

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 Schleifenoszillograph 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 f.

⁴⁰ EB, 12 (1936), S. 124 ff.

⁴¹ EB, 13 (1937), S. 94 ff.

⁴² EI, 11 (1960), S. 300 f.

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 Fahrdrabtlage 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.