.1975	Zerbst - Roßlau (2. Elektrifizierung)	FP.
29.05.1976	Dresden Hbf - Bad Schandau - Schöna	Ga.
29.05.1976	Muldenstein - Burgkernitz	²⁴
28.05.1978	Burgkernitz - Lutherstadt Wittenberg	FP. ²⁵
28.05.1978	Magdeburg-Rothensee - Barleben	FP.
15.02.1979	Lutherstadt Wittenberg - Zahna	²⁶
27.05.1979	Zahna - Jüterbog	FP. ²⁷
27.05.1979	Radebeul West - Weinböhla	FP; So.
27.05.1979	Radebeul-Naundorf - Weinböhla	FP.
30.09.1979	Dresden Hbf - Cossebaude - Radebeul-Naundorf	FP.

²³ Ga./ Dö: 01.06.1958 (FP).

²⁴ Dö: 20.12.1958. So: 26.09.1976. Ga: 28.05.1978 (FP).

²⁵ Ga./ Dö: 20.12.1958. So: 01.06.1978.

²⁶ So./ Ga: 28.05.1979. Dö für Lutherstadt Wittenberg -
Niedergörsdorf: 01.06.1980 (FP).

²⁷ So./ Ga: 28.05.1979.

17.1.1.2.1.		499
30.09.1979	Weinböhla - Elsterwerda	FP; So.
01.06.1980	Jüterbog - Luckenwalde	FP. ²⁸
31.05.1981	Elsterwerda - Brenitz-Sonnewalde	FP. ²⁹
31.05.1981	Leipzig-Grünau - Wilhelm-Pieck-Allee	FP.
27.09.1981	Brenitz-Sonnewalde - Uckro	FP. ³⁰
27.09.1981	Luckenwalde - Ludwigsfelde	FP. ³¹
14.11.1981	Uckro - Golßen (Niederlausitz)	³²
01.05.1982	Golßen (Niederlausitz) - Baruth (Mark)	³³
21.05.1982	Baruth (Mark) - Wünsdorf	³⁴
22.05.1982	Wünsdorf - Abzw. Glasower Damm - Abzw. Genshagener Heide Ost	Ga; So.
22.05.1982	Ludwigsfelde - Genshagener Heide - Saarmund - Michendorf - Seddin mit Verbindungskurven in Gensha- gener Heide	Ga; So.
22.05.1982	Ludwigsfelde - Birkengrund Nord - Genshagener Heide (Vorortgleis)	Ga; So.
22.05.1982	Genshagener Heide und Birkengrund Nord - Großbeeren - Teltow	
15.12.1982	Saarmund - Nesselgrund Ost - Potsdam Hbf - Priort	Ga.
15.12.1982	Michendorf - Nesselgrund Ost	
22.12.1982	Delitzsch Südwest - Delitzsch ob Bf - Delitzsch unt Bf	
28.05.1983	Abzw. Glasower Damm West und Süd - Flughafen Berlin-Schönefeld	Ga.

²⁸ Dö; So.

²⁹ So./ Ga: 30.05.1981.

³⁰ Dö; Ga; So.

³¹ Ga; So.

³² Ga; So: 16.12.1981.

³³ Ga; So: 01.03.1982.

³⁴ Ga; So: 22.05.1982.

29.05.1983	Priort - Wustermark und Wustermark Rbf	FP; Ga.
29.05.1983	Wustermark - Wustermark Rbf	FP.
29.05.1983	Leipzig, Wilhelm-Pieck-Allee - Ho-Chi-Minh-Allee	FP.
22.09.1983	Abzw. Doberlug-Kirchhain Nord - Betriebsbf Hennersdorf	
24.09.1983	Flughafen Berlin-Schönefeld - Berlin-Grünau	Ga.
24.09.1983	Werder (Havel) - Golm und Abzw. Wildpark	
28.09.1983	Wustermark und Priort und Wustermark Rbf - Birkenwerder (bei Berlin)	35
28.09.1983	Albrechtshof - Nauen	35
28.09.1983	Verbindungskurven Falkenhagener Kreuz	
07.10.1983	Hennigsdorf - Velten und Verbindungskurven	
09.12.1983	Birkenwerder (bei Berlin) - Löwenberg (Mark)	36
16.12.1983	Leipzig, Ho-Chi-Minh-Allee - Miltitzer Allee	
11.04.1984	Löwenberg (Mark) - Gransee	
15.05.1984	Neudietendorf - Arnstadt	
21.05.1984	Gransee - Fürstenberg (Havel)	
28.05.1984	Halle (Saale) Hbf - Delitzsch ob Bf	Ga.
01.06.1984	Gößnitz - Glauchau-Schönbörnchen	
02.06.1984	Fürstenberg (Havel) - Adamsdorf	Ga.
02.06.1984	Flughafen Berlin-Schönefeld - Berlin-Schöneweide	Ga.

³⁵ Ga: 24.09.1983.

³⁶ Ga: 15.12.1983.

17.1.1.2.1.

501

- 29.09.1984 Zielitz - Stendal
- Borstel (Kreis Stendal)
- 30.09.1984 Berlin-Schöneweide - Berlin-
Lichtenberg und Containerbf
Frankfurter Allee FP; Ga.
- 27.10.1984 Adamsdorf - Kargow
- 14.12.1984 Kargow - Waren (Müritz)
- 15.12.1984 Berlin-Lichtenberg - Biesdorfer
Kreuz - Birkenwerder - Hohen-
neuendorf West mit allen Verbin-
dungskurven Ga.
- 15.12.1984 Biesdorfer Kreuz - Berlin Nordost
- Abzw. Wartenberg
- 30.04.1985 Waren (Müritz) - Langhagen
- 18.05.1985 Langhagen - Güstrow - Schwaan
- Rostock Hbf
- 01.06.1985 Grünauer Kreuz - Biesdorfer Kreuz
mit allen Abzweigungen

17.1.1.2.2. Einstellung des elektrischen Zugbetriebes

1973 Hennigsdorf - Wustermark
(25 kV 50 Hz)

37

³⁷ Erneute Überspannung im Zusammenhang mit der Elektrifi-
zierung des Berliner Außenrings mit 15 kV 16 2/3 Hz.

17.1.2. Österreich

17.1.2.1. Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes

Grundlage nachstehenden Übersicht ist eine freundlicher-weise von der Bau- und Elektrotechnischen Direktion der ÖBB zur Verfügung gestellte Liste, die unter der Rubrik "Betrieb seit" Daten elektrifizierter Streckenabschnitte der ÖBB nennt. Daneben sind die Angaben folgender Quellen notiert:

- DRB: Statistische Angaben über die Deutsche Reichsbahn der Geschäftsjahre 1938 bis 1941.
- Wi: G. Winkler, 100 Jahre elektrische Eisenbahnen in Österreich. ÖBB Journal, (1980), Heft 7, S. 9 f.
- DB: siehe 17.1.1.1.1.
- SBB: siehe 17.1.3.1.
- FP bedeutet, daß das genannte Eröffnungsdatum auf einen Fahrplanwechsel fällt.

01.08.1904	Innsbruck Stubaitalbf - Fulpmes (2500 V 42,5 Hz)	
07.10.1911	St. Pölten - Mariazell - Gußwerk (6500 V 25 Hz)	
12.10.1912	Innsbruck Hbf - Staatsgrenze bei Scharnitz (15 kV 15 Hz)	1
29.06.1913	Staatsgrenze bei Griesen - Reutte in Tirol (15 kV 15 Hz)	2
05.02.1914	Groß Schwechat - Berg N. Ö. - Kittsee/Köpcsény	
01.08.1916	Salzburg Hbf - Staatsgrenze bei Freilassing	3
22.07.1923	Innsbruck Westbf - Telfs-Pfaffenhofen	4
26.10.1923	Telfs-Pfaffenhofen - Silz	5

¹ DRB; Wi: 28.10.1912.

² DRB: 28.10.1912.

³ "Wurde von der Deutschen Eisenbahngesellschaft erbaut und bis zum Jahre 1938 instandgehalten."

⁴ DRB für Direktionsgrenze bei Innsbruck - Bludenz: 14.05.1925.

⁵ Wi für Telfs-Pfaffenhofen - Landeck: 19.12.1923.

17.1.2.1.		503
01.12.1923	Silz - Imst-Pitztal	5
21.12.1923	Imst-Pitztal - Landeck	5
23.04.1924	Stainach-Irdning - Bad Aussee	6
24.07.1924	Bad Aussee - Attnang-Puchheim	6
08.11.1924	St. Anton am Arlberg - Langen am Arlberg	7
29.04.1925	Landeck - St. Anton am Arlberg	7
14.05.1925	Langen am Arlberg - Bludenz	7
06.08.1926	Bludenz - Feldkirch	
14.12.1926	Feldkirch - Eigentumsgrenze bei Buchs (SG)	8
15.01.1927	Innsbruck Personenbahnhof	
15.02.1927	Feldkirch - Bregenz	9
21.02.1927	Innsbruck Hbf - Hall i. T.	10
14.03.1927	Hall i. T. - Wörgl	11
03.04.1927	Wörgl - Kitzbühel - Hochfilzen - Saalfelden	12
03.05.1927	Innsbruck Güterbahnhof	
08.06.1927	Wörgl - Kufstein	13
06.10.1928	Innsbruck Hbf - Brennersee	
16.09.1929	Schwarzach-St. Veit - Salzburg Hbf	
11.03.1930	Saalfelden - Schwarzach-St. Veit	
01.12.1933	Schwarzach-St. Veit - Mallnitz	14

⁵ Wi für Telfs-Pfaffenhofen - Landeck: 19.12.1923.

⁶ DRB für Stainach-Irdning - Attnang-Puchheim:
27.04.1924.

⁷ Wi: 20.11.1924. DRB für Direktionsgrenze bei Innsbruck
- Bludenz: 14.05.1925

⁸ DRB; Wi: 16.12.1926. SBB: 19.12.1926.

⁹ DRB: 17.02.1927.

¹⁰ DRB; Wi: 23.02.1927.

¹¹ DRB; Wi: 16.03.1927.

¹² DRB; Wi: 03.04.1928.

¹³ DRB; Wi: 09.06.1927.

¹⁴ DRB: 16.12.1933.

01.04.1934	Brennersee - Eigentumsgrenze bei Brenner/Brennero	15
15.05.1935	Mallnitz - Spittal-Millstättersee	FP. ¹⁶
15.08.1939	Wörgl - Kufstein (Doppelspurausbau)	
14.05.1940	Feldkirch-Amberg - Altenstadt (Neubaustrecke)	
10.12.1940	Salzburg Hbf - Attnang-Puchheim	17
11.01.1941	Berg-Landesgrenze - Kittsee (2. Elektrifizierung)	
11.01.1941	Kittsee - Engerau (Neubaustrecke)	
11.1943	Hall i. T. - Amras - Bergisel (Neubaustrecke)	
11.1943	Verschiebebf Thaur bei Hall i. T.	
12.01.1949	(Bregenz -) Abzw. Lauterach - Eigentumsgrenze bei St. Margrethen	SBB.
12.05.1949	Attnang-Puchheim - Linz Hbf	
17.05.1950	Spittal-Millstättersee - Villach Hbf	18
30.06.1950	Villach Hbf - Villach Westbf	
05.04.1951	Villach Westbf - Warmbad Villach	
28.06.1951	Linz Hbf - Amstetten	
29.09.1952	Bischofshofen - Eben im Pongau	19
05.10.1952	Warmbad Villach - Arnoldstein	FP.
19.12.1952	Amstetten - Wien Westbf	
19.12.1952	Hütteldorf-Hacking - Unter Purkersdorf (Vorortgleise)	
28.09.1953	Arnoldstein - Staatsgrenze bei Thörl-Maglern	

¹⁵ DRB: 06.10.1928.

¹⁶ DRB: 15.04.1935.

¹⁷ DRB./ Wi: 06.12.1940.

¹⁸ Wi: 16.05.1950.

¹⁹ Wi: 29.09.1951.

17.1.2.1.		505
14.12.1954	Bregenz - Staatsgrenze bei Lochau-Hörbranz	20
03.05.1955	Warmbad Villach - Rosenbach	
18.05.1955	Wels - Staatsgrenze bei Passau	20
28.07.1955	Vöcklabruck - Kammer-Schörfling	
02.03.1956	Innsbruck Frachtenbahnhof - Innsbruck Westbf (Neubaustrecke)	
30.04.1956	Innsbruck Hbf - Innsbruck Westbf (Neubaustrecke)	
29.09.1956	Wien Südbf - Gloggnitz	
30.09.1956	Villach Hbf - Klagenfurt - St. Veit an der Glan	FP.
30.09.1956	Villach Hbf - Feldkirchen - St. Veit an der Glan	FP.
06.02.1957	Rosenbach - Staatsgrenze im Karawankentunnel	
10.03.1957	Leobersdorf - Wittmannsdorf	
28.09.1957	Gloggnitz - Payerbach-Reichenau	
14.05.1958	Penzing - Hütteldorf-Hacking (Vorortgleis)	
21.06.1958	Eben im Pongau - Schladming	
27.05.1959	Schladming - Selzthal	
29.05.1959	Payerbach-Reichenau - Mürzzuschlag	
01.10.1961	St. Veit an der Glan - Knittelfeld	FP. ²¹
17.01.1962	Meidling - Floridsdorf - Gänserndorf (Schnellbahn)	
17.01.1962	Floridsdorf - Stockerau (Schnellbahn)	
17.01.1962	Abzw. Wien Aspangbahnhof - Groß Schwechat	

²⁰ siehe 17.1.1.1.1.

²¹ Wi: 29.09.1961.

24.05.1963	Mürzzuschlag - Knittelfeld mit Schleifen St. Michael	
29.09.1963	Leoben - Vordernberg mit Schleife Leoben	FP. ²²
23.09.1964	Selzthal - St. Michael	²³
29.05.1965	Selzthal - Spital am Pyrh	
22.05.1966	Bruck an der Mur - Graz Hbf	FP. ²⁴
18.07.1968	Peggau-Deutschfeistritz - Übelbach (Steiermärkische Landesbahnen, bisher 2200 V =)	
27.09.1968	St. Valentin - Kleinreifling	
13.12.1968	Amstetten - Kastenreith (- Kleinreifling)	
23.05.1970	Selzthal - Hieflau - Eisenerz	
23.03.1971	Hieflau - Landl	FP. ²⁵
23.05.1971	Hütteldorf-Hacking (Penzing) - Meidling	FP. ²⁶
13.12.1971	Landl - Kleinreifling	²⁷
06.03.1972	Bludenz - Schruns (Montafonerbahn, bisher 750 V =)	
28.05.1972	Graz Hbf - Spielfeld-Straß	FP. ²⁸
12.09.1972	Graz Hbf - Graz Ostbf	
01.10.1972	Meidling - Abzw. Altmannsdorf - Klein Schwechat	
03.06.1973	Matzleinsdorf Nord - Wien Süd Fbf - Kledering	FP.
03.06.1973	Oberlaa - Simmering Vbf - Hasenleiten - Stadlau	FP.

²² Wi: 28.09.1963.

²³ Wi: 26.09.1964.

²⁴ Wi für Schleife Bruck an der Mur: 22.08.1966.

²⁵ Wi: 22.03.1971.

²⁶ Wi: 05.06.1971.

²⁷ Wi: 11.12.1971.

²⁸ Wi: 29.05.1972.

03.06.1973	Wien Südbf (Ostseite) Pbf - Hasenleiten - Oberlaa - Kledering	FP.
03.06.1973	Simmering Ostbf - Simmering Vbf (Verbindungsgleise Wien Südbf Südseite/Ostseite)	FP.
26.05.1974	Stadlau - Breitenlee Nordabzw. - Leopoldau/Süßenbrunn	FP.
26.05.1974	Simmering Vbf - Klein Schwechat	FP.
26.05.1974	Maxing - Meidling	FP.
29.09.1974	Inzersdorf Ost - Wampersdorf - Wiener Neustadt	FP.
29.09.1974	Kledering - Gramatneusiedl - Wampersdorf	FP.
29.09.1974	Wien Brigittenau - Wien Donaukai-bahnhof mit Schleifengleisen	FP.
29.09.1974	Maxing - Abzw. Altmannsdorf	FP.
01.06.1975	Linz Hbf - Summerau	FP.
02.06.1975	Inzersdorf Ort - Oberlaa (Gleis 1)	
30.05.1976	Gramatneusiedl - Staatsgrenze bei Nickelsdorf	FP. ²⁹
19.05.1977	Groß Schwechat - Flughafen Wien - Markt Fischamend (Neubaustrecke)	
25.09.1977	Gänserndorf - Bernhardsthal	FP.
25.09.1977	Linz Hbf - Spital am Pyrh	FP.
01.10.1978	Wien Franz-Josefs-Bahnhof - Tulln - Tulln Stadt	
27.05.1979	Tulln - Absdorf-Hippersdorf - Stockerau	FP.
27.05.1979	Stockerau - Hollabrunn	FP.
30.09.1979	(Bruck a. d. Leitha -) Abzw. Parndorf - Neusiedl am See	FP.
08.05.1980	Inzersdorf Ort - Abzw. Altmannsdorf	

²⁹ Wi: 22.05.1976.

24.05.1980	Zentralverschiebefbf Wien - Abzw. Kledering Nord und Abzw. Kledering Ost - Klein Schwechat	
31.05.1980	Hst. Erzherzog Karl-Straße - Hst. Hirschstetten - Aspern	
22.06.1980	Obereggendorf - Ebenfurth	
31.05.1981	Tulln Stadt - St. Pölten	FP.
26.09.1982	Absdorf-Hippersdorf - Krems an der Donau	FP.
25.09.1983	Süßenbrunn - Mistelbach	FP.
30.09.1984	Absdorf-Hippersdorf - Sigmundsherberg	FP.
01.06.1986	Bernhardstal - Staatsgrenze bei Breclav	FP.
30.05.1987	Penzing - Heiligenstadt	
31.05.1987	Hst. Hirschstetten - Hst. Hausfeldstraße	FP.
29.05.1988	Vordernberg - Vordernberg Markt	FP.

17.1.2.2. Einstellung des elektrischen Zugbetriebes

1920	Berg-Landesgrenze - Kittsee/Köpcan (ab 01.11.1920: 550 V =)
03.04.1945	Wolfsthal - Berg N. Ö. - Engerau (Gesamtstillegung)
1945	Feldkirch-Amberg - Altenstadt (Gesamtstillegung)
1945	Hall i. T. - Amras - Bergisel (Gesamtstillegung)
1945	Verschiebebahnhof Thaur bei Hall i. T. (Gesamtstillegung)

17.1.3. Schweiz

17.1.3.1. Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes

Die Elektrifizierungsdaten der schweizerischen Eisenbahnen finden sich bei H. G. Wägli, S. Jacobi und R. Probst, Schienennetz Schweiz, Bern 1980, S. 53 ff. Jedoch sind hier die einzelnen Bahngesellschaften im Regelfall mit den heute üblichen Initialen notiert.

16.01.1905	SBB	Zürich Seebach - Zürich Affoltern (15 kV 50 Hz; ab 11.11.1905: 15 kV 15 Hz)
02.06.1906	SBB	Zürich Affoltern - Regensdorf (15 kV 15 Hz)
02.09.1907	FART	Locarno Stazione - Locarno S. Antonio (800 V 26 Hz; ab 27.11.1923: 1200 V =)
02.09.1907	FART	Locarno S. Antonio - Bignasco (5000 V 26 Hz; ab 27.11.1923: 1200 V =)
01.12.1907	SBB	Regensdorf - Wettingen (15 kV 15 Hz)
10.05.1910	STB [~]	Beromünster - Lenzburg (5500 V 25 Hz)
10.05.1910	STB [~]	Lenzburg Spitzkehre - Wildegg (5500 V 25 Hz)
11.07.1910	STB [~]	Hochdorf - Beinwil am See (5500 V 25 Hz)
01.09.1910	MO	Martigny - Orsières (8000 V 15 Hz; ab 31.03.1942: 8000 V 16 2/3 Hz)
01.10.1910	STB [~]	Emmenbrücke - Hochdorf (5500 V 25 Hz)
01.11.1910	BLS	Spiez - Frutigen
01.07.1913	RhB	St. Moritz - Scuol-Tarasp (11 kV 16 2/3 Hz)
01.07.1913	RhB	Samedan - Pontresina (11 kV 16 2/3 Hz)
15.07.1913	BLS	Frutigen - Brig
01.05.1915	BLS	Scherzligen - Spiez

02.12.1918	SBB	Thun - Scherzligen
20.04.1919	RhB	Filisur - Bever (11 kV 16 2/3 Hz)
07.07.1919	SBB	Bern - Wylerfeld - Münsingen - Thun
15.10.1919	RhB	Thusis - Filisur (11 kV 16 2/3 Hz)
22.12.1919	RhB	Davos Dorf - Filisur (11 kV 16 2/3 Hz)
01.07.1920	SEZ	Spiez - Erlenbach
16.08.1920	GBS	Bern - Belp - Thun
21.08.1920	BLS	Spiez - Interlaken Ost - Bönigen
13.09.1920	SBB	Göschenen - Ambri-Piotta
18.10.1920	SBB	Erstfeld - Göschenen
02.11.1920	SEZ	Erlenbach - Zweisimmen
01.12.1920	RhB	Klosters - Davos Dorf (11 kV 16 2/3 Hz)
06.12.1920	GBS	Bern Fischermätteli - Schwarzenburg
12.12.1920	SBB	Ambri-Piotta - Biasca
04.04.1921	SBB	Biasca - Castione-Arbedo
29.05.1921	SBB	Castione-Arbedo - Bellinzona
01.08.1921	RhB	Landquart - Chur - Thusis (11 kV 16 2/3 Hz)
07.11.1921	RhB	Landquart - Klosters (11 kV 16 2/3 Hz)
06.02.1922	SBB	Bellinzona - Chiasso
01.05.1922	SBB	Arth-Goldau - Erstfeld
28.05.1922	SBB	Luzern - Arth-Goldau
01.06.1922	RhB	Reichenau-Tamins - Disentis/Mustér (11 kV 16 2/3 Hz)
22.06.1922	SBB	Zug - Arth-Goldau
06.07.1922	SBB	Rotkreuz - Immensee
09.10.1922	SBB	Zug - Gütsch (- Luzern)

05.02.1923	SBB	Zürich HB - Zug
13.09.1923	BN	Holligen - Bern Bümpliz Nord
12.12.1923	SBB	St-Maurice - Sion
23.02.1924	SBB	Olten - Luzern
14.05.1924	SBB	Lausanne - St-Maurice
18.05.1924	SBB	Basel SBB PB - Olten
01.06.1924	SBB	Thalwil - Richterswil
03.06.1924	SZU	Zürich Selnau - Sihlbrugg
21.01.1925	SBB	Zürich HB - Olten
01.02.1925	SBB	Lausanne - Daillens - Yverdon
01.03.1925	SBB	Daillens - Le Day
05.06.1925	SBB	Le Day - Vallorbe
06.08.1925	SBB	Zürich HB - Wallisellen - Winterthur
06.08.1925	SBB	Zürich Oerlikon - Kloten - Effretikon
25.11.1925	SBB	Aarburg-Oftringen - Wylerfeld
22.12.1925	SBB	Renens (VD) - Genève
19.02.1926	SBB	Lausanne - Palézieux
09.05.1926	SBB	(Tecknau -) Olten VL (- Dulliken) (Neubaustrecke)
15.05.1926	SBB	Zürich HB - Meilen - Rapperswil
18.10.1926	SBB	Brugg (AG) - Pratteln
17.01.1927	SBB	Sion - Brig (bisher 3300 V 16 2/3 Hz Drehstrom)
01.03.1927	SBB	Zürich Wiedikon - Zürich Altstetten
21.03.1927	SZU	Zürich Wiedikon - Zürich Giesshübel
28.03.1927	SBB	Palézieux - Romont
05.05.1927	SBB	Rapperswil - Rotkreuz
05.05.1927	SBB	Brugg (AG) - Hendschiken
07.05.1927	SBB	Rapperswil - Uznach - Wattwil
15.05.1927	SBB	Romont - Bern

15.05.1927	SBB	Rorschach - St. Gallen - Winterthur
15.12.1927	SBB	Richterswil - Sargans - Buchs (SG)
23.12.1927	SBB	Yverdon - Biel - Olten
11.05.1928	SBB	Sargans - Chur
14.05.1928	BN	Bern Bümpliz Nord - Neuchâtel
15.05.1928	SBB	Zollikofen - Biel
15.05.1928	SBB	Madretsch - Biel Mett
15.05.1928	BLS	Lengnau - Moutier
15.05.1928	SBB	Moutier - Delémont
15.05.1928	SBB	Rorschach - Romanshorn - Winterthur
15.05.1928	SBB	(Amriswil -) Romanshorn VL (- Egnach)
15.12.1928	SBB	Zürich Oerlikon - Schaffhausen
01.10.1929	BVZ	Visp - Zermatt (10500 - 11500 V 16 2/3 Hz)
02.03.1930	SBB	Brig - Eigentumsgrenze bei Iselle di Trasquera (bisher 3300 V 16 2/3 Hz Drehstrom)
15.05.1930	RHB	Rorschach - Heiden
06.06.1930	BVZ	Brig - Visp (Neubaustrecke; 10500 - 11500 V 16 2/3 Hz)
01.10.1930	SBB	Emmenbrücke - Lenzburg (bisher 5500 V 25 Hz)
01.10.1930	SBB	Beinwil am See - Beromünster (bisher 5500 V 25 Hz)
01.10.1930	SBB	Lenzburg Spitzkehre - Wildegg (bisher 5500 V 25 Hz)
04.10.1931	SBB	Neuchâtel-Vauseyon - Le Locle- Col-des-Roches
04.10.1931	BT	St. Gallen - Wattwil
04.10.1931	SBB	Wattwil - Ebnet-Kappel
04.10.1931	BT	Ebnet-Kappel - Nesslerau-Neu St. Johann
01.11.1931	SBB	Delémont - Basel SBB PB
24.01.1932	BT	Romanshorn - St. Gallen St. Fiden

28.05.1932	SBB	Othmarsingen - Gexi (- Lenzburg)
01.09.1932	EBT	Solothurn - Burgdorf
02.10.1932	SMB	Solothurn West - Moutier
02.10.1932	SBB	Wallisellen - Rapperswil
15.10.1932	SBB	Zürich Altstetten - Zug
15.10.1932	SBB	Steinhausen - Sumpfweiche - Cham
08.12.1932	EBT	Burgdorf - Obermatt (bisher 750 V 40 Hz Drehstrom)
08.12.1932	SBB	Obermatt - Langnau (bisher 750 V 40 Hz Drehstrom)
11.02.1933	EBT	Hasle-Rüegsau - Grosshöchstetten (bisher 750 V 40 Hz Drehstrom)
30.04.1933	EBT	Grosshöchstetten - Thun (bisher 750 V 40 Hz Drehstrom)
15.05.1933	SBB	Delémont - Staatsgrenze bei Delle
15.05.1933	SBB	Uznach - Ziegelbrücke - Linthal
15.05.1934	SBB	Biel - Sonceboz-Sombeval
15.05.1934	SBB	St. Margrethen - Rorschach
15.07.1934	SBB	Sonceboz-Sombeval - La Chaux-de-Fonds
15.08.1934	SBB	Gümligen - Obermatt
15.08.1934	SBB	Langnau - Gütsch (- Luzern)
21.09.1934	SBB	Buchs (SG) - St. Margrethen
15.05.1936	SBB	Giubiasco - Locarno
15.05.1936	SBB	Sulgen - Gossau (SG)
02.05.1937	SBB	Sonceboz-Sombeval - Moutier
30.01.1938	STB	Gümmenen- Flamatt
02.10.1938	SBB	Le Day - Le Pont
02.10.1938	PBr	Le Pont - Le Brassus
30.12.1938	SBB	Lausanne-Sébeillon - Renens (VD)
15.05.1939	SOB	Rapperswil - Arth-Goldau
15.05.1939	SOB	Wädenswil - Samstagern

15.05.1939	SOB	Biberbrugg - Einsiedeln
16.05.1940	VCh	Vevey - Puidoux-Chexbres
21.10.1940	FO	Andermatt - Oberalpsee (11500 V 16 2/3 Hz; 05.07.1940 bis Ende August 1940 für Materialtrans- porte provisorisch mit 1200 V = gespeist)
21.10.1940	FO	Tschamut-Selva - Disentis/Mustér (11500 V 16 2/3 Hz)
05.05.1941	SBB	(Münchenstein -) Ruchfeld - Basel SBB RB (Neubaustrecke)
29.05.1941	FO	Oberalpsee - Tschamut-Selva (11500 V 16 2/3 Hz)
03.10.1941	FO	Realp - Andermatt (11500 V 16 2/3 Hz)
11.10.1941	FO	Brig - Niederwald (11500 V 16 2/3 Hz)
17.10.1941	FO	Göschenen - Andermatt (11500 V 16 2/3 Hz; bisher 1200 V =)
14.11.1941	FO	Niederwald - Oberwald (11500 V 16 2/3 Hz)
18.11.1941	SBB	Luzern - Meiringen
13.02.1942	SBB	Zürich Oerlikon - Zürich Seebach
13.02.1942	SBB	Zürich Seebach - Wettingen (2. Elektrifizierung)
13.02.1942	SBB	Opfikon - Zürich Seebach
01.07.1942	FO	Oberwald - Realp (11500 V 16 2/3 Hz)
22.11.1942	SBB	Auvernier - Les Verrières
24.12.1942	SBB	Meiringen - Interlaken Ost
11.04.1943	SBB	Winterthur - Neuhausen
01.07.1943	BAM	Morges - Apples - Bière
01.07.1943	BAM	Apples - L`Isle-Mont-la-Ville
04.10.1943	OeBB	Oensingen-Balsthal
12.12.1943	SBB	Wil (SG) - Wattwil

30.04.1944	SBB	Rüti (ZH) - Wald
04.05.1944	RVT	Travers - Fleurier - Buttes
04.05.1944	RVT	Fleurier - St-Sulpice
07.05.1944	SBB	Effretikon - Hinwil
03.10.1944	SBB	Herzogenbuchsee - Busswil
14.10.1944	SBB	Turgi - Koblenz
17.12.1944	SBB	Koblenz - Stein-Säckingen
21.12.1944	SBB	Payerne-Lyss
25.01.1945	YStec	Yverdon - Ste-Croix
01.07.1945	SBB	Koblenz - Eglisau
08.07.1945	VHB	Langenthal - Huttwil
15.07.1945	SBB	Winterthur - Bülach
01.08.1945	SBB	Yverdon - Payerne
06.08.1945	VHB	Huttwil - Hüswil
07.10.1945	VHB	Ramsei - Wasen im Emmental
07.12.1945	VHB	Hüswil - Wolhusen
16.12.1945	SBB	Etzwilen - Schaffhausen
12.04.1946	VHB	Sumiswald-Grünen - Huttwil
05.05.1946	VHB	Huttwil - Eriswil
06.05.1946	SBB	Romanshorn - Kreuzlingen
08.05.1946	GFM	Bulle - Romont
18.06.1946	SBB	(St-Maurice -) Les Paluds - Collombey-Muraz
15.07.1946	SBB	Aarau - Zofingen
19.07.1946	SBB	Palézieux - Payerne
07.10.1946	SBB	Oberwinterthur - Stein am Rhein
17.12.1946	SBB	Wettingen - Othmarsingen
17.12.1946	SBB	Lenzburg - Suhr
04.05.1947	SBB	Fribourg - Payerne

12.08.1947	GFM	(Fribourg -) Givisiez - Murten (bisher 750 - 900 V =)
12.08.1947	GFM	(Murten -) Muntelier - Ins (bisher 750 - 900 V =)
05.10.1947	SBB	Kreuzlingen - Stein am Rhein
11.10.1947	SBB	Hinwil - Bauma
04.03.1949	MO	Martigny - Orsières (bisher 8000 V 16 2/3 Hz)
15.03.1951	SBB	Genève - La Praille
01.07.1951	SBB	Lausanne - Lausanne-Sébeillon (Neubaustrecke)
07.10.1951	SBB	Winterthur Grüze - Wald
18.05.1952	CJ	Porrentruy - Bonfol
05.08.1953	MO	Sembracher - Le Châble (Neubaustrecke)
04.10.1953	SBB	Sissach - Läufelfingen - Olten
01.10.1954	SBB	Collombey-Muraz - St-Gingolph CFF
03.06.1956	SBB	Les Verrières - Staatsgrenze bei Les Verrières de Joux
01.11.1956	SBB	Basel SBB PB - Eigentumsgrenze bei Basel Bad Bf
01.11.1956	SBB	Gellert - Basel SBB RB
02.06.1958	SBB	Eigentumsgrenze bei Basel Bad Rbf - Basel Kleinhüningen Hafen
28.05.1960	SBB	Oberglatt - Niederweningen
11.06.1960	SBB	Cadenazzo - Staatsgrenze bei Pino
30.10.1961	SBB	Basel SBB RB - Birsfelden Hafen
27.05.1962	SBB	Kreuzlingen - Eigentumsgrenze bei Konstanz
19.12.1964	LSE	Hergiswil - Stansstad (Neubaustrecke)
19.12.1964	LSE	Stansstad - Engelberg (bisher 750 - 850 V 33 Hz Drehstrom)
30.05.1965	SBB	Balerna - Chiasso Sm (Neubaustrecke)

24.09.1965	MThB	Kreuzlingen - Wil (SG)
18.03.1966	WM	Wohlen - Fahrwangen-Meisterschwanden (bisher 1000 - 1200 V =)
21.05.1967	SBB	(Zollikofen -) Löchligut - Wankdorf (- Ostermundigen) (Neubaustrecke)
19.02.1968		Courtemaîche - Bure (Neubaustrecke im Besitz des Bundes)
01.06.1969	SBB	(Schinznach Dorf -) Brugg VL (- Birrfeld) (Neubaustrecke)
01.06.1969	SBB	Zürich Altstetten - Zürich Oerlikon (Neubaustrecke)
01.06.1969	SBB	Kreuzlingen Hafen - Eigentumsgrenze bei Konstanz
23.05.1971	SBB	Bussigny - Denges-Echandens (Neubaustrecke)
01.06.1975	SBB	Killwangen-Spreitenbach - Gruemet (- Mägenwil) (Neubaustrecke)
30.09.1979	SBB	Zürich Seebach - Opfikon - Glattbrugg (Neubaustrecke)
14.01.1980	SBB	Taverne-Torricella - Lugano Vedeggio
01.06.1980	SBB	Zürich Oerlikon - Zürich Flughafen - Dorfnest (Neubaustrecke)
31.05.1981	SBB	Olten - Rothrist (Neubaustrecke)
31.05.1981	SBB	Würenlos - Killwangen-Spreitenbach (Neubaustrecke)
23.05.1982	SBB	Zürich HB - Hard (- Zürich Oerlikon) (Neubaustrecke)
26.06.1982	FO	Oberwald - Realp (Neubaustrecke; 11 kV 16 2/3 Hz)
29.05.1983	SBB	Sargans - Weite (- Sevelen) (Neubaustrecke)
31.05.1987	SBB	Genève - Genève-Aéroport (Neubaustrecke)

17.1.3.2. Einstellung des elektrischen Zugbetriebes

03.07.1909	SBB	Zürich Seebach - Wettingen
29.11.1965	FART	Ponte Brolla - Bignasco (Gesamtstillegung)
01.06.1969	BLS	Interlaken Ost - Bönigen (Gesamtstillegung)
19.11.1970	SBB	Steinhausen - Sumpfweiche - Cham (Gesamtstillegung)
28.05.1978	VHB	Huttwil - Eriswil (Gesamtstillegung)

17.1.4. Eröffnung des elektrischen Zugbetriebes auf mit 15 kV 16 2/3 Hz betriebenen grenzüberschreitenden Strecken im Besitz ausländischer Eisenbahnverwaltungen

Die nachstehenden Elektrifizierungsdaten sind den entsprechenden Zusammenstellungen über Deutschland (s. 17.1.1.1.1.), Österreich (s. 17.1.2.1.) und Schweiz (s. 17.1.3.1.) entnommen.

02.03.1930	FS	Eigentumsgrenze bei Iselle di Trasquera - Iselle di Trasquera (bisher 3000 - 3300 V 16 2/3 Hz Drehstrom)
15.05.1930	FS	Iselle di Trasquera - Domodossola
15.05.1933	SNCF	Staatsgrenze bei Boncourt - Delle
01.04.1934	FS	Eigentumsgrenze bei Brennersee - Brenner/Brennero
28.09.1953	FS	Staatsgrenze bei Thörl-Maglern - Tarvisio Centrale
03.06.1956	SNCF	Staatsgrenze bei Les Verrières de Joux - Pontarlier
06.02.1957	JZ	Staatsgrenze im Karawankentunnel - Jesenice
11.06.1960	FS	Staatsgrenze bei Pino - Luino
26.05.1968	NS	Staatsgrenze bei Kaldenkirchen - Venlo
30.05.1976	MAV	Staatsgrenze bei Nickelsdorf - Hegyeshalom
29.05.1983	SNCF	Staatsgrenze bei Hanweiler-Bad Rilchingen - Sarreguemines

17.2. Anhang B:

Berechnung der Lage des Fahrdrahtes in der Mitte zwischen den Brechpunkten c in Abhängigkeit von Bogenhalbmesser R, Spannweite a und Fahrdraht-Seitenverschiebung b bei Windstille

Wurde bereits allgemein über Anforderungen an Oberleitungsanlagen (s. 1.2.) sowie über Kennmaße von Stromabnehmerwippen und deren Verhältnisse (s. 2.3.) gesprochen, ist hier ein spezielles Problem der Fahrdrahtlage zu erörtern.

Der Entwurf eines UIC-Merkblatts¹ hält fest: "Die gegenseitigen Seitenbewegungen von Fahrdraht und Stromabnehmer dürfen unter den zugrundegelegten Umweltbedingungen nicht so gross werden, dass der Fahrdraht von der Wippe abrutscht. Die Wippe muss immer über die äusserste Lage des Fahrdrahtes hinausreichen. Dieses Mass wird im Folgenden mit "Wippenüberstand wü" bezeichnet.

Die Berechnung des Wippenüberstands geschieht mit einem Rechenverfahren, das die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens der zufallsbedingten Bewegungen berücksichtigt und untersucht folgende Fälle:

- am Stützpunkt in der Gleisüberhöhung beim stillstehenden Fahrzeug,
- im Feld bei größtem Wind von der Kurvenaußenseite und größter Fahrgeschwindigkeit und
- im Feld bei größtem Wind von der Kurveninnenseite und stillstehendem Fahrzeug.

Die in diesem Entwurf verwendete Formel für die Berechnung der Längsspannweite aus Kurvenradius, Zugkräften in Tragseil und Fahrdraht, Fahrdrahtauslenkung und Windantrieb findet sich in Grundzügen bereits in der Literatur der zwanziger Jahre.

E. E. Seefehlner² gibt 1922 ohne Ableitung für die Mastteilung unter der Voraussetzung $c = b$ die Beziehung

$$(0) \quad a = \sqrt{8 R b}$$

mit zugehörigen Nomogrammen an und ersetzt damit den Kreisbogen durch einen Parabelbogen. Drei Jahre später notiert F. W. Jacobs³ die gleiche Formel mit anderen Bezeichnungen. 1924 schreibt G. Naderer⁴ in einer grundlegenden Arbeit: "Der Kreisbogen, den die Bügelmitte in der

¹ Gestaltung des Fahrleitungssystems unter Berücksichtigung der Auswirkungen der Kinematik der Fahrzeuge nach dem UIC-Merkblättern der Reihe 505. UIC-Kodex 606-1. Entwurf: Stand Juli 1985.

² Elektrische Zugförderung, Berlin 1922, S. 82.

³ Fahrleitungsanlagen für elektrische Bahnen, München und Berlin 1925, S. 138.

⁴ Organ, 79 (1924), S. 201 f.

Krümmung beschreibt, kann mit hinreichender Genauigkeit durch einen Parabelbogen ersetzt werden ..." und kommt zu einer um den Windabtrieb erweiterten Formel. Leider diskutiert G. Naderer nicht die Abweichung, die sich bei Ersatz des Kreisbogens durch einen Parabelbogen ergibt.

K. Sachs⁵ ersetzt 1938 bei der Berechnung der Längsspannweite ebenfalls den Kreisbogen durch einen Parabelbogen, desgleichen in den fünfziger Jahren I. I. Wlassow⁶ und E. Heide⁷. Auch L. Hausmann⁸ und M. Süberkrüb⁹ berechnen den Mastabstand der Oberleitung in Krümmungsradien in dieser Weise. Während sich W. Fiebig¹⁰ zu diesem Problem nur verbal äußert, übernimmt S. Altmann¹¹ die Formeln von G. Naderer und K. Sachs.

Mit dem von H. Freidhofer¹² beschriebenen "Optischen Lot" konnte man für die Seitenlage des Fahrdrahtes eine Meßgenauigkeit von bestenfalls ± 10 mm erreichen. H. P. Berressem u. a.¹³ stellen das Meßprinzip einer verbesserten Ausführung des "Optischen Lots" mit einer Meßgenauigkeit von ± 5 mm sowohl in der Höhen- als auch in der Seitenlage dar. Bei dieser Meßgenauigkeit mag es reizvoll erscheinen, für den Ersatz des Kreisbogens durch einen Parabelbogen eine Fehlerbetrachtung durchzuführen.

Z 17.2./1

Ein Kreis um den Mittelpunkt $M(p;0)$ mit dem Radius $r = p$ habe die Gleichung:

$$(1) \quad (x - p)^2 + y^2 = p^2$$

Z 17.2./2

Dieser Kreis sei auf einem Kreisabschnitt mit den Endpunkten P_1 und P_2 durch eine zur Abszisse symmetrische Parabel ersetzt:

$$(2) \quad y^2 = 2p(x - f)$$

f sei hier die größtmögliche Abweichung zwischen Kreis- und Parabelabschnitt. Da sich aus (1):

$$x = p \pm \left[p^2 - y^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

⁵ Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938, S. 146.

⁶ Fahrleitungsnetz, Leipzig 1955, S. 110.

⁷ Der Fahrleitungsbau, Berlin 1956, S. 44.

⁸ EB, 26 (1955), S. 83.

⁹ Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und Düsseldorf 1971, S. 143.

¹⁰ Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962, S. 155.

¹¹ VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin 1975, S. 452 ff.

¹² EB, 35 (1964), S. 336 f.

¹³ EB, 82 (1984), S. 179 ff.

und aus (2):

$$x = \frac{y^2}{2p} + f \quad ; \quad p > 0$$

ergeben, ermittelt sich f zu :

$$(3) \quad f = p \pm (p^2 - y^2)^{\frac{1}{2}} - \frac{y^2}{2p} \quad ; \quad p > 0$$

Berücksichtigt man, daß hier nur die negative Wurzel zu einer sinnvollen Lösung führt und setzt $p = R$ sowie $y = \frac{1}{2}s$, ergibt sich:

$$(4) \quad f = R - \left[R^2 - \left(\frac{1}{2}s\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{\left(\frac{1}{2}s\right)^2}{2R}$$

Da jedoch im Regelfall nicht die Sehnenlänge s , sondern die Bogenlänge a gegeben ist, benötigt man zusätzlich folgende Gesetzmäßigkeiten im Kreisabschnitt:

$$z \ 17.2./3 \quad (5) \quad \sin \frac{1}{2}\alpha = \frac{\frac{1}{2}s}{R} \quad \implies \quad s = 2R \sin \frac{1}{2}\alpha$$

$$(6) \quad \frac{a}{2\pi R} = \frac{\alpha}{2\pi} \quad \implies \quad \alpha = \frac{a}{R} \quad (\alpha \text{ im Bogenmaß})$$

mit (5) und (6) in (4) ergibt sich:

$$(7) \quad f = R - \left[R^2 - \left(R \sin \frac{a}{2R} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2}R \sin^2 \frac{a}{2R}$$

Auch hier sind alle Winkel im Bogenmaß zu messen. Beziehungen zwischen den Kreisfunktionen und Äquivalenzumformungen von Termen vereinfachen diesen Ausdruck:

$$(8) \quad f = \frac{1}{2}R \left[\cos \frac{a}{2R} - 1 \right]^2$$

Hiernach wird der Fehler f vor allem bei kleinen Krümmungsradien R und relativ großen Spannweiten a signifikant. Deshalb sei die seitliche Lage des Fahrdrabtes in Feldmitte zwischen zwei Stützpunkten im Gleisbogen exakt ermittelt.

Im Kreis mit dem Radius $R + b$ teilt die Sehne s den Durchmesser in die Sehnenabschnitte $b + c$ und $2R + b - c$, wofür der Sehnensatz gilt:

$$(9) \quad \left(\frac{1}{2}s\right)^2 = (b + c)(2R + b - c)$$

Z 17.2./4

Hieraus errechnet sich c zu:

$$(10) \quad c = R \pm \left[(R + b)^2 - \left(\frac{1}{2}s\right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Um die Sehnenlänge s durch die Bogenlänge a zu ersetzen, notiert man in einem ersten Schritt:

$$(11) \quad \sin \frac{1}{2}\alpha = \frac{\frac{1}{2}s}{R + b} \implies s = 2(R + b) \sin \frac{1}{2}\alpha$$

Berücksichtigt man, daß in (10) nur die negative Wurzel zu einer sinnvollen Lösung führt, ergibt sich weiter mit (6) und (11):

$$(12) \quad c = R - \left[(R + b)^2 - (R + b)^2 \sin^2 \frac{a}{2R} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Beziehungen zwischen den Kreisfunktionen und Äquivalenzumformungen von Termen führen schließlich zu dem Ausdruck:

$$(13) \quad c = R - (R + b) \cos \frac{a}{2R} \quad (\text{Winkel im Bogenmaß})$$

Die Fahrleitungsrichtlinien 1953 der DB (s. 11.2.) sehen auch in der Ausgabe 1975 für nachgespanntes Kettenwerk im Bogenhalbmesser $R = 250$ m für eine Fahrdraht-Seitenverschiebung am Brechpunkt $b = 0,4$ m eine Spannweite $a = 38,6$ m vor und notieren für $c = 36$ cm. Nach (13) ergibt sich ein Wert von $c = 34,58$ cm; diese Abweichung ist mit dem "Optischen Lot" neuerer Ausführung erfaßbar.

Für die Projektierung der Oberleitung ist es wichtig, die Spannweite a in Abhängigkeit vom Bogenhalbmesser R , der Fahrdraht-Seitenverschiebung am Brechpunkt b und der Lage des Fahrdrahtes in der Mitte zwischen den Brechpunkten c zu ermitteln. Eine einfache Umformung des Ausdrucks (13) führt zu der Beziehung:

$$(14) \quad a = 2R \arccos \frac{R - c}{R + b} \quad (\text{Winkel im Bogenmaß})$$

Unter Benutzung von Beziehungen zwischen inversen trigonometrischen Funktionen läßt sich obige Gleichung auch wie folgt darstellen:

$$(15) \quad a = 2R \arctan \left[\left[\frac{R + b}{R - c} \right]^2 - 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Ausgewählte Literatur

1. Bücher

1.1. Bücher mit Angabe des Verfassers oder Herausgebers

Aebi, Ernst und Aeschlimann, Jürg. SBB im Aaretal, Luzern 1984.

Ammann, Christian und Dubail, André. Porrentruy - Bonfol -
Alsace. Breil-sur-Roya 1983.

Badstübner, Rolf u. a. Geschichte der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin 1981.

Bäzold, Dieter und Fiebig, Günther. Archiv elektrischer Lokomotiven. Berlin 1963.

Bendel, Helmut u. a. Elektrische Triebfahrzeuge, Berlin¹1981.

Besser, F. Kommentar zur Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung vom 17. Juli 1928, Berlin 1928.

---. Kommentar zu den Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnungen für die Eisenbahnen des allgemeinen Verkehrs, Frankfurt am Main⁵1951.

Blank, Johann Peter und Rahn, Theo (Hg.). Die Eisenbahntechnik. Entwicklung und Ausblick, Darmstadt 1982.

Bochmann, Klaus. Lokomotiv-Portrait I. Lokomotiv-Raritäten der VES M Halle (S), Heidelberg 1977.

---. Lokomotivportrait III. E 44 und E 45, Heidelberg 1978.

Brandt (Hg.), Verkehrswissenschaftliche Veröffentlichungen des Ministeriums für Wirtschaft und Verkehr Nordrhein-Westfalen, Nr. 22: Vogel, Theodor. Die Eisenbahn in der technischen Entwicklung, Düsseldorf o. J.

Bratschi, R. 100 Jahre bernische Eisenbahnpolitik. 50 Jahre Lötschberg Bahn 1913-1963, Bern 1963.

Braun, Andreas und Hofmeister, Florian. E 04 Portrait einer deutschen Schnellzuglok, München 1981.

---. E 18 Portrait einer deutschen Schnellzuglok, München 1979.

Bürnheim, Hermann. Localbahn A.-G. München, Gifhorn 1974.

Charmantier, Guy. Les locomotives électriques de type 2D2, Menton 1981.

- Deinert, Werner. Elektrische Lokomotiven für Vollbahnen, Berlin 1961.
- Dörschel, Wolfgang u. a. Verkehrsgeographie, Berlin⁴1983.
- Drescher, Werner. Die Saal-Eisenbahn und ihre Anschlußbahnen, Berlin¹1987.
- Düring, Theodor. Die deutschen Schnellzug-Dampflokomotiven der Einheitsbauart, Stuttgart 1979.
- Eggermann, Anton u. a. Die Bahn durch den Gotthard, Zürich 1981.
- Fiebig, Willy. Fahrleitungen für den elektrischen Zugbetrieb, Berlin 1962.
- Finger, Hans-Joachim. Eisenbahngesetze, München⁶1970.
- Garkisch, Werner und Groth, Heinz. Die Deutsche Reichsbahn von 1945 bis 1985, Berlin¹1985.
- Garreau, Marcel. Cours de Traction Électrique, Paris²1960.
- Gerlach, Walter und Schnabel, Heinz. Einsatz von Eisenbahnfahrzeugen, Berlin 1980.
- . Elektrischer Zugbetrieb, Berlin¹1984.
- Giesl-Gieslingen, Adolph. Die Ära nach Gölsdorf. Die letzten drei Jahrzehnte des österreichischen Dampflokomotivbaus, Wien 1981.
- Grünholz, Hans. Elektrische Vollbahnlokomotiven, Berlin 1930.
- Harrer, Heinrich und Holcomb, Bruce. Salzburger Lokalbahnen, Wien 1980.
- Hechler, Ludwig. Die Umgrenzung des lichten Raumes bei Regel- und Schmalspurbahnen, Berlin, Wien und Leipzig 1941.
- Hendlmeier, Wolfgang. Handbuch der deutschen Straßenbahngeschichte, 2 Bde., München 1979, 1981.
- Höfer, Gerd u. a. Grundlagen der Verkehrstechnik, Berlin²1982.
- Hohn, Manfred u. a. Mödling - Hinterbrühl. Die erste elektrische Bahn Europas für Dauerbetrieb, Wien 1983.
- Horn, Alfred. Die Preßburgerbahn 1914-1974, Wien 1974.
- . ÖBB Handbuch Ausgabe 1981, Wien 1981.

- Iffländer, Helmut. Die Albtalbahn, München 1987.
- Jacobi, Sébastien. Le chemin de fer Franco-Suisse et ses affluents régionaux, Les Verrières 1960.
- Jacobs, Fr. Wilh. Fahrleitungsanlagen für elektrische Bahnen, München und Berlin 1925.
- Janin, M. und Martin, René. Cours de traction électrique, 3 Bde., Paris ²1924, 1913, 1914.
- Joachim, Ernst. Elektrische Lokomotiven, Düsseldorf 1973.
- Kaenel, Jean von. 1884-1984 100 ans des Chemins de fer du Jura, Tavannes 1984.
- Kesselring, Walter. Fünfzig Jahre Bodensee-Toggenburg-Bahn und Rickenbahn 1910-1960, St. Gallen 1960.
- Kirsche, Hans-Joachim. Bahnland DDR, Berlin 1981.
- Koci, Alexander. Die Österreichischen Bundesbahnen elektrifizieren. Zur Aufnahme des durchgehenden elektrischen Betriebes auf der Westbahnstrecke bis Wien, Wien 1952.
- . 75 Jahre elektrische Eisenbahnen in Österreich, Wien 1955.
- Kohl, Horst u. a. Geographie der DDR, Gotha und Leipzig ⁴1981.
- Kramer, Erwin. Die Entwicklung des Verkehrswesens in der DDR, Berlin 1978.
- Kraus, Heinrich. Grundlagen elektrischer Bahnen, Düsseldorf ¹1986.
- Kreidler, Eugen. Die Eisenbahnen im Machtbereich der Achsenmächte während des Zweiten Weltkrieges, Göttingen 1975.
- Kundert, Max. Die Entwicklung der Reisegeschwindigkeit bei den schweizerischen Eisenbahnen, Zürich 1941.
- Kunicki, Heinz. Deutsche Dieseltriebfahrzeuge gestern und heute, Berlin 1966.
- Lehmann, Heinrich. Bahnsysteme und ihr wirtschaftlicher Betrieb, Darmstadt 1978.
- Loria, Mario. Storia della trazione elettrica ferroviaria in Italia, Genova 1971.
- Ludz, Peter Christian u. a. DDR Handbuch, Köln ²1979.

- Maison, Gaston. 75 ans du chemin de fer Martigny - Orsières 1910-1985, Aigle 1985.
- Mathys, Ernst und Mathys, Hermann. 10000 Auskünfte über die schweizerischen Eisenbahnen, Bern 1949.
- Mazzoni, Alfredo. Norme pratiche per la costruzione e la messa in esercizio delle condutture di contatto 3.000 V. corrente continua, Bologna ³1947.
- Moser, Alfred. Der Dampfbetrieb der schweizerischen Eisenbahnen 1847-1966, Basel und Stuttgart ⁴1967.
- Müller, Siegfried. Elektrische und dieselelektrische Triebfahrzeuge, Basel 1979.
- Pascucci, L. Condotture di contatto per esercizio ad alta velocità, Roma 1972.
- Pycha, Wolfgang. Die Bahnverbindungen über die Alpen unter besonderer Berücksichtigung von Triest, Wien 1984.
- Rehbein, Elfriede u. a. Deutsche Eisenbahnen 1835-1985, Berlin ¹1985.
- Robert, Jean. De Nice à Chamonix. Les réseaux secondaires des Alpes françaises, Neuilly-sur-Seine 1961.
- Rossberg, Ralf Roman. Grenze über deutschen Schienen, Freiburg im Breisgau 1980.
- Sachs, Karl. Elektrische Triebfahrzeuge, 2 Bde., Frauenfeld ¹1953.
- . Elektrische Triebfahrzeuge, 3 Bde., Wien ²1973.
- . Die ortsfesten Anlagen elektrischer Bahnen, Zürich und Leipzig 1938.
- Sarter, Adolph und Kittel, Theodor. Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft. Ihr Aufbau und ihr Wirken, Berlin ³1931.
- Saurau, F. X. Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen unter besonderer Berücksichtigung Österreichs, Wien 1927.
- Schaefer, Heinz-Herbert. Elektrotechnische Anlagen für Bahnstrom, Heidelberg und Mainz 1981.
- Scharf, Hans-Wolfgang. Eisenbahnen zwischen Oder und Weichsel, Freiburg im Breisgau 1981.
- Scharf, Hans-Wolfgang und Ernst, Friedhelm. Vom Fernschnellzug zum Intercity, Freiburg im Breisgau 1983.
- Schneider, Ascanio. Gebirgsbahnen Europas, Zürich 1963.

- Scholz, R. und Py, Michel. Le chemin de fer Yverdon - Ste-Croix, Ste-Croix 1974.
- Schulze, Claus-Jürgen. Die Isartalbahn, München ²1980.
- Schumacher, F. Das Eidgenössische Eisenahndepartement 1873-1913, Bern 1914.
- Seefehlner, E. E. Elektrische Zugförderung, Berlin 1922.
- Sollath, A. u. a. 100 Jahre Brennerbahn 1867-1967, Innsbruck 1967.
- Steinke, Werner. Die Halberstadt-Blankenburger-Eisenbahn, Berlin 1982.
- Stolte, Karl. Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven bei der Deutschen Reichsbahn, Leipzig 1956.
- Süberkrüb, Max. Technik der Bahnstrom-Leitungen, Berlin, München und Düsseldorf 1971.
- Tessier, Marcel. Traction électrique et thermo-électrique, Paris 1978.
- Thelander, Th. Der elektrische Eisenbahnbetrieb in Schweden. Sein Beginn und seine Entwicklung, Stockholm 1954.
- Volmar, F. A. Die Furka-Oberalp-Bahn, Brig ²1965.
- Wägli, Hans G. u. a. Schienennetz Schweiz, Bern 1980.
- Waldburger, Hans und Senn, Martin. Die Seetalbahn, Luzern 1983.
- Wechmann, Wilhelm (Hg.). Der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Berlin 1924.
- Weigt, Ernst (Hg.). Nürnberger wirtschafts- und sozialgeographische Arbeiten, Bd. 10: Rutz, Werner. Die Alpenquerungen, Nürnberg 1969.
- Wlassow, I. I. Fahrleitungsnetz, Leipzig 1955.
- Zamkowska, Stanislaw. Odbudowa i funkcjonowanie kolei polskich 1944-1949, Warszawa 1984.
- Zschech, Rainer. Triebwagen-Archiv, Berlin 1966.

1.2. Bücher ohne Angabe des Verfassers oder Herausgebers

Anlage und Fahrzeuge für elektrische Traktion auf der
Versuchsstrecke Spiez - Frutigen, Bern 1911.

Die Berliner S-Bahn, Berlin 1963.

Das Deutsche Eisenbahnwesen der Gegenwart, 2 Bde., Berlin
1911.

Die Elektrifizierung der Schweizerischen Bahnen mit beson-
derer Berücksichtigung der ehemaligen Gotthardbahn,
Zürich 1912.

Die Geheimnisse der Eisenbahn, Basel ²1955.

Ein Jahrhundert Schweizer Bahnen 1847-1947, 5 Bde.,
Frauenfeld 1947...1964.

Einrichtungen für elektrischen Zugförderung, Starnberg
¹1956.

Elektrisierung der österreichischen Bundesbahnen, Wien
1925.

Die Konzertkurve in Innsbruck, Wien 1957.

Offizieller Jubiläumsband der Deutschen Bundesbahn
150 Jahre Deutsche Eisenbahnen, München ²1985.

Ortsfeste Anlagen der elektrischen Zugförderung, Starnberg
²1967 und ³1975.

Rhätische Bahn. Der elektrische Zugbetrieb auf den Linien
des Engadins St. Moritz - Schuls-Tarasp und Samaden -
Pontresina, Zürich 1915.

Tiroler Wirtschaftstudien, Bd. 10: Hundert Jahre Tiroler
Verkehrsentwicklung 1858-1958, Innsbruck 1961.

VEM-Handbuch Energieversorgung elektrischer Bahnen, Berlin
¹1975.

Zum Abschluß der Elektrifikation der SBB, Bern o. J.

Die erste Zürcher Schnellbahn, Zürich o. J.

1879-1979 100 Jahre elektrische Eisenbahn,
Starnberg 1979.

2. Lexika und Nachschlagewerke

- Beer, Benno u. a. (Hg.). Kleine Enzyklopädie Technik, Leipzig 1957.
- Brockhaus ABC Naturwissenschaft und Technik, 2 Bde., Leipzig ¹³1980.
- Die Deutsche Reichsbahn von A bis Z, Berlin ¹1984.
- Elektrifizierung A - Z, Berlin 1981.
- Lexikon Eisenbahn, 2 Bde., Berlin ²1973.
- Lexikon der Eisenbahn, Berlin ⁷1983.
- Der große Ploetz. Auszug aus der Geschichte, Freiburg und Würzburg ²⁹1980.
- Röll (Hg.). Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, 10 Bde., Berlin und Wien ²1912...1923.
- Die Straßenbahnen in der DDR, Berlin 1978.

3. Jahrbücher

- Eisenbahn-Jahrbuch.
Elsners Taschenbuch der Eisenbahntechnik.
Jahrbuch des Eisenbahnwesens

4. Zeitschriften

- AEG-Mitteilungen.
Aluminium.
Archiv für Eisenbahntechnik.
Archiv für Eisenbahnwesen.
Brown Boveri Mitteilungen.
BBC-Nachrichten.
Bulletin de la Société française des Électriciens.
Bulletin des Arbeitgeber-Verbandes schweizerischer Transport-Anstalten.
Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins.
Bulletin Oerlikon.
Bulletin technique de la Suisse romande.
Die Bundesbahn.
Chemins de fer.
Le consommateur d`énergie.
Deutsche Eisenbahntechnik, Eisenbahntechnik,
Die Eisenbahntechnik.
Der Eisenbahningenieur.
Eisenbahnpraxis.
eisenbahntechnik.
Eisenbahntechnische Praxis.
Eisenbahntechnische Rundschau.
Elektrische Bahnen.

Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen, Elektrische Bahnen
und Betriebe.
Elektrotechnik und Maschinenbau.
Elektrotechnische Zeitschrift.
ELIN-Zeitschrift.
Glasers Annalen.
Ingegneria Ferroviaria.
Kontakt.
Leichtbau der Verkehrsfahrzeuge.
Der Modelleisenbahner.
moderne eisenbahn, eisenbahn magazin.
ÖBB Journal.
Der Öffentliche Verkehr, VST Revue.
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens in techni-
scher Beziehung.
Rail et Route.
Die Reichsbahn.
Revue générale des chemins de fer.
SBB Magazin.
SBB Nachrichtenblatt.
Schienen der Welt.
Schienenfahrzeuge.
Schweizer Eisenbahn-Revue.
Schweizerische Bauzeitung.
Schweizerische Technische Zeitschrift.
Sécheron Mitteilungen.
Siemens Technische Berichte.
Siemens-Zeitschrift.
Signal und Schiene.
Verkehrstechnische Woche, Grossdeutscher Verkehr.
La Vie du Rail.
Zeitschrift der OSShD.
Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architek-
ten-Vereines.
Zeitung des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen,
Zeitung des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnver-
waltungen.
Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
Zeitschrift für Verkehrswissenschaft.

Auf eine Auflistung von Fest- und Jubiläumsschriften,
Kursbüchern und internen Unterlagen von Eisenbahnverwal-
tungen oder Firmen sei hier verzichtet.

Ortsverzeichnis

(ohne Anmerkungen und Kapitel 17.1.)

Aachen 46
Aachen Hbf 199, 200
Aadorf 399
Aarau 409
Aarberg 392, 411
Aarburg-Oftringen 396
Absdorf-Hippersdorf 287
Ackersand 400
Aesch 397, 417
Affoltern am Albis 403
Ainring 226
Airolo 386
Ala 270
Allaman 419
Altdorf (b Nürnberg) 194, 195, 204
Altenbeken 207
Altenburg 252, 262
Altenburg-Rheinau 444
Altendorf (SZ) 438
Alt Kemnitz (Riesengeb) 57, 62
Amras 308
Amsteg 373
Amstetten 311, 315, 332
Amstetten (Württ) 102, 134, 180, 187
Andermatt 404, 405
Angern 36, 321, 322, 329
Angertal 301
Annemasse 436, 437
Apples 340, 404
Ardon 361
Arnoldstein 311, 447
Arth-Goldau 385-388, 400
Aschaffenburg 199
Asperg 160
Attnang-Puchheim 156, 157, 273, 283, 285, 288, 290, 302-
305, 308, 309, 311, 315, 316, 319, 328, 331, 462
Augsburg 23, 25, 36, 46, 85, 95, 99, 107, 120, 132, 153,
172, 189, 213, 218, 219
Augsburg BD/ED/RBD 83, 101
Augsburg Hbf 83, 94, 108, 188
Augsburg-Hochzoll 217, 218
Auvernier 394, 409, 411, 412
Backnang 163
Bad Aibling 40, 95, 99
Bad Aussee 290-292, 331
Bad Dürrenberg 149
Baden-Baden 182
Baden-Oos 182
Badgastein 301
Bad Gleichenberg 282
Bad Kösen 130, 131
Bad Kohlgrub 195, 196
Bad Ragaz 417

Bad Reichenhall 68, 75, 226
Bad Reichenhall-Kirchberg 52, 56, 57
Bad Wörishofen 40
Bärschwil 402
Balerna 415
Balsthal 404
Bamberg 31, 35, 46, 118, 192, 202, 204, 205, 215, 216
Basel 46, 47, 173, 175, 182, 369, 373, 374, 396-398, 402, 444, 449
Basel Bad Bf 41, 46, 57, 172-175, 190, 191, 415, 444, 448
Basel Kleinhüningen Hafen 415
Basel SBB PB 415
Basel SBB RB 415
Bauma 409
Beinwil am See 377, 396
Belfort 447
Bellinzona 341, 373, 385, 386
Belp 383
Bempflingen 159, 164, 165
Bentheim 199-201, 208
Berchtesgaden 40, 41, 57, 59, 95, 98, 188, 191, 192
Berchtesgaden Bw 98
Berg NÖ 49, 66, 282, 283, 285, 288, 300, 302
Bergen (Oberbay) 136, 192
Berlin 3, 4, 32, 72, 105, 229-231, 237, 240, 241, 244, 245, 252, 253, 256, 257, 452, 468
Berlin EZA 10
Berlin RBD 3
Berlin-Wannsee 244
Bern 17, 341, 343, 359, 366, 373, 382, 383, 390, 394, 417, 435
Bern Bümpliz Nord 383
Bern Fischermätteli 383
Bern HB 390
Bern Weyermannshaus 392, 394, 395
Bern Wylerfeld 383, 390, 396, 397, 416, 417
Bernhardsthal 321
Beromünster 372, 377, 396
Bever 57, 62, 380, 381
Biasca 340, 385, 421
Biberbrugg 400
Biel/Bienne 366, 390, 395, 396, 402, 417, 428
Biel Mett 418
Bielefeld 37, 208, 217
Bière 340, 404, 406
Bietigheim 46, 158, 160, 163-165, 182, 183, 193, 194
Bignasco 63, 64, 344, 372, 377
Birsfelden Hafen 415
Bischofshofen 311, 315
Bitterfeld 4, 24, 40, 41, 52, 53, 61, 64, 66, 88, 110, 121, 123, 253, 256, 257, 262
Blankenburg (Thür) 252, 264
Blankenese 40, 57, 58, 73, 114
Blausee-Mitholz 441, 442
Blindenmarkt 316, 332
Bludenz 282, 283, 288, 289, 293-296, 318, 330, 333, 334
Bluefield 81

Blumendorf 57, 62
Bochum-Langendreer 158, 166
Böblingen 208
Böckstein 301
Böhlen (b Leipzig) 262
Bönigen 383
Bologna 453
Boncourt 402, 445, 447
Bonfol 376, 404, 406
Bottrop 163
Bozen/Bolzano 270, 450, 452-455
Brackwede 208
Brassus (Le) 400, 402
Braunschweig Rbf 207
Bréauté 437
Brebach 197, 449
Bregenz 283-285, 293-296, 299, 305, 306, 309, 311, 312,
444
Bremen 204, 205, 209, 218
Bremen-Burg 184
Bremen Hbf 217
Bremen-Vegesack 184
Brenner/Brennero 284, 293, 298, 306, 450-455
Brennersee 298, 325, 450
Breslau 3, 42, 73, 86-88, 206, 245, 246, 257, 258
Breslau Freib Bf 78, 85, 87, 89
Breslau-Mochbern 87, 89, 90
Breslau RBD 31, 43, 56, 71, 72, 78, 85-87, 89-92, 96, 128,
134, 203, 245, 257, 330, 460
Brest-Litowsk 249
Bretten 182, 183, 193, 194
Brig 371-374, 379, 383, 390, 393, 395, 399, 404, 405, 418,
429, 430, 435, 441, 445
Brixen/Bressanone 455
Brixlegg 303, 306
Brötzingen 41, 49, 115
Bronnzell 152, 155
Bruchsal 164, 179, 182, 183, 193
Bruck a. d. Mur 287, 319, 328
Bruck-Fusch 334
Brügg (BE) 417
Brugg 396
Buchholz (Nordheide) 217
Buchs (SG) 284, 285, 293-295, 396, 398, 444
Buchsschlag-Sprendlingen 182
Budapest 449
Bülach 398, 409
Bulle 404
Bure 415
Burgdorf 371, 375, 400, 416
Burgsinn 38
Busenbach 115, 154
Bussigny 417
Busswil 392, 409, 417
Buttes 404
Cadenazzo 375, 415, 416
Camburg 118, 129-133, 148-150, 242, 261

Celle 218, 223
Châble (Le) 376, 404, 408
Chamonix 438
Charvonay 372
Châteauneuf-Contthey 418
Châtelaine 411
Chaux-de-Fonds (La) 392, 402
Chénens 394
Chiasso 385, 386
Chiasso Smistamento 415
Chur 343, 374, 381, 396, 413, 428
Coburg 46, 170, 184, 208
Collombey-Muraz 409, 415
Coswig (Bez Dresden) 261
Courgenay 390, 392, 402, 425
Courtemaîche 415
Dachau 122, 125, 126, 132, 210
Däniken 431
Daillens 390
Darmstadt 185
Darmstadt-Kranichstein 158
Davos Dorf 380, 382
Davos Platz 382
Day (Le) 402
Deisenhofen 195, 196, 197
Delémont 374, 390, 392, 396, 397, 402, 403, 417
Delitzsch unt Bf 121, 123
Delle 445, 447
Denges-Echandens 417
Denzlingen 181
Dessau 24, 40, 41, 52, 55, 57, 59, 61, 69, 88, 109, 119,
120, 128, 239, 244, 246, 252, 262
Dessau RAW 10
Deutsch Altenburg 289
Dietikon 431
Dijon 449
Disentis/Mustér 381, 382, 404, 405
Dittersbach 55, 72
Dôle 449
Domat/Ems 413
Domodossola 366, 445-447, 456
Donauwörth 25, 36, 108, 204, 218, 219
Dorfgastein 301
Dornach 397
Dortmund Hbf 207
Dortmund-Lütgendortmund 158, 166
Dresden 252-256, 265
Dresden Hbf 264
Dresden-Neustadt 261, 264
Drösing 36, 321, 322, 329
Dürnkrot 322
Düsseldorf 47, 199, 202
Düsseldorf-Flughafen 201
Düsseldorf-Unterrath 201
Duisburg 199
Dulliken 431
Eben im Pongau 311, 315

Ebensee 288, 290, 291, 331
Ebensee FLM 292
Ebersberg 196
Ebnat-Kappel 400, 402, 403
Edesheim (Leine) 223
Effretikon 409
Efringen-Kirchen 46, 172, 174, 175, 179
Eglisau 409, 412
Eichicht (Saale) 247
Eimeldingen 174
Eindhoven 448
Einsiedeln 400, 437
Eisenerz 319
Elgg 399
Elm 208
Elten 199, 200
Emden 48, 209
Emmenbrücke 372, 377, 396, 397, 403, 416
Emmerich 46, 199, 200, 448
Endorf (Oberbay) 84, 97
Engelberg 371, 412
Engerau 285, 300, 302
Erding 195-197
Erfurt 252, 254, 261
Erfurt Rbd/RBD 117, 118, 243, 246, 258
Ergoldsbach 192
Eriswil 404
Erkner 244
Erlangen 120
Erlenbach im Simmental 383
Ersingen 194
Erstfeld 340, 341, 373, 385, 386, 421
Eschwege 155
Essen 37
Essen BD 166
Esslingen (Neckar) 94, 102
Ettlingen 115
Ettlingen Staatsbf 41, 49
Etzwilen 409
Évian-les-Bains 437
Eybtal 94
Fahrwangen-Meisterschwanden 372, 412
Falkenstein 134, 136, 188, 190, 250, 258, 259
Feilnbach 40, 95, 99
Feldbach 282
Feldkirch 94, 293, 295, 299, 305, 306, 308, 444
Feldmoching 70, 78, 81-83, 114, 384
Fellhammer Gbf 52, 55, 64, 72, 78
Ferenbalm 383
Feucht 194, 195, 204
Filisur 380
Fischbach-Camphausen 198
Flamatt 400
Fleurier 404
Flums 426
Förtschendorf 132, 133
Forchheim 35, 118, 192, 202, 215, 216

Frankenmarkt 304
Frankfurt (M) 17, 182, 185, 202, 203, 215
Frankfurt (M) BD 162, 186
Frankfurt (M) Eilgutbf 158
Frankfurt (M) Hbf 186
Frankfurt (M) Hbf (tief) 201
Frankfurt (M) Hauptgüterbf 158
Frankfurt (M) Hauptwache 201
Frankfurt (M) Konstablerwache 201
Frankfurt (M)-Louisa 182
Frankfurt (M) West 201
Frankfurt (M) ZHVB/HVB 15, 16, 221
Franzensfeste/Fortezza 454
Frasne 449
Freiberg (Sachs) 252, 254, 264
Freiburg (Brsg) 172, 174, 181-183, 214, 215, 217
Freiburg (Brsg) Flm 226
Freiburg (Brsg) Gbf 186
Freiburg (Brsg) Hbf 102, 103, 179
Freiburg (Schlesien) 52, 88
Freiburg Süd 186
Freiburg-Wiehre 190
Freienfeld/Campo di Trens 455
Freiham 80
Freilassing 41, 42, 52, 56, 57, 68, 75, 83, 84, 95, 96,
135, 136, 153, 188, 189, 191, 192, 226, 333, 444
Freilassing Flm 98, 189
Freising 70, 392
Frenkendorf-Füllinsdorf 433
Fribourg 372, 376, 392, 394, 409, 412, 416
Friedland (Bez Breslau) 443
Friesenheim (Baden) 215
Frutigen 51, 57, 345, 372, 379, 380, 383, 392, 441
Fünfstetten 192
Fürstenhausen 197, 198
Fürth (Bay) 180, 204
Fürth (Bay) Hbf 147, 179
Fulda 200, 223, 468
Fulda Flm 155
Fulpmes 49, 281
Gaablau 92
Gablingen 108, 110, 190
Gänserndorf 321
Gäsi 428
Gampel-Steg 431
Garmisch-Partenkirchen 42, 46, 64, 65, 68, 69, 153, 188,
191
Gauting 68, 69, 129, 188, 191
Geislingen (Steige) 94, 101, 102, 134, 152, 154, 155, 184,
187
Geislingen-Altenstadt 152, 154, 155
Geislingen West 101, 184
Gellert 415
Geltendorf 196, 206
Gemünden (Main) 204, 205
Genève 342, 343, 374, 390, 394, 409, 411, 419
Genève-Eaux-Vives 437

Georgensgmünd 109, 112, 113, 119, 190, 317
Germering 80, 98
Gersfeld (Röhn) 155
Gersthofen 108, 110, 190
Gexi 430
Gilching 80, 98
Gildehaus 199-201
Giubiasco 386, 402, 416
Givisiez 404, 406
Glauchau-Schönbörnchen 265, 266
Gleiwitz 257
Gliwice s. Gleiwitz
Gloggnitz 328
Gmünd NÖ 287
Gmunden 290
Godelau-Erfelden 185
Görlitz 42, 71, 72, 86, 87, 240, 257
Görlitz-Moys 72, 240, 258
Göschenen 404
Gößnitz 265, 266
Göteborg 293
Göttelborn Grube 197, 198
Göttingen 46, 76
Gorgier-St-Aubin 394
Gorlice s. Görlitz
Goseck Abzw. 148
Gossau (SG) 402, 411
Gottesberg 41, 52
Grafnaschau 195, 196
Grafing 84, 85, 196
Gramatneusiedl 321
Grandson 417, 418
Granges-Lens 417, 418
Gravenchon-Port-Jérôme 437
Graz 270, 274, 286, 287, 319, 320, 328
Greiffenberg (Schlesien) 57, 60, 64
Gries 309, 454
Griesen 40, 49, 64, 65, 188, 191, 282
Gröbers 60, 125, 126, 398
Groß Gerau-Dornberg 185, 186
Großheringen 148, 242, 243
Großheringen Flm 118, 130
Großkorbetha 44, 45, 117, 129, 148-150, 247, 252, 262
Großkugel 126, 127
Großrosseln 197, 198
Groß Schwechat 49, 282, 288
Großweißandt 152, 154
Gruemet 430, 431
Grünthal 41
Grunewald RAW 13
Gümligen 402, 416
Gümmenen 400
Güterglück 52
Gütersloh 221-223
Gütsch 402, 416
Gumpoldskirchen 325
Gundelfingen 183

Guntramsdorf 325
Gußwerk 57, 282
Haag 328
Haideburg 59
Halbstadt 41, 52, 443
Hall i. T. 95, 308, 321
Halle (Saale) 28, 41, 44, 45, 57, 60, 88, 107, 110, 111,
117, 118, 122, 126, 128, 129, 131, 132, 141, 148, 149,
150, 203, 240, 241, 243, 244, 246, 247, 251, 252, 256,
261, 262, 268, 285, 295, 459
Halle (Saale) Gbf 80
Halle (Saale) Hbf 255, 260, 261, 262
Halle (Saale) Rbd/RBD 43, 54, 85, 117, 118, 120, 127, 128,
149, 246, 248, 249, 252
Halle (Saale) VES/M 12
Halle-Trotha 255
Hallwang-Elixhausen 305, 314
Haltingen 175
Haltingen Flm 173, 175
Hamburg 3, 114, 205, 207, 216, 218, 297, 298, 301, 468
Hamburg-Altona 57
Hamburg-Altona Kai 57
Hamburg BD/ED/RBD 73, 205
Hamburg-Eidelstedt 184
Hamburg-Harburg 205
Hamburg Hauptgüterbf 184
Hamburg-Wilhelmsburg Rbf 158
Hamm (Westf) 46, 47, 217, 221
Hammerau 95, 99, 226
Hanau 200
Hannover 38, 48, 207, 216, 218, 220, 228
Hannover BD/ED/RBD 43, 91, 128, 209, 249
Hannover-Bismarckstraße 220
Hannover Hbf 217
Hannover Messebahnhof 207
Hanweiler-Bad Rilchingen 448, 449
Hard-Fussach 309
Hasle-Rüegsau 400, 413
Hatlerdorf 306
Hausach 205
Hechendorf 68, 69, 94, 191
Hegyeshalom 287, 321, 448, 449
Heideburg 262
Heidelberg 113, 164, 173
Heidelberg Hbf 179, 187
Heidelberg Rbf 182
Heiden 384
Heigenbrücken 199
Heilbronn 183
Heilbronn Hbf 164, 182
Heiligensee (Berlin) 244
Helmstedt 208
Hendschiken 396, 430
Henniez (VD) 438
Hennigsdorf (b Berlin) 252
Herbrüggen 401
Herford 208

Hergiswil 412
Hermsdorf 72
Herrenalb 41, 49
Herrsching 42, 70, 79, 80, 109
Herzogenbuchsee 388, 409, 434
Hieflau 319
Himberg 327
Himmelreich 102, 190
Himmighausen 208
Hindelbank 399
Hinterbrühl 281
Hinterzarten 103
Hinwil 409
Hirschberg (Riesengeb) 41, 54, 57, 60, 64, 65, 89, 90, 92,
134, 257, 258
Hirschsprung 102
Hochfilzen 298
Hochstadt-Marktzeuln 133, 258
Höllriegelskreuth-Grünwald 40, 95, 98, 99, 195, 196
Hörsching 314
Hohenems 306
Hohe Wart 38
Hollabrunn 287
Holligen 383
Holzkirchen 196, 206
Homburg (Saar) Hbf 197, 198
Hondrich 440
Horb 208
Hornberg 207
Hostenbach 197
Hude 204, 209
Hütteldorf-Hacking 314, 317
Huglfing 68, 69, 94, 191
Huttwil 404
Ille-sur-Têt 81
Immensee 386, 387, 421
Imst-Pitztal 309
Ingolstadt 204, 210
Innsbruck 29, 30, 274, 282-284, 289, 293-296, 298, 305,
306, 308, 452
Innsbruck ELS 52, 133, 274, 296, 297, 303, 308, 311
Innsbruck Frachtenbf 316
Innsbruck Hbf 49, 298, 299, 316, 321, 325, 327
Innsbruck KWL 271
Innsbruck KWZ 138, 271, 454
Innsbruck ÖBBDion 271
Innsbruck Stubaitalbf 49, 281
Innsbruck Westbf 288, 316, 329
Ins 372, 376, 404, 406
Interlaken Ost 409
Iselle di Trasquera 371, 390, 429, 444-447
Iserlohn 184
Isle-Mont-la-Ville (L`) 404, 406
Ismaning 42, 83
Ittersbach 115, 116, 152, 154
Jägerhaus 57
Jakobsthal 54

Jannowitz (Riesengeb) 60, 72
Jelenia Gora s. Hirschberg (Riesengeb)
Jena 247
Jena MA 249
Jenbach 299, 303, 306
Jesenice 447, 450, 456, 457
Jestetten 444
Jettingen 217
Kaldenkirchen 445, 448
Kandergrund 441, 442
Kanth 79
Kaponig 302
Karlsruhe 41, 46, 163, 164
Karlsruhe Albtalb. 49
Karlsruhe BD/ED/RBD 31, 43, 103, 104, 171-175, 181, 193,
215
Karpacs s. Krummhübel
Kassel-Bettenhausen 184
Kassel-Wilhelmshöhe 184
Kematen 313
Kenzingen 215
Kerzers 383, 392
Kienbach Abzw. 158
Kiesen 436
Killwangen-Spreitenbach 431
Kippenheim 215
Kiruna 62, 290, 291
Kissing 192
Kittsee/Köpcsény 66, 283
Kitzbühel 298
Klagenfurt 328
Klein Gerau 185, 186
Klosterneuburg 324
Klosters 380, 381
Kloten 396
Koblenz 409
Kochel 68, 70, 191
Köln 448
Königsberg 257
Königshütte (Harz) 252, 264
Königssee (Oberbay) 40, 95, 98
Königszelt 3, 41, 42, 52, 55, 71, 73, 78, 85-87, 206
Köthen 44, 110, 241, 251, 252, 261, 268, 295
Kötzschau 149
Kohlfurt 78, 85, 87, 89, 90, 257, 258
Kohlgrub 57
Konstanz 158, 207, 415, 444, 445
Kornwestheim 94, 164
Krausendorf Bk 89, 90
Kreuzlingen 409, 412, 415, 445
Kreuzlingen Hafen 415, 445
Kreuzstraße 195, 196, 197
Krummhübel 89, 90, 258
Kufstein 30, 42, 83-85, 96, 132, 133, 135, 136, 188, 189,
270, 274, 284, 285, 293, 298, 305, 308, 331, 332
Lachen 416
Läufelfingen 415

Lahr (Schwarzw) 215
Landeck 57, 283, 324, 330
Landeck FLM 330
Landeshut (Schlesien) 57, 89, 90
Landquart 343, 381, 428
Landshut (Bay) 68, 70, 71, 79, 83, 125, 127, 128, 191,
192, 205
Langeland 207
Langen am Arlberg 57, 60, 288, 289, 318, 330
Langenbach 70
Langenthal 399, 404
Langnau 375, 400, 402, 416
Lathen 209
Lauban 41, 42, 55, 64, 71, 72, 85-87, 89, 90, 92, 240,
245, 257, 258
Laufach 199
Lausanne 342, 343, 390, 391, 394, 417, 419, 445
Lauterach 296, 311
Lebring 320
Legnica s. Liegnitz
Leibnitz 320
Leipzig 4, 41, 44, 45, 60, 66, 88, 112, 117-120, 122, 126,
128, 129, 131-133, 148, 149, 203, 230, 240, 241, 243,
244, 246, 249, 252, 255, 256, 260, 285, 459
Leipzig Hbf 57, 117, 148, 149, 261, 262, 264
Leipzig-Leutzsch 148
Leipzig-Mockau 4, 57, 64
Leipzig M Th Bf 85, 88
Leipzig-Stötteritz 261, 262
Leipzig-Wahren 85, 88, 148
Leißling 131
Lend 307
Lendorf Abzw. 287
Lengnau 366, 396, 417
Lenzburg 377, 409
Letmathe 184
Leuk 343, 431, 432
Leuna Nord 45
Leuna Süd 45
Leutersberg Abzw. 183
Leverkusen-Schlebusch 158
Lichtenfels 3, 31, 46, 170
Liebau (Schlesien) 41, 57
Liegnitz 258
Lienz 287
Liesberg 402
Ligerz 417, 418
Lindau 283, 284, 312, 358, 362, 363, 369
Lindau Hbf 182
Linthal 402
Linz 282, 285, 302, 309, 315, 316, 319
Linz BBÖ/ÖBBDion 271, 444
Linz ELS 158, 271
Linz Hbf 311, 316, 317, 325, 327
Linz Kleinmünchen 317
Livorno 451
Ljubljana 270, 456

Locarno 344, 402
Locarno S. Antonio 63, 64, 372, 377
Lochau-Hörbranz 182, 311
Lochhausen 108
Locle-Col-des-Roches (Le) 390, 392
Lörrach 172, 173, 191
Lörrach-Stetten 444
Lohbrück (Groß Mochbern) 87, 89
London 17
Longeray 436, 437
Lottstetten 444
Luban s. Lauban
Ludwigsburg 94, 95, 158, 160, 163, 165, 188
Ludwigshafen (Rhein) Hbf 207
Ludwigsstadt 132, 133, 250, 259
Lünen Hbf 217
Lugano 386
Lugano Vedeggio 375
Luino 445-447
Luzern 341, 373, 385-388, 396-398, 402
Lyon 62
Lyss 392, 409
Lyssach 399
Madretsch 417
Magdeburg 4, 28, 41, 44, 55, 56, 69, 107, 109, 110, 128,
141, 239, 240, 246, 252, 255, 257, 261, 262, 295
Magdeburg-Buckau 111
Magdeburg Hbf 52, 110, 111, 260
Magdeburg MA Hbf 128
Magdeburg RBD 43, 69, 128
Mainz BD 203
Mainz ZTL 15
Maisach 171, 172, 188, 189, 199
Mallnitz 300, 301, 309
Mannheim 48, 113, 173, 185, 203, 214, 224
Mannheim Hbf 223
Mannheim Rbf 182
Mans (Le) 61
Marchtrenk 313
Maria Ellend 289
Mariazell 57, 282
Maribor 322
Marklissa 78, 85, 87, 89, 90
Markt Schwaben 195-197
Martigny 361, 372, 376, 378, 404, 407, 434, 435
Martigny-Bourg 407
Maschen Rbf 209
Matrei 327, 454, 455
Mattstetten 399, 434
Meckenbeuren 40
Meilen 396, 423
Meiringen 402, 409
Meißen 261
Meißen-Triebischtal 261
Melk 328
Mels 426
Meran/Merano 452, 454

Merchweiler 197, 198
 Mering 192
 Merzdorf (Schlesien) 57
 Mettkau 87
 Milano Centrale 446
 Minden (Westf) 158, 184, 217, 221
 Minden (Westf) VersA 158
 Mirskofen 192
 Mittelsteine 92, 243
 Mittenwald 65
 Mödling 281
 Mönchengladbach 448
 Montenvers 438
 Moosburg 83
 Morges 340, 404
 Moskau 249
 Moutier 396, 397, 400, 402, 417
 Mühlacker 163-165, 193, 194
 Mühlacker Flm 194
 Mühlehorn 428
 Mühlstetten 108, 112, 190
 Müllheim (Baden) 186
 München 23, 30, 42, 44, 46, 48, 71, 77, 79, 80, 82-85, 95,
 96, 99, 100, 105, 107, 108, 110, 112, 120, 128, 131,
 133, 135, 136, 138, 147, 148, 156, 172, 189, 191, 196,
 202, 203, 207, 210, 213, 218, 221, 452
 München-Allach 94, 121, 125, 126, 132
 München BD/ED/RBD 42, 43, 56, 68, 69, 76, 78, 80, 83, 96,
 100, 101, 114, 123, 127, 129, 134, 135, 162, 171, 191,
 192, 195-197, 203, 208, 210, 226, 392
 München BZA/EZA/RZA 4, 10, 15, 16, 21, 22, 25, 28-30,
 38, 65, 87, 90, 95, 96, 102, 103, 105, 112, 121, 124,
 125, 127, 129-131, 135, 138-141, 143-149, 156-159,
 166-168, 171-173, 175, 176, 179, 181, 183, 186, 189,
 193, 199, 200, 207, 208, 211, 214, 219-223, 225, 226,
 234, 249, 262, 263, 309, 445, 453, 458, 459
 München-Giesing 195, 197
 München Hackerbrücke 201, 202
 München Hbf 68-70, 83, 122, 125, 127, 132, 188, 196
 München Hbf Bw 152, 153, 156-158, 356
 München Isartalfb 40, 95, 98, 99
 München-Laim 69, 70, 94, 392
 München-Milbertshofen 81, 95
 München-Obermenzing 121, 132
 München Ost Flm 98
 München Ost Pbf 83, 101, 195-197, 201, 202
 München Ost Rbf 81, 82, 114, 384
 München-Pasing 46, 70, 79, 80, 84, 85, 108, 109, 129, 171,
 172, 199, 201, 206, 217, 218
 München-Pasing Flm 136
 München-Solln 206
 München Süd 84, 99
 München VersA/ElVersA 10, 15, 16, 25, 33, 36, 38, 88, 100,
 113, 118, 120, 121, 123, 126-130, 133, 138, 141-144,
 146, 147, 159, 160, 171, 181, 182, 188, 192, 194, 202,
 214, 216, 219, 220, 228, 305, 307, 316, 329, 330, 433,
 453

Mündling 192
Münsingen 382, 435, 436
Münster (Westf) Hbf 217
Mürzzuschlag 328
Muldenstein 239, 243, 246, 251, 262
Mulhouse 213, 267
Murnau 40, 56, 153, 195, 196
Murnau Flm 195
Murten 372, 376, 392, 404, 406, 411
MuttENZ 415, 434
MuttENZ RB 395
Nätschen 405
Nannhofen 42, 83-85
Naumburg (Saale) 131, 261
Neckartailfingen 159, 164
Nesslau-Neu St. Johann 400, 402
Neubeckum 221-223
Neuchâtel 383, 392
Neuchâtel-Vauseyon 390, 392
Neudietendorf 254, 261
Neuenburg (Baden) 186
Neufahrn (Niederbay) 83-85
Neuhaus (Saar) 198
Neuhausen 409-412
Neumarkt-Kallhamm 314
Neunkirchen (Saar) Gbf 158
Neunkirchen (Saar) Hbf 197, 198
Neuoffingen 204
Neustadt (b Coburg) 184, 208
Neustadt (Schwarzw) 102
Neu Ulm 188, 189, 217
Neuveville (La) 417, 418
Neuwiederitzsch 65, 121, 123
Nickelsdorf 321, 448, 449
Nieder Salzbrunn 41, 52, 87, 92
Niederschöneweide-Johannisthal 40, 49
Niederweningen 375, 415
Niemberg 33, 111, 129, 141, 142
Nienburg (Weser) 184
Nikolausdorf 72, 86, 240
Nörten-Hardenberg 223
Noiraigue 392
Nordenham 204, 209
Nürnberg 3, 31, 44-46, 107, 117, 118, 120, 122, 132, 163,
171, 172, 183, 189, 190, 194, 203, 216, 241, 285, 459
Nürnberg BD/ED/RBD 3, 98, 101, 109, 117, 119, 127, 133,
136, 145, 171, 190, 192-195, 203-205, 210, 258, 259,
460
Nürnberg-Dutzendteich 147, 170
Nürnberg Hbf 46, 109, 119, 136, 188, 190
Nürnberg Hbf Bw 152, 154
Nürnberg Rbf 46, 108, 153
Nußdorf 324
Oberalpsee 404, 405
Oberammergau 40, 56, 153, 158, 195, 196
Oberbuchsiten 434
Oberburg 413

Obereggendorf 327
Oberfalkenstein 323
Oberglatt 375, 415
Obermerzdorf Bk 89, 90
Ober Schreiberhau 64, 72, 258
Obervellach s. Kaponig
Oberwald 404, 405, 412
Oberwinterthur 409
Oensingen 404, 434
Ötztal 330
Offenbach (Main) 250, 259
Offenburg 48, 172, 175, 179, 181, 183, 186, 187, 215, 217,
445
Ohlsdorf 40, 57, 58, 73
Olching 95
Oldenburg 204
Olten 396, 415, 416, 434
Onnens-Bonvillars 417, 418
Opfikon 409, 439
Oppeln 257
Opole s. Oppeln
Oranienburg 40, 49-53
Orbe 372
Orlamünde 121, 123, 132, 133
Orsières 372, 376, 378, 404, 407
Osnabrück 46, 155, 209
Osnabrück Hbf 217
Ostermundigen 436
Ostkreuz (Berlin) 244
Othmarschen 114
Othmarsingen 409, 430
Palézieux 390, 409
Paluds (Les) 409
Pankow-Heinersdorf 72
Pankow-Schönhausen 72
Paoli 81
Paris 61, 62, 228
Paris-Austerlitz 99
Parma 32
Passau 47, 311, 312, 314, 318
Patsch 455
Payerne 392, 409, 411, 412
Peggau-Deutschfeistritz 282, 333, 334
Peißenberg 79, 191, 192
Penk 323
Penzing 314
Pettneu 309
Philadelphia 81
Piacenza 32
Pians 324
Pieterlen 418
Pino 375, 415, 445, 446
Plattling 205, 214
Pleinfeld 108, 109
Plochingen 94, 101, 102, 159, 164, 165
Polaun 54, 64, 65, 134, 443
Pont (Le) 400, 402

Pontarlier 448, 449
Pontebba 455
Ponte Brolla 64, 344
Pontresina 57, 372, 380-382
Poppenbüttel 73
Porrentruy 376, 404, 406
Potsdam 243, 244, 247, 257
Praille (La) 409, 411
Pratteln 396, 433
Preßburg/Pozsony 66, 275
Pressig-Rothenkirchen 119, 132, 133, 136, 188, 190, 192
Prien 85
Probstzella 46, 117, 118, 132-134, 136, 216, 240, 243,
247, 250, 251, 258, 259
Puidoux-Chexbres 402, 403
Pusarnitz 306, 308
Rackwitz 65
Räterschen 399
Raguhn 52, 53, 57, 59, 110, 119, 120
Ramsei 404
Rapperswil 396, 400, 402, 403, 423
Raron 431
Realp 404, 405, 412
Réding 449
Regensburg 42, 46, 83-85, 127, 171, 172, 183, 192, 194,
203, 204, 214
Regensburg BD/ED/RBD 68, 83, 134, 135, 171
Regensburg Hbf 83, 170
Regensdorf 57, 58, 63, 64, 344, 377, 390
Reggio Calabria 452
Reichenau-Tamins 381, 382, 413
Reichenbach (Vogtl) 252
Reichenbach (Vogtl) ob Bf 261
Renens (VD) 390, 417, 419
Renens (VD) Tr. 395
Rethen (Leine) 220
Reutlingen 206
Reutte in Tirol 29, 49, 282
Rheine 48
Richterswil 396
Riedbach 383
Riedenburg 306
Riegel 215
Riesa 252, 255, 261
Riksgränsen 62, 290, 291
Ringsheim 215
Ritom 373
Roches (BE) 403
Röhrmoos 210
Roggwil-Wynau 399
Rom 32
Romanshorn 396, 398, 400, 409, 445
Romont 392, 394, 404, 416
Roppen 330
Rorschach 374, 384, 396, 445
Rosenbach 311, 317, 447
Rosenheim 42, 83-85, 153, 188, 189, 195, 197, 444

Rosenheim Flm 99
Roßlau (Anhalt) 55-57, 244, 255, 262
Rostock 239, 252, 256, 257, 268
Rotenburg (Han) 184
Roth 107, 109
Rothenburg Dorf 403
Rothensee Rbf 52
Rothenstein (Saale) 247
Rothrist 434
Rotkreuz 387, 396, 421
Rudersdorf 200
Rudolstadt (Thüringen) 121, 123, 130, 249
Rübeland 252
Rückstetten 136
Rüti (ZH) 409
Ruhbank 41, 52, 55, 57, 60, 72
Ruhpolding 113-115
Rupperswil 396
Saalbach Abzw. 223
Saaleck Abzw. 261
Saalfeld (Saale) 3, 44, 117, 121-123, 132, 133, 241, 243,
246, 247
Saalfeld (Saale) Flm 118
Saalfelden 293, 298, 300
Saarau 87
Saarbrücken 207, 450
Saarbrücken BD 162, 197, 198, 207, 265, 450
Saarbrücken Hbf 197
Saarbrücken Rbf 207
Saarbrücken-Schleifmühle 197, 198
Säckingen 41, 52, 54, 191
Salgesch 417
Salzbergen 209
Salzburg 41, 47, 135, 274, 282-285, 293, 298, 302-305,
328, 443, 461, 462
Salzburg EZW 271, 327
Salzburg Hbf 57, 59, 298, 302, 333, 444
Samedan 57, 380-382
Samstagern 400, 437
St. Andrä-Wördern 324
St. Anton am Arlberg 57, 330
St. Anton am Arlberg FLM 330
Ste-Croix 340, 376, 404
St. Gallen 343, 396, 400, 402, 445
St. Gallen St. Fiden 400
St-Germain-en-Laye 450, 451
St-Gingolph (Suisse) 415
St. Ingbert 198
St. Jakob 330
St. Johann i. T. 298, 299
St-Léonard 417
St. Margrethen 284, 309, 311, 358, 396, 398, 444
St-Maurice 390
St. Michael 287
St. Moritz 57, 372, 380, 381
St-Pierre-des-Corps 99
St. Pölten 57, 282, 316, 328

St-Sulpice 404
St. Valentin 328
Sargans 361, 396, 417
Sarreguemines 448-450
Schärding 314
Schaffhausen 374, 396, 398, 409, 444, 445
Scharnitz 40, 49, 64, 65, 188, 191, 282
Scherzligen 341, 373, 379, 382
Schkeuditz 125, 126
Schlauroth Vbf 71
Schlieren 431
Schloßberg Bk 184
Schlächtern 208
Schmiedeberg (Riesengeb) 89, 90
Schnann 330
Schöna 253, 255, 256
Schönebeck (Elbe) 110, 255, 260
Schönebeck-Salzelmen 110, 255
Schönwies 330
Schopfheim 52, 54, 57, 191
Schorndorf 163
Schruns 282, 333, 334
Schüpfen 392
Schwabach 119
Schwanenstadt 309
Schwarzach-St. Veit 298, 300, 301, 306, 307
Schwarzenburg 383
Schwerin 239
Scuol-Tarasp 62, 372, 380, 381
Seebrugg 102
Segnas 413
Selzthal 287, 319
Sembrancher 376, 404, 407, 408
Semmering 322
Siegen Flm 200
Sierre 417, 418
Sigmundsherberg 287
Sihlbrugg 383
Sillian 287
Singen (Hohentw) 207, 444
Sion 371, 373, 390, 391, 393, 395, 417, 418, 434, 435
Sissach 415
Solothurn 388, 400, 416, 434
Solothurn West 400
Sommerau (Schwarzw) 184
Sonceboz-Sombeval 402
Soyhières-Bellerive 403
Spezia (La) 451
Spielfeld-Straß 286, 287, 320, 322
Spiez 51, 57, 345, 372, 373, 379, 380, 383, 392, 435
Spindlersfeld 40, 49, 59
Spittal-Millstättersee 285, 300, 301, 306, 308, 309, 311,
315, 316, 317
Stade 205
Stainach-Irdning 273, 283, 288, 292, 331
Stansstad 371, 412
Starnberg 68, 69

Staufenstolln 154
Steeg ELS und FLM 288
Stein am Rhein 409
Steinach in Tirol 455
Steinbach am Wald 132, 133, 246
Stein-Säckingen 409, 412
Stendal 257
Sterzing/Vipiteno 455
Stiering-Wendel 197
Stockholm 293
Strasbourg 213, 267, 449
Strickerhäuser 443
Stumsdorf 33, 110, 141, 142, 149
Stuttgart 29, 44, 46, 48, 95, 97, 99, 100, 101, 103, 105,
115, 164, 165, 172, 174, 187, 202, 224
Stuttgart-Bad Cannstatt 97, 158-161, 163, 165
Stuttgart BD/ED/RBD 95, 100-102, 113, 158-160, 162-165,
173, 180, 183, 193, 194, 240
Stuttgart Hafen 158
Stuttgart Hbf 94, 97, 101, 102, 156-158, 162, 163, 184,
188, 201
Stuttgart Hbf Bw 101
Stuttgart Nord 158
Stuttgart-Obertürkheim 101
Stuttgart Schwabstraße 201
Stuttgart-Untertürkheim 94, 97, 158
Stuttgart-Vaihingen 184, 201
Stuttgart-Zuffenhausen 113, 114
Suhr 409
Sulgen 402
Sumiswald-Grünen 404
Summerau 287
Szklarska Poreba Gorna s. Ober Schreiberhau
Tamm (Württ) 160
Tarvisio 447, 455
Tarvisio Centrale 445, 447, 450, 456
Taverne-Torricella 375
Taxenbach-Rauris 307
Teisendorf 136, 192
Telfs-Pfaffenhofen 57, 60, 288, 289, 329, 330
Terfens 299
Tett nang 40
Thalwil 396
Thaur 95, 308, 309
Thörishaus 394
Thörl-Maglern 311, 315, 445, 447, 450, 456
Thun 359, 366, 371, 373, 375, 380, 382, 383, 400, 417, 435
Thusis 380, 381
Titisee 102, 103
Traunstein 84, 97, 113, 114, 136
Travers 392, 404
Treuchtlingen 190-192
Trient/Trento 452, 454
Triest/Trieste 270
Trossingen Bf 40
Trossingen Stadt 40
Tschamut-Selva 404

Tübingen 159, 206
Tübingen Hbf 94
Türkheim 40
Tüscherz 428, 431
Tulln Stadt 321
Tullnerbach-Preßbaum 317
Turgi 409
Turtmann 431
Tutzing 68-70, 191, 192
Twann 431
Udine 455
Übelbach 282, 333, 334
Überherrn 158, 162, 197
Uelzen 217, 218, 223
Uhlstädt 123
Ulm 95, 101, 180, 187
Ulm Flm 158
Ulm Hbf 94, 102, 156, 158
Ulm Hbf Bw 152, 154
Ulm Rbf 166
Unterheckenhofen 107, 109, 119
Unter Purkersdorf 314, 317
Unter Retzbach 287
Uster 403
Uttendorf 271
Uttigen 359, 435, 436
Uznach 396, 402
Vallorbe 366, 374, 390, 391, 449
Varzo 447
Vauderens 434
Velten (Mark) 244
Venlo 445, 448
Verden (Aller) 184
Vernier-Meyrin 411
Verona 455
Verrières (Les) 374, 392, 409, 411, 412, 415, 449
Verrières de Joux (Les) 415, 448, 449
Vevey 402, 403
Vierzon 61
Villach 286, 315, 316, 328
Villach ELS 323, 456
Villach Hbf 311, 316, 317
Villach RBD/ÖBBDion 271, 307
Villach Westbf 311, 316, 333
Villars-sur-Glâne 434
Villaz-St-Pierre 394
Villefranche-Vernet-les-Bains 81
Villingen (Schwarzw) 48, 205
Visp 343, 399-401, 418, 431, 432
Vivian 81
Vöcklabruck 304
Völklingen 197, 198
Völs 313, 330
Wächtersbach 47
Wädenswil 400
Waiblingen 46, 158-163, 165
Waigolshausen 204, 205

Wald 409
Wald am Arlberg FLM 329
Walenstadt 361
Wallisellen 396, 402, 403
Warmbad Villach 311, 317, 457
Warndt Grube 197, 198
Warschau 257, 258
Wasen im Emmental 404
Wattwil 396, 400, 402, 403, 409, 411
Weesen 428
Wegliniec s. Kohlfurt
Weil der Stadt 113, 114
Weilheim (Oberbay) 68, 69, 79, 191
Weil (Rhein) 172-175, 444, 448
Weil (Rhein) Ost 173
Weißenburg (Bayern) 190, 191
Weißenfels 117, 129-131, 148-150, 242, 243, 247, 254, 261, 262
Weißenfels Bw 45
Weißenfels MA 249
Welkenraedt 199, 201
Welkers 152, 155
Wels 311, 312, 314, 318, 325, 327
Wemmetsweiler 197, 198
Wendlingen (Neckar) 164, 165
Werdau 254, 261, 262
Weßling 80
Westerham 195, 197
Wettingen 57, 58, 64, 372, 374, 390, 409, 410, 412
Wetzikon 425
Wichtrach 359, 436
Wiederitzsch 148
Wien 66, 217, 226, 270-272, 274, 275, 283-286, 316, 321, 328, 449
Wien FJBf 321
Wien Landstraße 334
Wien ÖBBDion 271
Wien Südbf 334
Wien Südtiroler Platz 334
Wien Westbf 311
Wiesensteig 154
Wil (SG) 409, 411, 412
Wildeg 372, 377, 396, 397
Wilferdingen 193, 194
Winkelhaid 195
Winterthur 396, 397, 409-412, 434
Winterthur Grüze 399
Wismar 256
Wöllersdorf 282
Wörgl 132, 133, 283-285, 293, 298, 307, 308, 328, 331, 332
Wohlen 372, 412
Wolfen (Kr Bitterfeld) 262
Wolfratshausen 195, 196
Wolfsthal 289
Wolhusen 404
Wroclaw s. Breslau
Würzburg 38, 48, 164, 180, 199, 204, 205, 220, 228, 468

Würzburg Hbf 179, 223
Wunstorf 217
Wurzen 261
Wustermark 252
Ybbs a. d. Donau 328
Yverdon 340, 362, 376, 390, 391, 404, 409
Zell (Wiesental) 41, 52, 54, 190
Zerbst 55, 239, 246
Zermatt 399, 401
Zgorzelec s. Görlitz-Moys
Ziegelbrücke 402, 417, 428
Zielitz 255
Zillerthal-Erdmannsdorf 89, 90
Zizers 428
Zofingen 409
Zollikofen 366, 390, 417
Zürich 13, 342-344, 356, 358, 362, 363, 369, 370, 388,
396-398, 403, 423, 428, 439
Zürich Affoltern 63, 64
Zürich Altstetten 402, 403, 415
Zürich Flughafen 434
Zürich Giesshübel 383
Zürich HB 387
Zürich Museumstraße 439
Zürich Oerlikon 374, 396, 409, 410, 412, 415
Zürich Seebach 63, 64, 344, 372, 374, 377, 409, 412
Zürich Selnau 383
Zürich Wiedikon 383
Zug 373, 387, 388, 402, 403
Zweisimmen 383
Zwickau (Sachs) 262, 264, 265

Namenverzeichnis

(ohne Anmerkungen und Kapitel 17.1.)

Abeloos M. 81
Aebi E. 417, 435
Aeschlimann J. 417, 435
Albertazzi 451, 452
Altmann S. 2, 6, 79, 234, 260, 263, 264, 266, 267, 521
Alzmann M. 85, 103
Ammann Chr. 376
Ammeter A. 429
Arns H. 25
Bachellery M. 81
Bachmann H. 201
Badstübner R. 229, 239, 240, 248, 250, 253, 255, 257
Bächtiger A. 357
Baecker R. 51, 152
Baeyens F. 13, 62
Bäzold D. 235, 238, 241, 243, 250, 251
Banzhaf W. 160
Bauer H. 336
Bauer K.-H. 5, 181, 205, 221-225
Bauermeister K. 34, 36, 47, 155, 162, 174, 187, 201, 203-
206, 208, 211, 221, 222, 236
Behmann U. 19, 208, 443, 449
Beiche H. 199
Beier J. 31
Beier S. 224
Beisiegel 155
Bendel H. 232, 235, 238, 239
Bérard S. 350
Berg R. 443
Bergmann W. 44
Berressem H. P. 521
Besser F. 19
Bethge W. 219, 221
Biedenkopf W. 212, 236
Biesenack H. 231
Birk 283
Bittkau H. 268
Blank J. P. 4
Blatz H. 119
Bochmann K. 237
Boehm B. 46, 95, 101, 113, 154, 156, 158-163, 165, 173,
188, 240
Bohnenbluest E. 82, 384
Boissonnade P. 35, 213, 267
Bopp K. 227
Borgeaud A. 390, 395
Borgeaud G. 355
Borgwardt H. 5, 202, 212
Born 87
Bosshardt 274
Boveri W. 373
Bratschi R. 440
Brauer A. 118

Braun A. 239, 246
Brecht G. 54, 61
Breslauer M. 379
Breyer W. 13, 217, 220, 227, 277, 279-281, 322
Buchhold A. 121
Bucksch R. 223, 227
Bürki S. 375
Bürklen H. 207
Bufe S. 246
Caire D. 212
Carli C. 451, 452
Chambron E. 228, 435
Chappuis G. 378
Charmantier G. 99
Chlastacz M. 258
Cramer W. E. 390
Crépet M. A. 213, 432, 437, 449
Cruse H. 251, 252
Crusius K. 200, 208
Csárádi J. 449
Curtius E. W. 11, 100, 118
Dahlander R. 154
David K. 302, 304, 313
Deinert W. 237, 239, 241
Delisle R. 419, 431
Delvendahl H. 218, 220
Dencker J. 203
Desponds M. 423
Diefenhardt P. 363, 364
Dietl G. 49
Dietler 395
Dittes P. 60, 275, 276, 283, 289-296, 298
Dörschel W. 236, 252
Dorenberg O. 216, 219
Dormann A. 162, 185
Drechsel E. 268
Drescher W. 247
Dubail A. 376
Dudler A. 372
Düring Th. 3
Dürler W. 381
Dupont R. 35, 213, 267, 367
Dupuis H. 445
Dupuy J. 228
Ebeling H. 34, 174, 220, 267
Ebner E. 47, 161, 163, 174
Eckelt R. 256
Eckert H. 391
Edler R. 50
Edlinger F. 281
Eger E. 46, 117-119, 122, 132, 170, 183, 194, 204, 251
Ehnhart 56
Eichberg 289, 290, 292
Emminger M. R. 6, 385, 389, 409, 410
Enser H. 221
Epstein K. 60, 65
Faber H. 295

Fakiner F. 101, 114, 128, 194, 217
Fankhauser A. 375, 401
Faust H. 442
Fehr A. 359, 361
Fellner J. 288, 293
Fichter D. 80, 204, 205, 444
Fiebig G. 235, 238, 241, 243, 251
Fiebig W. 2, 232, 234, 237, 252, 260, 261, 263-265, 521
Fischer W. 227
Fischer von Tóváros J. 66
Fleischhauer K. 268
Flemming F. 3
Fontolliet A. 419
Fraunholz J. 203
Freidhofer H. 163, 521
Freund A. 60
Friedli H. 447
Fries R. 179, 204
Frischmuth E. 56
Fritsche R. 103, 104
Fürst H. 276
Furrer B. 439-441
Gärtner H. 10
Gammert R. 36
Ganzenmüller A. 18, 45, 118, 152
Garben H. 73
Garkisch W. 244, 251, 268
Garo P. 436
Garreau M. 35, 61, 81, 367
Geitmann H. 213
Gerber F. 355, 358
Gerichten F. 202, 227
Gerlach W. 230, 231, 236, 243, 255, 260, 263
Gerteis A. 46
Gierth E. 34, 213, 216
Giesl-Gieslingen A. 285
Gladigau R. 209
Gleichmann B. 18, 53, 57, 59, 74
Glinski H. 49, 52, 57, 58
Glöckle H. 433
Goepfert E. 204
Göttinger J. 279
Götz G. 244
Gourdon Ch. 266
Grepmaier J. 204, 205
Grimm E. 440
Großkopf P. 328
Grossmann W. 356, 365, 440
Groth H. 244, 251, 268
Gruber A. 328
Grünholz H. 25
Gscheidle G. 155
Güldenpenning A. 58, 111, 226
Güthlein H. 36
Guignard R. 360
Gut F. 46, 54, 61, 95, 102, 173, 175, 181, 190, 193, 204
Habich H. 423

Häfner F. 221
Haemmerle R. 452
Haenni J. 337
Häse P. 267
Hahn K. E. 161
Haldi W. 369, 439
Halm F. 356
Hannes C. 84
Hanreich R. 321
Harprecht W. 45, 47, 210
Hartmann O. 34
Hasselhuhn J. 221
Hauri M. 342, 344
Hausmann L. 11, 12, 28, 108, 109, 141, 521
Hechler L. 19
Hegenbarth F. 182
Hegetschweiler H. 348
Heide E. 521
Heidinger M. 162, 198, 208
Heinemann R. 60
Heissl R. 288, 293
Hendlmeier W. 6
Hengel G. 287, 323
Henrici G. 207, 217, 218
Herrmann O. 321, 324-326
Herzog S. 58, 63, 64, 344, 372
Heyden W. 17, 52, 53, 56, 57, 59, 72
Heydmann M. 103, 299
Hillgruber A. 257
Hillig F. 161
Hinkelbein A. 206, 217, 267
Hochenegg K. 283, 284
Höfer G. 229-231, 249
Hölzel J. 118, 122
Höring O. 83
Hoffmeister K. 11
Hofmeister F. 239, 246
Hofner A. 181
Holland-Nell H. 253
Holz 110, 111, 154
Horn A. 66, 270, 288, 302
Hruschka A. 282, 283
Huber-Stockar E. 63, 372, 373
Hubrich W. 47
Hüttenberger P. 229, 240
Hug A. M. 375, 398, 400
Hugentobler E. 355, 365
Hugo K. 11
Huldschiner G. 345, 378
Husch J. 323
Iffländer H. 51
Innerebner K. 283
Irsigler M. 325, 334
Isler Th. 440
Jacobi S. 376, 449
Jacobs F. W. 5, 65, 67, 520
Jamnicki I. 366

Janett A. 366, 368
Janin M. 62, 344
Janusz O. 13, 30, 135, 274
Jaworski R. 274, 275, 287
Jellinek 66
Jilek G. 334
Joachim E. 246, 247, 249
Jullian M. 81
Kaan E. R. 278, 285, 301, 302, 304
Kaenel J. von 376
Käppeli O. 441
Kamber W. 376
Karbus S. 13
Kasperowski O. 10, 181, 364
Keller M. 443
Keller R. 359, 361
Kempfer A. 280
Kesselring W. 363, 375, 401
Keßler E. 172
Kettler 89, 90, 100, 105, 106, 108, 111, 112, 119
Kiepfer H. H. 33-35
Kießling F. 224
Kilb E. 103, 104
Kirsche H. J. 229, 241, 243, 244, 255, 264
Kittel Th. 14
Klaudy P. 119
Klauser E. A. 376
Klein W. 47, 210, 226
Kleinow W. 10, 25, 29, 31, 55, 71
Klingensteiner J. 47, 161, 163, 174
Klünner W. 200, 208
Klüsche W. 34, 45-47, 114, 195, 196, 204, 246
Kluzowski B. 12
Knau U. 11
Kniffler A. 47, 118, 174, 185, 203, 213
Knörnschild M. 28, 175
Knorr H. 114, 136
Koch K. 34, 208, 221, 222
Kocher E. 365
Kocher M. 440, 441
Koci A. 6, 52, 59, 282, 284-286, 309, 312, 313, 315, 317,
319, 322, 332, 447, 451
Körner A. 379
Koeßler P. 77
Köttner V. 280
Kohl H. 250
Kollig W. 236
Koster J. P. 448
Kother H. 99, 453
Kotzott K. 58, 73, 114
Kramer E. 237, 248, 253
Kramer W. 281
Kraus H. 59, 288, 334
Kreidler E. 45, 156, 452
Kreis O. 375, 401
Kreutz W. 308
Krienitz G. 210, 244

Kroll U. 5, 50, 62, 95, 112, 293, 333, 396
Kügler H. D. 33
Kührer F. 280
Kundert M. 342
Kunicki H. 237, 253
Kuntze F. 291
Kuntzemüller A. 444
Kunz R. 338
Kurz H. R. 37
Lagershausen H. 218
Lampl A. 17
Lang H. 381, 383
Lasch E. 102
Lechleuthner K. 63, 107-109, 112, 119
Lehmann H. 226
Leibbrand K. 105
Lengler F. 45, 248, 261
Lenk H. 279
Lerner F. 5, 223, 227
Leyvraz L. H. 376, 400, 401, 404
Liechty H. 384
Lindner H. R. 236
Linkerhägner W. 220
Lisson P. 205, 257
Littrow H. 283
Lörtscher M. 439
Lorenz R. 277
Loria M. 450, 451, 453
Lüthi W. 355
Luetjens M. 225
Luithlen H. 52, 59, 60, 61, 272, 275, 277, 283, 284, 289,
290-294, 296-300, 323
Luzzi N. 428
Machefert-Tassin Y. 82, 257, 258, 443
Mahrt R. 223, 227
Maison G. 376, 408
Maiss K. J. 163
Mandich L. 277
Manz G. 33, 47, 155
Marguerat A. 419
Marini R. 455
Marten F. 34
Mathys E. und H. 338, 395
Maurer P. 377, 413
Mazzoni A. 446, 456
Meinel A. 24, 234, 260, 263-266
Meinung L. 264
Meixner R. 275, 276
Merkle A. 103
Merz H. 5, 6, 385, 388, 394, 396, 399, 418, 423-428, 431
Messer M. 377, 398
Meyenburg K. von 360
Meyer A. 197
Meyer E. 355, 358
Meyer K. 366
Meyer R. 50
Meyer zur Heide E. 155

Michalek G. 288
Michel O. 29, 31, 103
Mielke D. 209
Mikolajczak H. 257
Mimmler L. 287, 318-320, 323, 327
Mohr H. 220
Mojzis K. 280
Montagni C. 65, 70, 393
Moser A. 354
Mosler A. 19, 28, 30, 56, 61, 79, 95, 96, 101, 107, 108,
110, 112, 120, 121, 124, 129, 131, 139, 140, 143, 144,
145-147, 150, 151, 153, 161, 171, 172, 179, 189, 191,
192, 199, 307, 443
Müllener S. 342
Müller A. E. 355
Müller E. 197
Müller H. 196
Müller R. 439
Müller S. 6, 253
Müller W. 342
Müller W. A. 281
Müri K. 442
Mussolini 452
Naderer G. 18, 19, 44, 62, 68, 70, 71, 74-79, 82, 83, 86,
96, 107-110, 112, 117, 119, 122, 132, 134, 153, 520,
521
Napp-Zinn A. F. 14
Narr D. 238
Nes B. van 276
Neubert W. 260, 266
Nibler H. 11, 32, 96, 103, 109, 113, 114, 117, 119, 125,
126, 128, 131, 133, 135, 136, 138, 139, 141, 143-145,
147, 150, 306, 307
Niekamp K. 202
Nießen M. 47, 219
Nöding M. 202
Nouvion M. F. 213
Nußberger P. 444
Olbrich P. 246, 248, 249, 251-253
Orel W. 278
Ostermeyer M. 12
Otth 82, 384
Pascucci L. 447
Pawelka E. 277, 278
Peters A. 46, 174
Petrovitsch H. 13, 281, 305, 369, 454
Pfeifer J. 195
Pforr Ph. 49, 50, 59
Pontecorvo 82, 384
Popp F. 275
Portmann M. 342
Poschenrieder P. 60, 290
Pröll F. 274
Prud`homme A. 228
Py M. 376
Pycha W. 455, 456
Rabanus F. 443

Radloff W. 182
Rahn Th. 4, 10
Rebmann F. 117, 135
Rehbein E. 244, 268
Reichel G. 448
Reichel W. 57, 59, 88, 97, 105
Reichelt E. 34
Reinicke 112, 119, 120, 123
Reinold K. 223, 224
Reishaus 67, 290
Remy X. 376
Rietmann M. 421
Robert J. 438
Rösch W. 455
Rösel W. 253, 260, 264
Röthig C. 58
Rosenthal E. 73
Rossberg R. R. 229, 246, 250, 252, 255, 256, 259
Roth P. 167, 170
Rotter R. 280, 327
Rückel R. 92
Ruß F. 224
Rutke E. 45, 118, 131, 148, 150, 206, 211, 248
Rutschmann J. 423
Rutz W. 455
Sachs K. 5, 23, 32-35, 61, 72, 79, 81, 85, 86, 90, 95, 97,
107-109, 111, 112, 122, 153, 298, 316, 355, 371, 373,
374, 386-388, 391, 396, 398, 399, 453, 456, 521
Sailer J. 162, 185, 203, 204
Sanzin 274
Sarter A. 14
Saurau F. X. 277, 282, 292
Schaaf H. 31
Schaaf P. 416, 421
Schäfer H. D. 155, 201, 208, 209
Schaefer H. H. 2, 19, 117, 135, 211
Schamann W. 280
Schantl M. 270, 286, 455
Scharf H. W. 443
Scheibner S. 115
Scheuffgen H. 200
Schieb A. 19, 70-72, 74-76, 81, 117-119, 121, 122, 204,
295
Schild 384
Schimpff G. 58
Schläfli K. 442
Schlobach H. 267
Schmidt K. 254
Schmidt P. 231
Schmitt J. 102
Schmitt-Manderbach D. 5
Schnabel F. 313
Schnabel H. 230, 231, 236, 243, 255, 260, 263
Schneider A. 455
Schneider F. 5, 223, 227
Schneider H. 455
Scholtis G. 266

Scholz R. 376
Schorer M. 6
Schreiner H. 199
Schubert 297, 298, 301, 302
Schuhmann H. 102
Schuler 384
Schuler H. W. 386-390, 393, 395, 396
Schultheiß L. 68, 70, 77-79, 82, 83, 102
Schultz L. 268
Schulz H. 10
Schulze C. J. 98
Schumacher F. 338-340, 372
Schuster F. 295
Schwartzkopff 66, 81
Sedlak K. 297, 320
Seefehlner E. E. 5, 24, 49-52, 57, 66, 81, 152, 275, 284,
285, 288, 520
Seidel L. 256
Seifert R. 12, 182, 219, 221
Selz L. 205
Semrau M. 260, 266
Senn M. 377, 398
Sieg E. 27
Soberski G. 290, 381
Sobotta K. 235, 236, 254-256
Sollath A. 455
Sommeregger K. 281
Spranger F. 241, 252, 254, 255, 258, 264
Stein F. 275
Steinbauer W. 10, 29, 31, 100
Steiner F. 350, 352, 354
Steinke W. 252
Sthioul Ch. 351
Stoffels W. 244
Stolte K. 241
Stolze W. 163
Stotz W. 206
Strauss M. 371
Stumpf B. 14
Stutzer A. 385, 388
Süberkrüb M. 5, 79, 90, 126, 128, 131, 148, 159, 174, 220,
333, 521
Süsli H. 354
Szepek B. 267
Taschinger O. 84
Teichtmeister J. 278, 288
Tell W. 12
Tessier M. 61, 81
Tetzlaff H. 19, 41, 80, 105, 110
Thelander Th. 290
Thormann L. 379
Tietze Ch. 34, 36, 245, 246
Trauschel E. 159
Trautvetter K. 40, 49
Traxdorf J. 12, 242, 261
Treytnar E. 201, 204, 207-209
Trübenbach E. 29

Ulbricht W. 253, 255
Usbeck W. 21, 24, 41, 42, 52, 53, 55, 60, 71, 73, 79, 86-
93, 96, 106, 107, 109, 110, 112, 122, 123, 138
Valatin B. 66
Vogel Th. 18, 85, 152, 174, 212, 213, 215, 217, 226
Vollmar F. A. 405
Volpert S. 131
Wachsmuth B. 17, 28
Wagner R. 5, 95, 113, 128, 162, 171, 172, 174, 179, 181,
187-189, 191, 192, 194, 196, 197, 199, 201-203, 206-
208, 210
Wagner R'. 238, 242, 251, 254, 255
Waldburger H. 377, 398
Wallner J. 280
Walz D. 95, 113, 165
Wanner F. 336
Weber K. 444
Wechmann W. 10, 28, 30, 40-42, 44, 68, 75, 91, 95, 96,
100, 102, 117, 134
Wedler J. 114, 165
Weidlich E. 221
Weiler 293
Weißebach 395
Weldler J. 284
Welte G. 205, 207
Wenk E. H. 205
Wentzel R. 55
Werz H. 348
Westphal H. 64, 65, 83, 295
Wettler J. 416
Wili U. 13, 439
Wilke G. 4
Winkler G. 287, 290, 325, 327
Winter P. 388, 423
Winter P'. 434
Wirth W. 256, 268
Wist E. 61, 81
Wittgenstein M. 334
Wittke D. 205
Wlach C. 275
Wlassow I. I. 249, 387, 521
Wolf F. 260, 263
Wyss F. 353, 401
Zamkowska S. 245
Zehme E. C. 49, 55, 381
Zienert S. 202
Zillessen O. 208
Zöllner H. 34-36
Zogg 82, 384
Zolland F. 290, 291
Zollikofer R. 428
Zschech R. 237, 242

Nachträge und Berichtigungen

- S. 81 f.: Konnte sich der Verfasser bei der Diskussion der Herkunft der windschiefen Fahrleitung im Gleisbogen zum Zeitpunkt der Abfassung des Manuskripts nur auf Sekundärliteratur stützen, fand sich nachträglich die zugehörige Primärliteratur: A. Bachellery, Chemins de fer électriques, Paris 1925, S. 90 ff. André Bachellery war 1920 bis 1933 Ingénieur en Chef du Matériel et de la Traction des Chemins de fer du Midi, nach der Fusion mit der P.O. 1934 bis 1935 in gleicher Funktion bei der P.O.-Midi.
- S. 312, 31. Zeile: "Bronzeseil" statt "Brozeseil".
- S. 481: Nach dem Amtlichen Kursbuch der DB wird die Teilstrecke Koblenz Hbf - Remagen bereits seit Sommerfahrplanwechsel vom 1.06.1958 elektrisch betrieben.
- S. 482: In allen Fällen ist 01.06.1959 durch 31.05.1959 zu ersetzen.

Georg Schwach, Oberleitungen für hochgespannten Einphasenwechselstrom in Deutschland, Österreich und der Schweiz, 2 Bde., Bern 1989.

hier: Berichtigungen und Nachträge (Stand vom 31.12.1992)

Mit der Wiederherstellung der staatlichen Einheit Deutschlands am 3. Oktober 1990 eröffnete sich unter anderem die Möglichkeit zu einer umfassenden Information über den elektrischen Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn. Während H.-J. Krauß in EB, 89 (1991), S. 22 ff. dessen Entwicklung von 1945 bis zum Jahre 1989 würdigt, stellt M. Semrau in EB, 89 (1991), S. 235 ff. die Regeloberleitungen der DR dar. Auf einen an die Zentrale der DR - Hauptverwaltung gerichteten Brief des Verfassers hat freundlicherweise Herr Peter Glanert, Dessau, am 10.12.1991 sehr ausführlich geantwortet. Um dessen wertvolle Auslassungen möglichst ungekürzt wiedergeben zu können, seien nachstehend nur den Inhalt verändernde Berichtigungen notiert.

1. Textband

- S. 30, Z. 3 ff.: Nach H. Iffländer u. a., Die elektrischen Einheitstriebwagen der Deutschen Reichsbahn, Bd. 2.: Die Baureihen ET 25, 45, 55, 255, München 1988, S. 73 wurden ab Sommerfahrplan 1939 die Züge P1612/P1689 Rosenheim - Innsbruck und zurück mit Triebzug ET 25 gefahren.

- S. 45, Z. 1 ff.: P. Glanert teilt hierzu mit: »Der Abschnitt Großkorbetha - Halle war fertiggestellt und auch eingeschaltet worden. Zur Aufnahme des regulären elektrischen Betriebes kam es nie, da infolge der Bombardements auf die Leuna-Werke auch die Oberleitungsanlagen wiederholt beschädigt wurden.« Der P. Glanert vorliegende »Jahresbericht der elektrischen Zugförderung 1945-1946« der Rbd Halle notiert zur Strecke Halle - Großkorbetha ausdrücklich: "außer Betrieb" mit der Anmerkung: "Neubau-strecke, noch keine Inbetriebnahme erfolgt."

- S. 88, Z. 18 ff.: P. Glanert ergänzt: »Zum 3. Absatz auf Seite 88 kann ich Ihnen mitteilen, daß das Tanzen der Oberleitung nicht von der Bauart abhängig ist und durch "Verstimmen" der Längsspannweite unterbunden werden kann. Das Tanzen tritt auf den gleichen Streckenabschnitten wie früher heutzutage immer noch auf, und das bei völlig anderen Bauarten und Mastabständen. Die Ursachen dafür sind völlig anders gelagert und sind mit der Topographie sowie dem Winkel zwischen Windrichtung und Längskettenwerk in Zusammenhang zu bringen.«

- zu S. 113, Z. 32 ff.: ... dies sowohl auf freier Strecke mit Ausleger-Stützpunkten als auch im Bahnhof mit Querseilaufhängung. Nach Fotos geschah dies nur auf der freien Strecke; im Bahnhof baute man halbwindisches Kettenwerk entsprechend den Regelzeichnungen der Einheitsfahrleitung 1931 (Z 6.2./7 f.) ein.

- zu 8.1.1., S. 117 ff.: Die Hoffnung, daß bei der DR hierüber weitere Unterlagen vorhanden sind, erfüllte sich nicht, da P. Glanert schreibt: »Es sind Informationen aus

der Zeit bis 1945 kaum mehr auffindbar bzw. wurden auf Grund der politischen Entwicklung in der DDR vernichtet.«

- S. 172, Z. 15 ff.: Nach einem von H. Iffländer u. a., (s. o.), S. 146 veröffentlichten Foto entsprach die umgebaute Fahrleitung München-Pasing - Maisach zunächst der Bauart entsprechend Z 11.1./1. Erst später erprobte man hier die genannten Komponenten der Regelfahrleitung 1950.

- S. 207, Z. 8: ein- und zweigleisiger Strecken und ist zu streichen.

- zu 12.1.5., S. 234: P. Glanert notiert hierzu: »Das DR-M-Zeichnungswerk löste ab 1970 das Ezs-Zeichnungswerk ab. Es ist gekennzeichnet durch die ersten Sparmaßnahmen, z. B. Ersatz der Re 75, Re 120 und Re 160 durch die neuen Bauarten Re 1 und Re 2. Die aus heutiger Sicht und damaliger Notwendigkeit tiefgreifendste Veränderung war die Verringerung der Regel-Systemhöhe von 1,8 m auf 1,4 m, da das Geschwindigkeitskonzept der DR maximal 120 km/h vorsah.«

- S. 239, Z. 10: Statt 211 001 ist E 211 001 zu setzen.

- zu 12.4.1., S. 239 ff.: Der »Jahresbericht der elektrischen Zugförderung 1945-1946« der Rbd Halle vermerkt hierzu: "Befehl zum Abbau der Fahrleitung am 29.03.1946; Beginn vorgesehen am 01.04.1946. Ab 25.03.1946, 0.00 Uhr Einstellung des elektrischen Betriebes in der Rbd Erfurt und Beginn des Abbaus der stationären Anlagen. Abbau war am 10.07.1946 beendet (Termin lt. Befehl war 20.04.1946) Abtransport am 14.09.1946 beendet.« P. Glanert ergänzt: »Ursprünglich sollte nur das Längskettenwerk demontiert werden, am 04.04.1946 wurde der Befehl erteilt, auch die Maste der Fahr- und Fernleitungen abzubauen.« Bemerkenswert ist, »daß ein Großteil der Maste im Bereich von Görnitz bis Schlauroth nicht demontiert wurde.«

- zu 12.6., S. 260: P. Glanert hält fest: »Teils sind die ab 1955 bei der DR wieder errichteten Oberleitungen nach Ezs-Zeichnungen der DR, teils nach alten Firmenzeichnungen (BBC war in der Nachkriegszeit in der DDR noch präsent und bei der Elektrifizierung beteiligt) errichtet worden, so daß eine eindeutige Zuordnung zu Bauarten heute nicht mehr unbedingt nachvollziehbar ist. Zum heutigen Zeitpunkt sind diese Oberleitungen mit neueren Bauweisen vermischt worden; damit ist das "Durcheinander" vollkommen perfekt. Die ersten Mischbauweisen der Übergangszeit vom Ezs- auf das DR-M-Zeichnungswerk entstanden auf der Strecke Leipzig - Dresden.«

- S. 261, Z. 34 ff.: P. Glanert ergänzt: »Bei der Wiederelektrifizierung der Strecke Halle - Weißenfels (Inbetriebnahme am 21.12.1959) wurden nachweislich die alten Mastfundamente größtenteils wieder verwendet. Bei Winkelmasten wurden die Fundamentkappen abgeschlagen und die Ankerbolzen freigelegt, an die Stümpfe der abgebrannten Flach-Einsetzmaste schweißte man neue Flachmaste an.«

- S. 261, Z. 42 ff.: P. Glanert notiert: »Der gesamte Bereich Leipzig-Wahren wurde 1939/40 im Zuge der Elektrifizierung

fizierung Saalfeld - Leipzig umgebaut. Dies könnte einerseits mit dem Alter der Anlage, andererseits mit dem "bayrischen" Zick-Zack von ± 400 mm und dem "preußischen" von ± 500 mm im Zusammenhang stehen, der dabei auf ± 400 mm umgebaut wurde, damit Güterzüge mit bayrischen Elloks direkt nach Leipzig-Wahren durchfahren konnten.« Siehe hierzu die Ausführungen des Verfassers in Kapitel 8.3.

- zu 12.6.2., S. 262 ff.: P. Glanert führt hierzu aus: »Hierbei handelt es sich um die Bauart Re 160 der DR. Der Verweis auf die Bauart Re 2 ist nicht richtig. Die Re 2 wurde von der VES-M Halle erst um 1970 aus der Re 160 abgeleitet mit einer Systemhöhe von nur 1,4 m (Re 160 = 1,8 m) für $v > 100$ km/h.«

Zu den Versuchsbauarten der Teilstrecke Dessau - Bitterfeld schreibt derselbe Verfasser: »Auf der gesamten Strecke Dessau - Bitterfeld kamen, ebenso wie auf der Strecke Halle - Magdeburg, keine Auslegerbefestigungsteile ähnlich Bauart AEG, sondern Böcke aus Temperguß (gerade für Ankerrohr bzw. -seil, schräg für Auslegerrohr) zum Einsatz; ähnlich Z 11.1/1. Diese sind heute zum größten Teil noch vorhanden.

- Dessau - Heideburg: Im Prinzip wie Bauart 1942 der DRB, jedoch an Auslegerspitze eine Tragseil-Drehklemme; Auslegerrohrdurchmesser bei DR grundsätzlich 60 mm. Seitenhalter in Abhängigkeit von der Kurvenzugkraft aus Stahlrohr $\phi 26$ mm oder Alulegierung. Maximale zulässige Belastung auf Leichtbau-Seitenhalter = 160 kN. Für diese Re 160 wurden Seitenhalter am Stützrohr angewandt ("Kurz": angeleckt, "Lang": umgelenkt).

- Heideburg - Wolfen: Ausführung der Seitenhalter am Ausleger ist mir nicht bekannt. Heute durchgehend Leichtbau-Seitenhalter am Stützrohr. Die von Ihnen dargestellte Fahrdrabtstützpunkt-Ausführung am Ausleger entspräche einer Re 120 nach EzsN 196 [Z 12.6.1./1]. Über die Ausführung des Längskettenwerkes (Re 120 mit 6 m Y-Seil oder Re 160 mit 12 m Y-Seil) kann ich Ihnen keine Angaben machen.

- Wolfen - Bitterfeld: Diese Ausführung entspricht exakt der Ezs 476 [Z 12.6.2./1]. In Quertragwerken Leichtbau-Seitenhalter an RS-Abstandösenklemmen für Re 160, Rohr-Seitenhalter an RS-Abstandösenklemme für Re 120 und Rohr-Seitenhalter an RS-Ösenklemme für Re 75 [Z 12.6./2 ff.; RS = Richtseil]. Nach Ezs 766, Teil 2, Ausgabe 1960 der Einbauzeichnungen zur Regelfahrleitung der DR wird der Stützrohrhänger am Auslegerrohr und nicht am Y-Beiseil aufgehängt. Dafür wurde die Tragseil-Drehklemme später mit einem angegossenen Kauschenhaken komplettiert. Diese Ausführung ist bis heute Regelbauweise bei der DR.«

- zu 12.7., S. 265 ff.: P. Glanert hält hierzu fest: »Erste Inbetriebnahme einer Einfachfahrleitung [EFL] bei der DR war am 01.06.1984 zur Elektrifizierung einer Strecke zu Versuchszwecken zwischen Gößnitz und Glauchau-Schönbörnchen. Zuvor gab es bei der DR - von kurzzeitigen Versuchen zwischen Meißen und Neusörnewitz abgesehen - keine EFL. Die von Ihnen zitierten Quellen Nr. 215 und 216

sind nur theoretische Betrachtungen. Die EFL auf o.g. Strecke hat sich bis heute bewährt, es gibt keine Beanstandungen (eingleisige Verbindungsbahn mit Schnellzugverkehr, $v_{\max} = 80 \text{ km/h}$). Trotzdem sah die DR von der weiteren Einführung der EFL zur Streckenelektrifizierung aus Kostenerwägungen ab, da die Gründungskosten für Masten gegenüber der Cu-Einsparung zu hoch sind (verkürzte Längsspannweiten gegenüber Kettenfahrlleitung). EFL wurden seitdem nur noch bis etwa 1990 für Überholungsgleise in Bahnhöfen sowie Anschlußbahnen (z. B. Bentwisch - Poppendorf und Eilenburg Ost - Kieswerk Sprotta) projektiert und errichtet.«

- zu 12.8., S. 267 ff.: P. Glanert ergänzt: »Ein Versuch zur Erprobung einer Fahrlleitung Re 200 (nicht vergleichbar mit DB-Re 200) fand zwischen Gräfenhainichen und Pratau im Zusammenhang mit der Elektrifizierung der Strecke Halle - Berlin im Jahre 1978 statt. Die konstruktiven Unterlagen und Rechenprogramme wurden in der damaligen VES-M Halle erarbeitet. Eine Befahrung dieser Versuchsoberleitung mit 200 km/h fand jedoch auf Grund des nicht für diese Geschwindigkeit ertüchtigten Oberbaus niemals statt. Bedingt durch Oberleitungsarbeiten entspricht dieser Abschnitt heute auch nicht mehr dem Originalzustand.« - Weiter: »Eine grundlegende Neuerung bei der DR stellt der ab 1988 bei der DR angewandte Rechteck-Betonmast dar. Dieser sollte künftig als Ersatz für Stahlwinkelmaсте in Querfeldern bis zu 4 Gleisen dienen. Verbaut wurde dieser Masttyp auf Abschnitten der Strecke Leipzig - Eilenburg - Cottbus. Inzwischen wird dieser Mast nicht mehr eingesetzt.«

- S. 277, Z. 5: Statt 1180.100 ist 1080.100 zu setzen.

- S. 345, Z. 7: Statt Ge 4/4 391 ist Ge 4/6 391 zu setzen.

- S. 386, Z. 38 ff.: Zu ... zwischen Arth-Goldau und Immensee schwebende Bogenabzüge mit Zwischenmasten ist zu ergänzen, daß es sich hier um einen nachträglichen Umbau zur Verkürzung der Spannweite im Gleisbogen gehandelt hat. In gleicher Weise baute man auf der Strecke Zug - Arth-Goldau die Fahrlleitung im Gleisbogen um.

- S. 390, Tabelle ergänzen:

1934	SBB	Biel - Sonceboz-Sombeval - La Chaux-de-Fonds (Stationen)
1937	SBB	Sonceboz-Sombeval - Moutier (Stationen, Teilstrecken mit längeren Geraden)
1942	SBB	Auvernier - Les Verrières (Stationen)

- S. 482: Statt 01.06.1959 muß es durchweg 31.05.1959 heißen; entsprechend sind die Fußnoten zu korrigieren.

2. Bildband

- Bild F 14.5.2.4./2: Statt Elektrifizierung der Bernischen Dekretsbahnen 1920: Streckentrennung Oey-Diemtigen Seite Erlenbach muß es heißen: Elektrifizierung Spiez - Bönigen 1920: Streckentrennung Leissigen Seite Faulensee.

Z 13.4./1



18.8.1990
Ausserkornbalm
Ausleger 37 1913

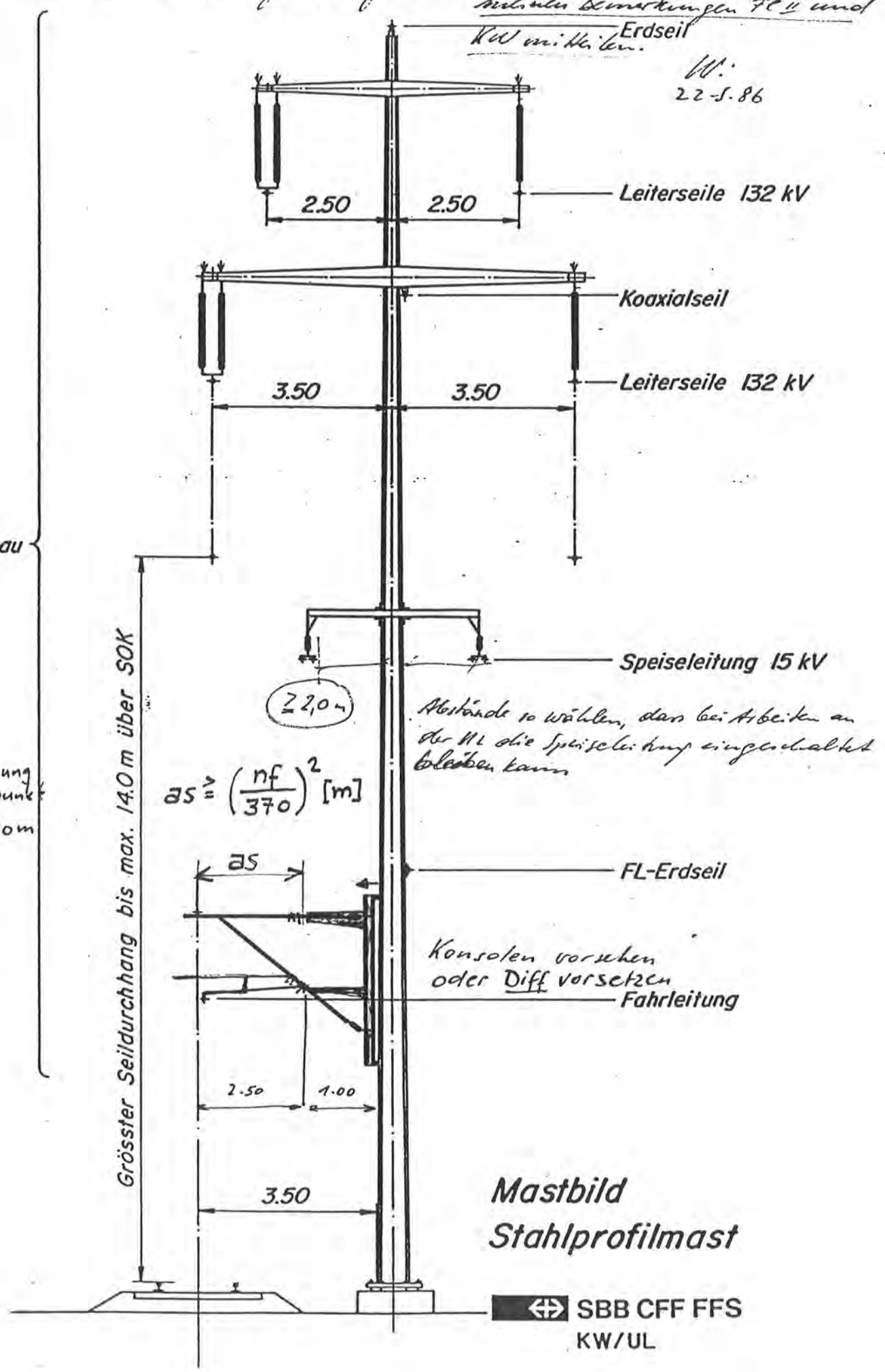
Z 14.8.32.13

Dö

haben die Ergänzungen?

Bite zusammen mit
minuten Bemerkungen FL II und
KW mitteilen.

W:
22.5.86



Vollausbau

Grösster Seildurchhang bis max. 14.0 m über SOK

nf Entfernung vom Fixpunkt = max 650m

2,20m

$$s \geq \left(\frac{nf}{370} \right)^2 [m]$$

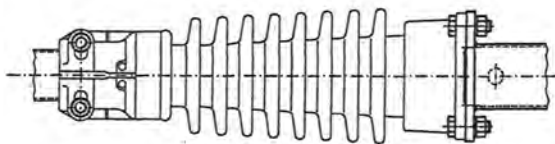
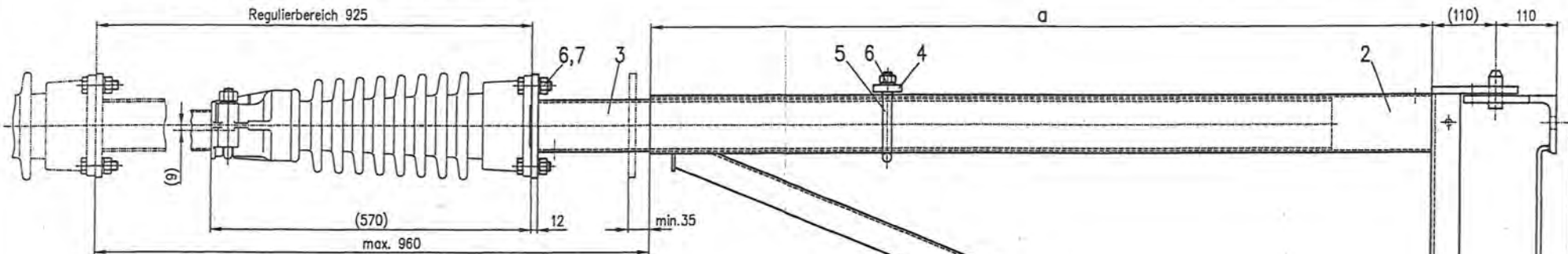
Abstände so wählen, dass bei Arbeiten an der ML die Speiseleitung eingehalten werden kann

Konsolen versehen oder Diff vorsetzen
Fahrleitung

Mastbild
Stahlprofilmast

SBB CFF FFS
KW/UL

Var. I mit Vollkern-Stützisolator Art. 377.00.06

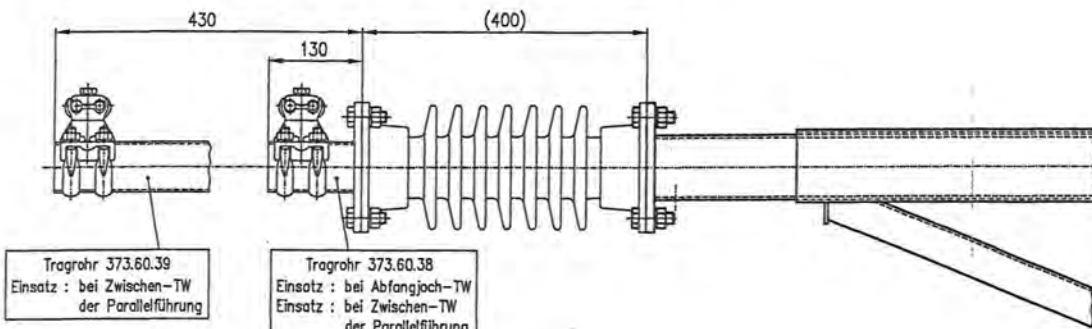


Artikelnummer	a	Gewicht
373.61.22	1390	70kg
373.61.23	2090	80kg
373.61.24	2890	95kg

Ansicht A

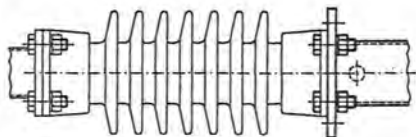


Var. II mit Stützisolator kurz Art. 377.00.05



Tragrohr 373.60.39
Einsatz : bei Zwischen-TW
der Parallelführung

Tragrohr 373.60.38
Einsatz : bei Abfangloch-TW
Einsatz : bei Zwischen-TW
der Parallelführung



4	4	4	6kt-Schraube M16x50 m.Mu.	7	370.22.051	4,6	f'verzinkt	DIN 601
6	6	6	Federring M16	6	481.30.1162	St	f'verzinkt	DIN 127 B
1	1	1	Bügelschraube M16	5	370.77.080	St	f'verzinkt	
1	1	1	Klemmplatte	4	373.61.281	St	f'verzinkt	
1	1	1	Regulierrohr	3	373.61.271	St	f'verzinkt	
1			Konsole Typ III		373.61.223			
1	1		Konsole Typ II	2	373.61.222	St	f'verzinkt	
	1		Konsole Typ I		373.61.221			
1	1	1	Mastanschluss kpl.	1	373.61.12	St	f'verzinkt	

Stück	Platz	Gegenstand	Specification	Pos.	Art. No.	Mit.	Ueberzug Coverlure	Bemerkungen Observations
Art. 373.61.24	a			f				
Art. 373.61.23	b			e				
Art. 373.61.22	c			e				

Teleskopausleger kompl.
zu Ausleger NT

Erweit. durch Retrofit per Zusatz für Bausätze	16.12.03	16.12.03	DUSA
Maßstab Echte	1:5		
Gezeichnet Geprüft Gezeichnet Vp			
CAD Dateiname	A38122		

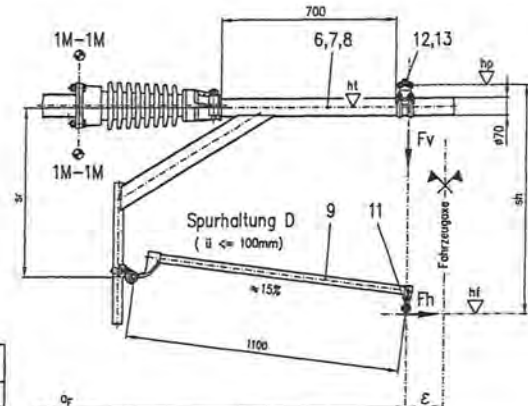
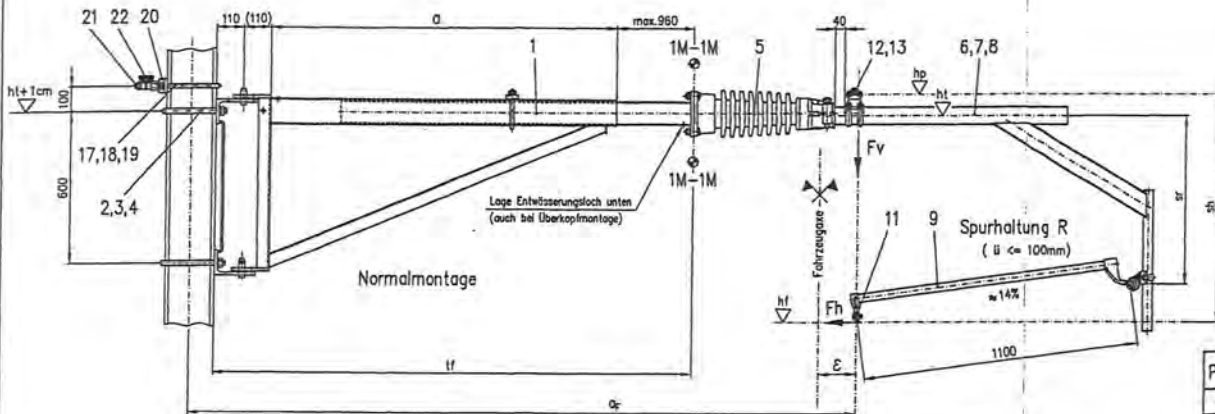
© Dieses Dokument ist geistiges Eigentum der SBB und darf nur für Aufträge für sie verwendet werden. Missbrauch wird gerichtlich verfolgt.

SBB CFF FFS
Infrastruktur EB-FS

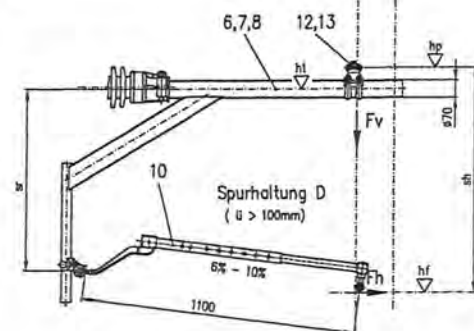
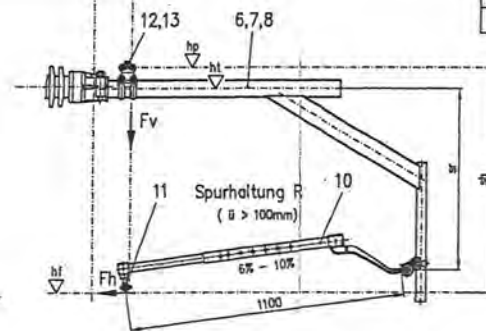
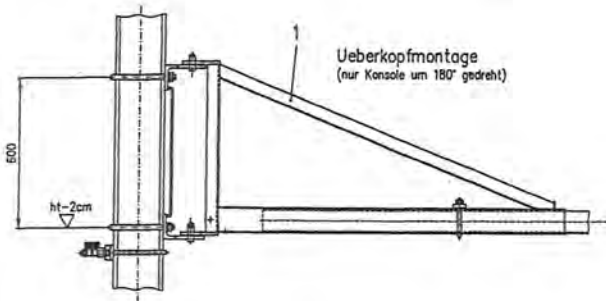
Formel A2

Zählungs-Nr. 373.61.22-24
No. de dessin
Aend. Inst. mod.

2 14.8.5 A/1
2 14.8.6 A/1



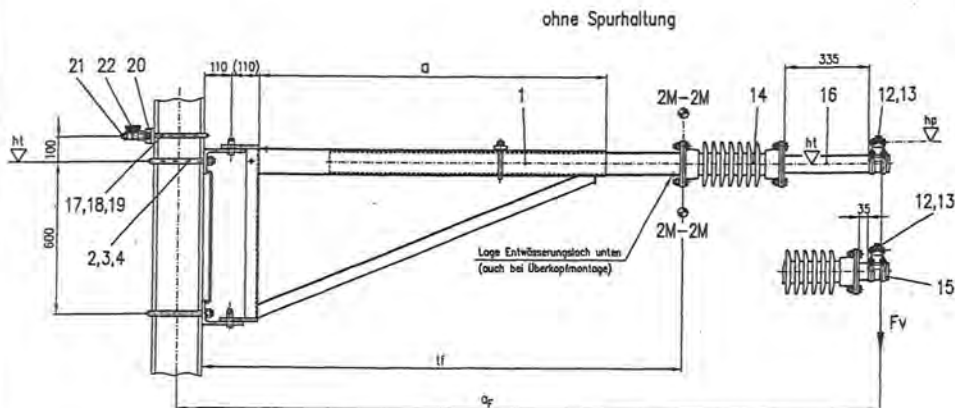
Pos.	sr (mm)	sh (cm)
	min.	max.
6	500 850	65 110
7	700 1150	85 130
8	1000 1450	115 160



Auslegertypen NT Kenndaten						
max. Auslasslänge des Reglerrohres 960 mm						
Typ	a	D	Bereich in m (Profil NEB200)		Totalgewicht ohne Mastentlastung	
			Tragrohr kurz	Tragrohr lang	ohne Spurhaltung	Tragrohr lang
1	1390	3.07-4.00	2.41-3.33	2.24-3.17	2.54-3.47	95 Kg
2	2090	3.77-4.70	3.11-4.03	2.94-3.87	3.24-4.17	105 Kg
3	2890	4.57-5.50	3.91-4.83	3.74-4.67	4.04-4.97	120 Kg

Auslegertypen NT Symbolik			
1. Ausleger Typ	①	②	③
2. Abstand Mast - Isolator in m	lf		
3. Spurhaltung Direkt/Rückgriff	ⓓ	Ⓡ	
Bezeichnungsbeispiel : 2 / 4,18 / D			

max. Nutzlasten	
Moment 1M-1M	2,20 kNm
Moment 2M-2M	1,10 kNm
Fv	1,70 kN
Fh (mit Rineinsatz und Wind auf Fa)	1,25 kN



1	1	1	1	1	1	Hängeklemme	22	386,78.02	Al-Bz	
1	1	1	1	1	1	Befestigungsbolzen kompl.	21	386,77.055	St	fverzinkt
1	1	1	1	1	1	Traverse	20	378.51...	St	fverzinkt
2	2	2	2	2	2	Federling M16	19	481,30.1162	St	fverzinkt DIN 127 B
2	2	2	2	2	2	U-Scheibe M16	18	481,11.1172	St	fverzinkt DIN 126
1	1	1	1	1	1	Bügelsschraube M16	17	370,77.1	St	fverzinkt
(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	Tragrohr #70/2,9 kompl. L=430	16	373,60.39	St	
(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	Tragrohr #70/2,9 kompl. L=130	15	373,60.38	St	
1	1	1	1	1	1	Stützisolator kurz	14	377,00.05	Porzellan	
1	1	1	1	1	1	Schutzzeile	13	373,55.126	Cu	
1	1	1	1	1	1	Tragstange kompl.	12	373,70.32	GTW/GGG	fverzinkt
1	1	1	1	1	1	Spurhalterklemme	11	380,50.26	Bz	
(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	Reg. Al-Spurhalter	10	381,81.3120	Al	ü > 100
(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	Leichter Spurhalter	9	381,81.1110	Al	ü < 100
(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	Tragrohr 59' kompl.	8	373,61.35	St	fverzinkt
(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	Tragrohr 46' kompl.	7	373,61.33	St	fverzinkt
(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	Tragrohr 31' kompl.	6	373,61.31	St	fverzinkt
1	1	1	1	1	1	Vollkem-Stützisolator	5	377,00.06	Porzellan	
4	4	4	4	4	4	Federling M20	4	481,30.1202	St	fverzinkt DIN 127 B
4	4	4	4	4	4	U-Scheibe M20	3	481,10.1202	St	fverzinkt DIN 126
2	2	2	2	2	2	Bügelsschraube M20	2	370,78.1	St	fverzinkt
1	1	1	1	1	1			373,61.24		
1	1	1	1	1	1	Teleskopausleger kompl.	1	373,61.23	St	fverzinkt
								373,61.22		

2.14.8.5.1/1
2.14.8.5.1/1

RFL-140 (mit Y-Seil)

Fahrdraht / Zugkraft / Gewicht	Cu 107 mm ² / 10,0 kN / 0,934 kgm ⁻¹
Tragseil / Zugkraft / Gewicht	StaCu 92 mm ² / 12,0 kN / 0,838 kgm ⁻¹
Y-Seil / Länge / Zugkraft Angelenkte / Zugkraft Rückgriff / Gewicht	Cu 25 mm ² / 18 m / 1750 N / 2650 N / 0,231 kgm ⁻¹
Hänger / Gewicht	Bz II 10 mm ² / 0,093 kgm ⁻¹
Maximale Längsspannweite	58 m
Systemhöhe	1,60 m
Fahrdrahtseitenlage	± 0,15 m
Fahrdrahthöhe	5,50 m
Hängerabstände für Spannweite 58 m	3, 12, 10, 4, 4, 10, 12, 3 m
Maximale Nachspannlänge	2 x 650 m
Seitenhalterlänge / -masse an der Fahrdrahtklemme	1,1 m / 1,4 kg
Hängerklemmenmasse unten / oben	0,2 kg / 0,2 kg

ELIN CAT (NBS)

Fahrdraht / Zugkraft / Gewicht	Cu 120 mm ² / 15,3 kN / 1,050 kgm ⁻¹
Tragseil / Zugkraft / Gewicht	Cu 70 mm ² / 10,8 kN / 0,625 kgm ⁻¹
Y-Seil / Länge / Zugkraft / Gewicht	Bz II 35 mm ² / 16 m / 2,8 kN / 0,310 kgm ⁻¹
Hänger / Gewicht	Bz II 10 mm ² / 0,089 kgm ⁻¹
Maximale Längsspannweite	58 m
Systemhöhe	1,4 m
Fahrdrahtseitenlage	± 0,15 m
Fahrdrahthöhe	5,4 m
Hängerabstände für Spannweite 58 m	2,5 / 3 / 6 x 7,8 / 3 / 2,5 m
Maximale Nachspannlänge	2 x 750 m
Seitenhalterlänge / -masse an der Fahrdrahtklemme	1 m / 1,3 kg
Hängerklemmenmasse unten / oben	0,120 / 0,120 kg

R. Jaquier
 PS-FS
 24.06.2009
 Tel 051 220 38 08

N-FL

Fahrdraht / Zugkraft	Cu 107 / 8,0 kN
Tragseil / Zugkraft bei -20 °C	St-Cu 50 / 6,0 kN
Tragseil / Zugkraft bei -5 °C	St-Cu 50 / 5,397 kN
Hänger	Cu 10
Maximale Längsspannweite	60 m
Systemhöhe	2,40 m
Fahrdrahtseitenlage	± 0,15 m
Fahrdrahthöhe	5,70 m
Hängerabstände	6, 11, 9, 8, 9, 11 m
Maximale Nachspannlänge	1300 m
Seitenhalterlänge / -masse an der Fahrdrahtklemme	1,0 m / 0,9 kg
Hängerklemmenmasse unten / oben	0,2 kg / 0,2 kg

R-FL ohne Y-Seil

Fahrdraht / Zugkraft	Cu 107 / 10,0 kN
Tragseil / Zugkraft bei	Cu 92 / 12,0 kN
Hänger	Cu 10
Maximale Längsspannweite	58 m
Systemhöhe	1,60 m
Fahrdrahtseitenlage	± 0,15 m
Fahrdrahthöhe	5,50 m
Hängerabstände	4,5, 11, 10, 7, 10, 11,4,5 m
Maximale Nachspannlänge	1300 m
Seitenhalterlänge / -masse an der Fahrdrahtklemme	1,1 m / 1,4 kg
Hängerklemmenmasse unten / oben	0,2 kg / 0,2 kg

Re 250 LBL-T II

Fahrdraht / Zugkraft / Gewicht	RIS 120 (EN 50149) / 15 kN / 1,07 kgm ⁻¹
Tragseil / Zugkraft / Gewicht	70 Bz II (DIN 48201) / 15 kN / 0,6 kgm ⁻¹
Gewicht Oberleitung	1,83 kgm ⁻¹
Maximale Längsspannweite	51 m
Systemhöhe	1,3 m
Fahrdrahtseitenlage	± 0,2 m
Fahrdrahthöhe	5,3 m
Hängerabstände für Spannweite ≤ 50 m	2,5 / 6 x ≤ 8 / 2,5 m
Maximale Nachspannlänge	2 x 690 m

Detail Knoten Basel



Legende :

- - Station/gare
- ▲ - Spurwechsel/diagonale
- D - Dienststation/gare de service
- - - N-FL
- - - Windschiefe-FL/caténaire inclinée
- - - Polygon-FL/caténaire polygonale
- - - R-FL100
- - - R-FL 125
- - - R-FL 140
- - - R-FL 160
- - - R-FL 160 +
- - - R-FL 250
- - - Stromschiene/caténaire rigide
- - - R-FL 200 F+F
- - - R-FL 200 ELIN
- - - caténaire SNCF
- - - caténaire FS
- - - Doppel-FL/caténaire double
- - - Privatbahnen/chemin de fer privé
- - - Filialengrenze/limite des filiales

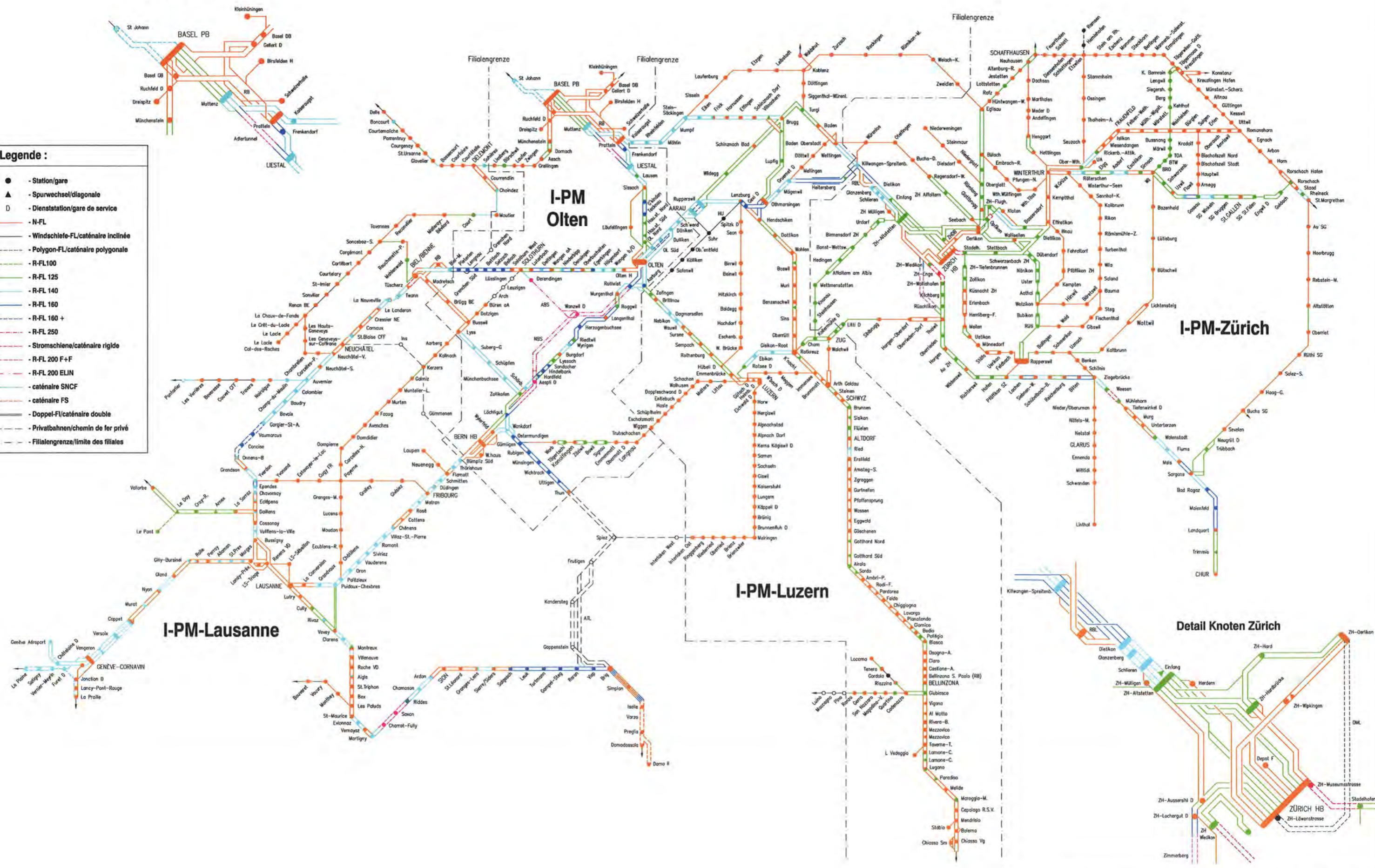
I-PM Olten

I-PM-Zürich

I-PM-Luzern

I-PM-Lausanne

Detail Knoten Zürich



FL-Typen	Types LC	6.12.06	Zysset
		15.12.06	Hy
Stand 1.12.2006	Etat au 1.12.2006	15.12.06	dyg
CAD Database		D:\Netzart\EL2005.DWG	
SBB CFF FFS		Infrastruktur PS-FS	
Formal		Zürchungs-Nr. No. de dessin	
A1		0118.0000.0020	
		a	