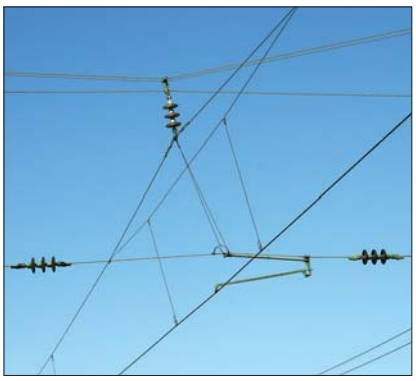
MIBA
DIE EISENBAHN IM MODELL

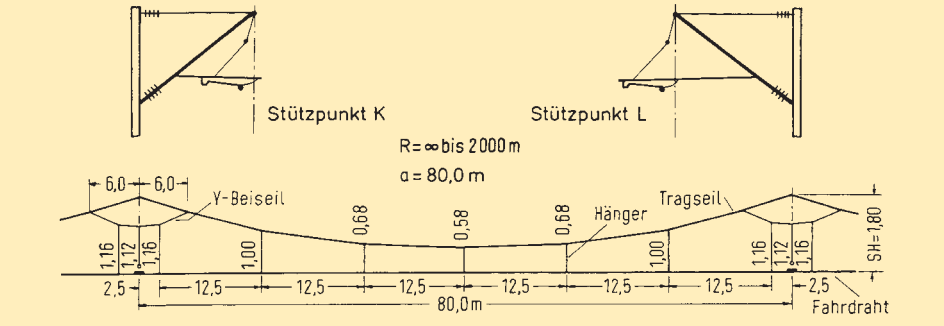
MIBA-REPORT

Bernd Zöllner / Bruno Kaiser

ELEKTRISCHE FAHRLEITUNGEN

Vorbild-Bauarten und ihre Nachbildung im Modell





Deutschland € 15,–
Schweiz sFr 29,80,– · Österreich € 16,50

MIBA-Report 2/2007
Best.-Nr. 15087243
ISBN 978-3-89610-243-0

4 194038 615001 02>

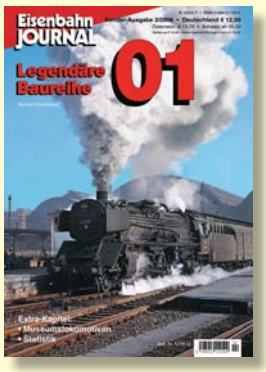
Eleganz und Fortschritt im Zeichen der 50er

NEU

Im April 1952 stellte die DB ihre ersten neuen Stromlinientriebwagen in Dienst, für die später der Spitzname „Eierköpfe“ aufkam – etwas respektlos, denn das elegante Design der neuen Fahrzeugfamilie galt seinerzeit als Synonym für Fortschritt auf Schienen. Die neueste Sonderausgabe des Eisenbahn-Journals befasst sich nicht nur mit den VT 08.5 für den hochwertigen Fernverkehr und den gemischtklassigen Schwesterfahrzeugen VT 12.5 für den Bezirks- und Städteschnellverkehr. Die DB beschaffte zudem Elektrotriebzüge im „Eierkopf“-Outfit (Baureihen ET 30 und ET 56) sowie die als „Limburger Zigarren“ bekannten Akku-Triebwagen der Baureihe ETA 176. Dem Komponenten-Versuchsträger VT 92 501 und den VT 08.8 der US-Army sind eigene Kapitel gewidmet. Eine Fahrzeugstatistik rundet das Heft ab. Wie immer großartig illustriert mit vielen bislang unveröffentlichten Aufnahmen sowie zahlreichen Zeichnungen.

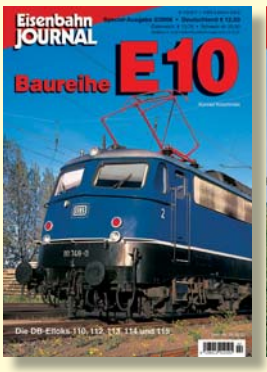
92 Seiten im DIN-A4-Format, ca. 130 Abbildungen, Klammerheftung
Sonderausgabe 2/2007:
Best.-Nr. 530702 · € 12,50

Kennen Sie schon diese Sonder-Ausgaben?



Legendäre BR 01
Extra-Kapitel: Museumslokomotiven, Statistik

Sonder-Ausgabe 2/2006
Best.-Nr. 530602 · € 12,50

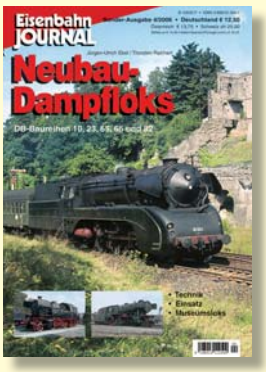


Baureihe E 10
DB-Elloks 110, 112, 113, 114 und 115

Special-Ausgabe 2/2006
Best.-Nr. 540602 · € 12,50

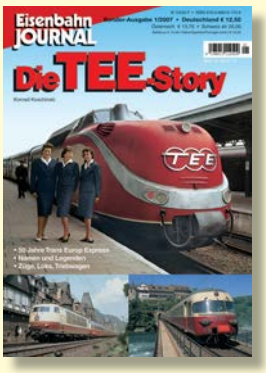
Akku-Triebwagen
Länderbahn-, Reichsbahn- und Bundesbahn-Bauarten

Sonder-Ausgabe 3/2006
Best.-Nr. 530603 · € 12,50



Neubau-Dampfloks
DB-Baureihen 10, 23, 65, 66 und 82

Sonder-Ausgabe 4/2006
Best.-Nr. 530604 · € 12,50



Die TEE-Story
50 Jahre TEE · Legenden · Züge, Loks, Triebwagen

Sonder-Ausgabe 1/2007
Best.-Nr. 530701 · € 12,50

Eisenbahn JOURNAL

Erhältlich beim Fachhandel oder direkt beim EJ-Bestellservice, Am Fohlenhof 9a, 82256 Fürstenfeldbruck
Tel. 0 81 41 / 5 34 81-0, Fax 0 81 41 / 5 34 81-33, eMail bestellung@vgbahn.de

VGB [VERLAGSGRUPPE BAHN]

Seit der ersten Auflage des MIBA-Reports „Elektrische Fahrleitungen“ sind 20 Jahre vergangen. In dieser Zeit hat es auf dem Gebiet des Fahrleitungsbaus gewaltige Fortschritte gegeben. Durch die Wiedervereinigung der Netze von DB und DR ist zusammengewachsen, was gleiche Wurzeln hatte. So können heute Triebfahrzeuge beider ehemaligen Bahnverwaltungen in ganz Deutschland angetroffen werden. Neubaustrecken sind entstanden, die mit einer Höchstgeschwindigkeit von 300 km/h und mehr befahren werden und Fahrleitungen erfordern, die den enormen Leistungsübertragungen gewachsen sein müssen.

Diese Entwicklung war nicht zuletzt deswegen möglich, weil Neuelektrifizierungen bei DB und DR auf den gleichen Grundlagen fortgesetzt worden waren und man gottlob das immer wieder in Frage gestellte Stromsystem beibehalten hat. Und nicht zuletzt stellt der elektrische Betrieb heute die Normalform des Eisenbahnbetriebes dar. Diesen Entwicklungen soll mit dieser völlig neu erarbeiteten Broschüre Rechnung getragen werden.

Auf dem Modellsektor hat sich gleichermaßen viel getan. Das neuentwickelte Oberleitungssystem der Fa. Viessmann stellt hinsichtlich der zugrunde liegenden Systematik auch in technischer Sicht eine echte Alternative zum bewährten Sommerfeldt-System dar. Nicht zuletzt angeregt durch den Wettbewerb, wurden Angebot und Vielfalt der Bauteile deutlich größer. Gleichzeitig hat es in Bezug auf die Maßstäblichkeit und korrekte optische Wiedergabe des Vorbildes deutliche Fortschritte gegeben, sodass mit den heute katalogmäßig angebotenen Bauteilen alle wesentlichen Vorbildsituationen korrekt nachgebildet werden können.

Dass wir uns bei der Darstellung der Beispiele im Modellbau auf diese beiden Hersteller beschränkt haben, liegt auch daran, dass deren Sortimente in sich sehr vollständig und jederzeit überall verfügbar sind. Auch hier soll unsere Broschüre ansetzen. Konsequent nach Epochen und damit technischer Entwicklung strukturiert, enthält sie die wichtigsten Grundlagen des Fahrleitungsbaus seit dem Beginn der Standardisierung in übersichtlicher Form und ihre Umsetzung ins Modell an ausgewählten Beispielen.

Leider war es auf den zur Verfügung stehenden Seiten dieser Broschüre nicht möglich, alle Baugrundsätze des Vorbildes aufzuzeigen. Wir haben uns daher bewusst auf die wichtigsten Grundlagen beschränkt, zumal wegen der Feinheit der Fahrleitungen nicht alles ins Modell umgesetzt werden kann. Das gilt erst recht für die zahlreichen Sonderfälle, die auch beim Vorbild das ganze Können der Planer verlangen und das gleichermaßen beim Modell an den Tag gelegt werden muss. Denn bei den modellbahnüblichen Kompromissen in Bezug auf die Radien und die Stabilität der Bauteile geht es auch bei der Umsetzung der Oberleitung ins Modell nicht ohne Kompromisse.

Leistung aus der Leitung

Wegen der Komplexität des Themas haben wir bewusst nur die Oberleitungssysteme der deutschen Bahnverwaltungen dargestellt. Gleichermaßen beschränken sich die Beispiele für die Umsetzung ins Modell nach wie vor auf die weitverbreitete Baugröße H0. Auch haben wir uns auf die von den Modellbahnern am häufigsten zur Grundlage ihrer Anlage gemachten Epochen II bis V beschränkt, zumal die erforderlichen Bauteile auch am Markt erhältlich sind. Im Anhang finden sich gesonderte Kapitel zu Isolatoren, Farbgebung und Stromabnehmer.

Wir hoffen, dass mithilfe dieser Broschüre die Baugrundsätze des Vorbildes auf vielen Anlagen so gut wie möglich ins Modell umgesetzt werden können.

Bernd Zöllner, Bruno Kaiser
Oberasbach und Köln im Juli 2007

Bernd Zöllner, Jahrgang 1947, war schon lange, bevor er seine erste elektrische Eisenbahn bekam, vom Zusammenspiel zwischen Stromabnehmer und Oberleitung bei Straßenbahnen fasziniert. Folgerichtig stand bei der Modellbahn der elektrische Betrieb im Mittelpunkt. Nach ersten Veröffentlichungen in der MIBA 1968 und 1986 wurde es für den gelernten Maschinenbauingenieur 1987 mit der Übernahme der Fahrzeugtests bei Bahn & Modell richtig Ernst. Seit 1993 ist er mit dieser Aufgabe fester Bestandteil des MIBA-Teams. Seine Leidenschaft für Elloks ist nicht nur bei der kritischen Beurteilung der Modelle, sondern auch in den zugehörigen Vorbildbeiträgen zu spüren. Folgerichtig bringt er hier sein Wissen um Aufbau und Funktion der Oberleitung ein.

Bruno Kaiser, Jahrgang 1947, ist langjähriger Mitarbeiter der MIBA. Schon zu Kindertagen wurde er über seinen älteren Bruder mit der Modelleisenbahn konfrontiert; in Gemeinschaftsarbeit entstand die erste stationäre Anlage „MüKeBa", veröffentlicht im MIBA-Jahrgang 1972. Diesen ersten journalistischen Gehversuchen über Anlagengestaltung folgten Beiträge über Fahrzeugverbesserungen und den Bau von maßstäblichen Stadthausmodellen. Es entstanden mehrere Broschüren über Anlagenbau und Landschaftsgestaltung, aber auch Spezialthemen wie Bahnbetriebswerk, Kirmes oder Car System. Mit der vorliegenden Broschüre wurde ein weiteres Betätigungsfeld aufgegriffen, das Bemühen um vorbildgerechte Oberleitung im Modell.

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek:
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

ISBN 978-3-89610-243-0

© 2007 by Verlagsgruppe Bahn GmbH,
MIBA-Verlag, Nürnberg

Alle Rechte vorbehalten

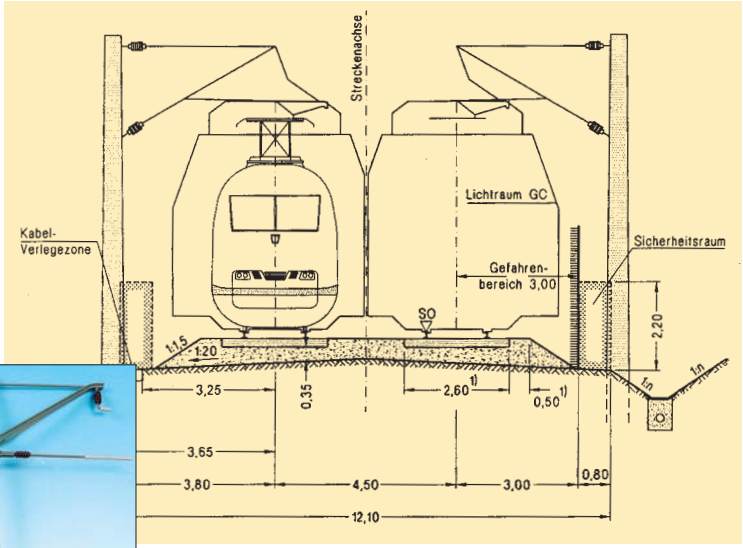
Nachdruck, Reproduktion und Vervielfältigung – auch auszugsweise und mithilfe elektronischer Datenträger – nur mit vorheriger schriftlicher Genehmigung des Verlages.

Der Einsatz der in dieser Publikation beschriebenen Werkzeuge und Materialien erfolgte nach bestem Wissen und Gewissen. Die geschilderten Vorgehensweisen und alle Ratschläge sind praxiserprobt. Dennoch ist eine Haftung der Autoren und des Verlages und seiner Beauftragten für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ausgeschlossen.

Redaktion: Martin Knaden

Litho: WaSo PrePrint Service GmbH, Düsseldorf

Druck: WAZ-Druck, Duisburg



Historische Entwicklung:
Der Draht kommt 6

Die Regelfahrleitung der Bauart 1928:
Die erste Norm 8

Fahrleitung und Signale:
Sichtkeil 11

DB-Bauarten 1950, Re 160, 100, 75 und 200:
Mehr Elastizität 12

Re 250 und Re 330 für DB-Neubaustrecken:
Bad Vibrations 16

Die Bauart 1928 im Modell:
Reichsbahn-Zickzack 20

DB-Fahrleitung der Bauart Re 75:
Langsame Leitung 24

DB-Fahrleitung der Bauart Re 100:
Schnellere Gangart 27

DB-Fahrleitung der Bauart Re 160:
Draht für den „Rheingold“ 30

DB-Fahrleitung der Bauart Re 250:
Schnell wie der Wind 34

Produkt-Informationen:
Orientierungshilfe 38

Überspannung von Bahnhöfen:
Vom Querseil zum Doppelausleger 54

Abspannfelder in Vorbild und Modell:
1000 kg Zuglast 64

Bespannung von Weichen und DKWs:
Draht von der Seite 72

Bogenabzüge:
Knickreich 78

Elektrische Anschlüsse:
Trafos, Trenner, Schaltergruppen 80

Brücken und Tunnel:
Drunter und drüber 84

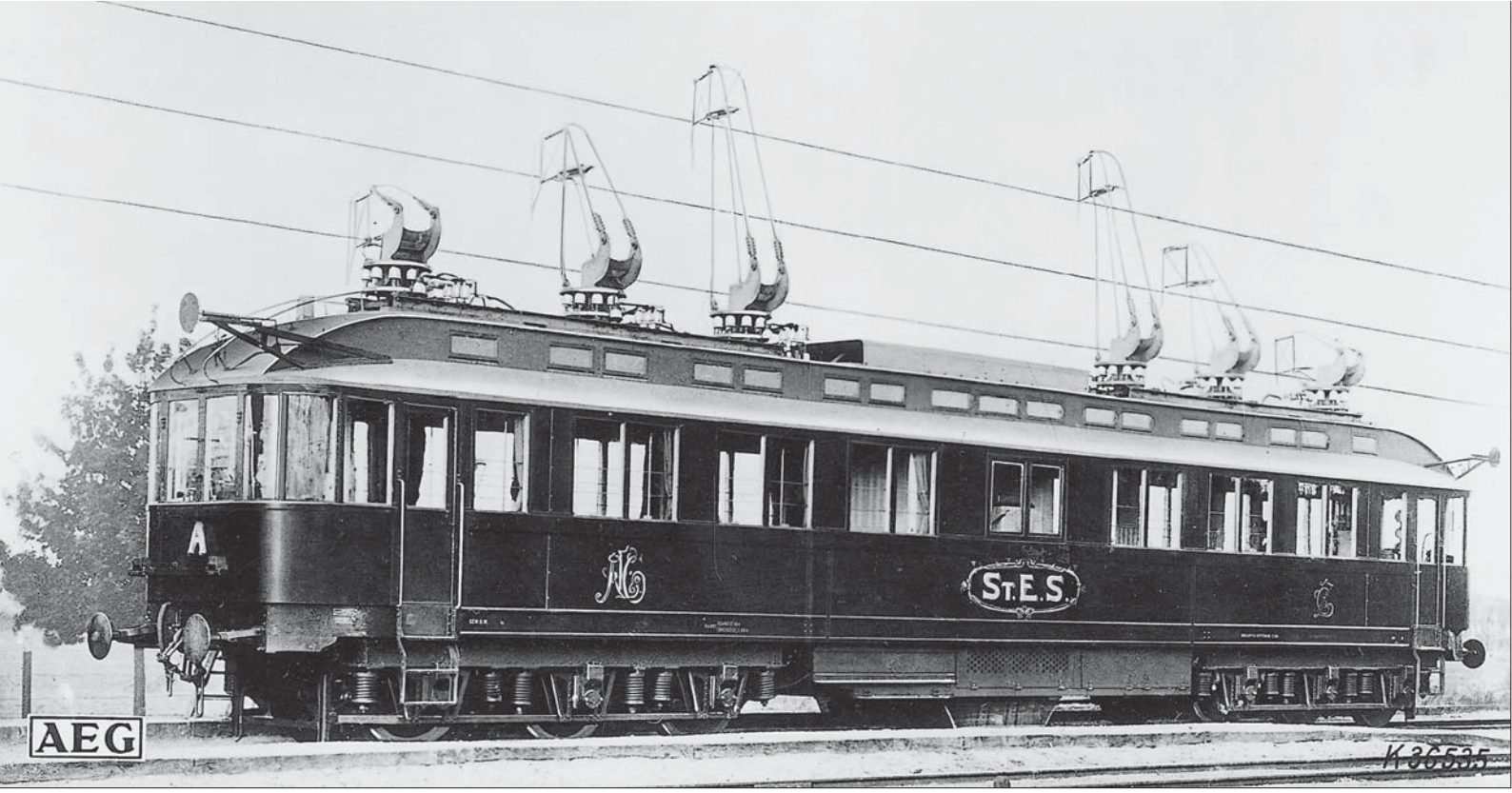
Bauarten der Isolatoren:
Von Keramik bis Kunststoff 88

Farbgebung von Masten:
Schutz mit Glimmer 89

Normen für den Fahrleitungsbetrieb:
Das richtige Maß 90

Stromabnehmer:
Typenkunde 94

Fahrleitungssignale:
Blaue Rauten 98



Historische Entwicklung

Der Draht kommt

Die Anfangszeit der Oberleitung war geprägt von umfassenden Experimenten. In vielen Richtungen wurden Entwicklungen getätigt. Doch teils waren diese Entwürfe zu komplex, teils als Stromzuführung zu ebener Erde zu gefährlich. Es dauerte etwa 30 Jahre, bis eine praxistaugliche Fahrleitung entwickelt war. Ihr Grundprinzip wird bis heute beibehalten.

Für erste Versuche auf der Dreiphasen-Drehstromstrecke Marienfelde–Zossen bauten sowohl AEG (oben) wie auch Siemens & Halske Versuchstriebwagen. Am 28.10.1903 fuhr der AEG-Wagen 210,2 km/h.

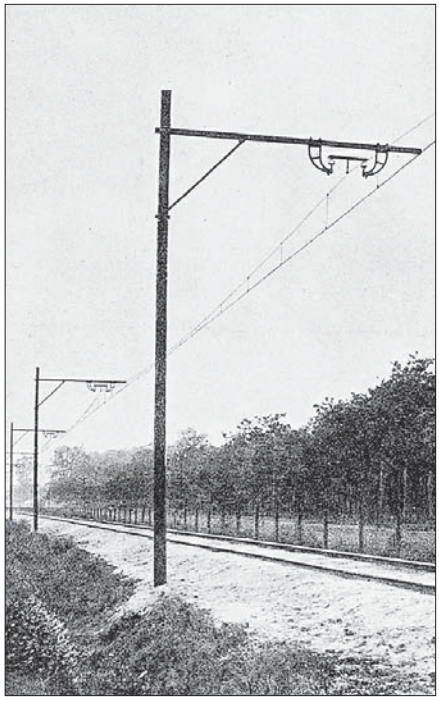
Die Entdeckung des elektrodynamischen Prinzips ermöglichte die Erzeugung elektrischer Energie in Kraftwerken und ihre Übertragung durch Starkstromleitungen. Bald wurden elektrische Motoren nicht nur für ortsfeste Anlagen, sondern auch im Verkehrswesen verwendet. Bei schienengebundenen Fahrzeugen fand der elektrische Antrieb zuerst bei Straßen-, Vorort- und Werksbahnen Eingang, später auch bei Fernbahnen.

Die Stromübertragung erfolgte durch heute noch übliche Systeme: Stromschiene und Oberleitung. Die Stromschiene ist heute bei den klassischen U-Bahnen und bei den S-Bahn-Netzen von Berlin und Hamburg Standard. Stromschienen können neben, in der Mitte oder neben und in der Mitte der Gleise verlegt sein. Trotz einfacher Bauweise auf freier Strecke konnten sich Stromschienen wegen des komplizierten Aufbaus bei Weichenstraßen und ihres schlechten Personenschutzes nicht allgemein durchsetzen.

Zuerst war die Oberleitung ein einfacher, über den Gleisen aufgehängter Fahrdraht. Als Einfach- oder tragseillose Fahrleitung bezeichnet, wird sie noch heute bei Straßenbahnen angewendet. Die Stromübertragung erfolgt durch Stromabnehmer auf den Dächern der Triebfahrzeuge.

Die Entwicklung elektrischer Vollbahnen begann in Deutschland um 1900, wobei die damaligen Länderbahnverwaltungen eigene Vorstellungen über die Ausführung und die zu verwendenden Stromsysteme entwi-

Fahrleitung Bauart AEG in Form einer Vielfachaufhängung als vertikales (rechts) und räumliches (links) Kettenwerk auf der Berliner Vorortstrecke Niederschöneweide–Spindlersfeld.



ckelten. Versuche mit Gleich-, Wechsel- und Drehstrom wurden gemacht. Bereits am 28.10.1903 erreichte bei einer Versuchsfahrt ein Drehstromtriebwagen der AEG einen Geschwindigkeitsrekord von 210,2 km/h.

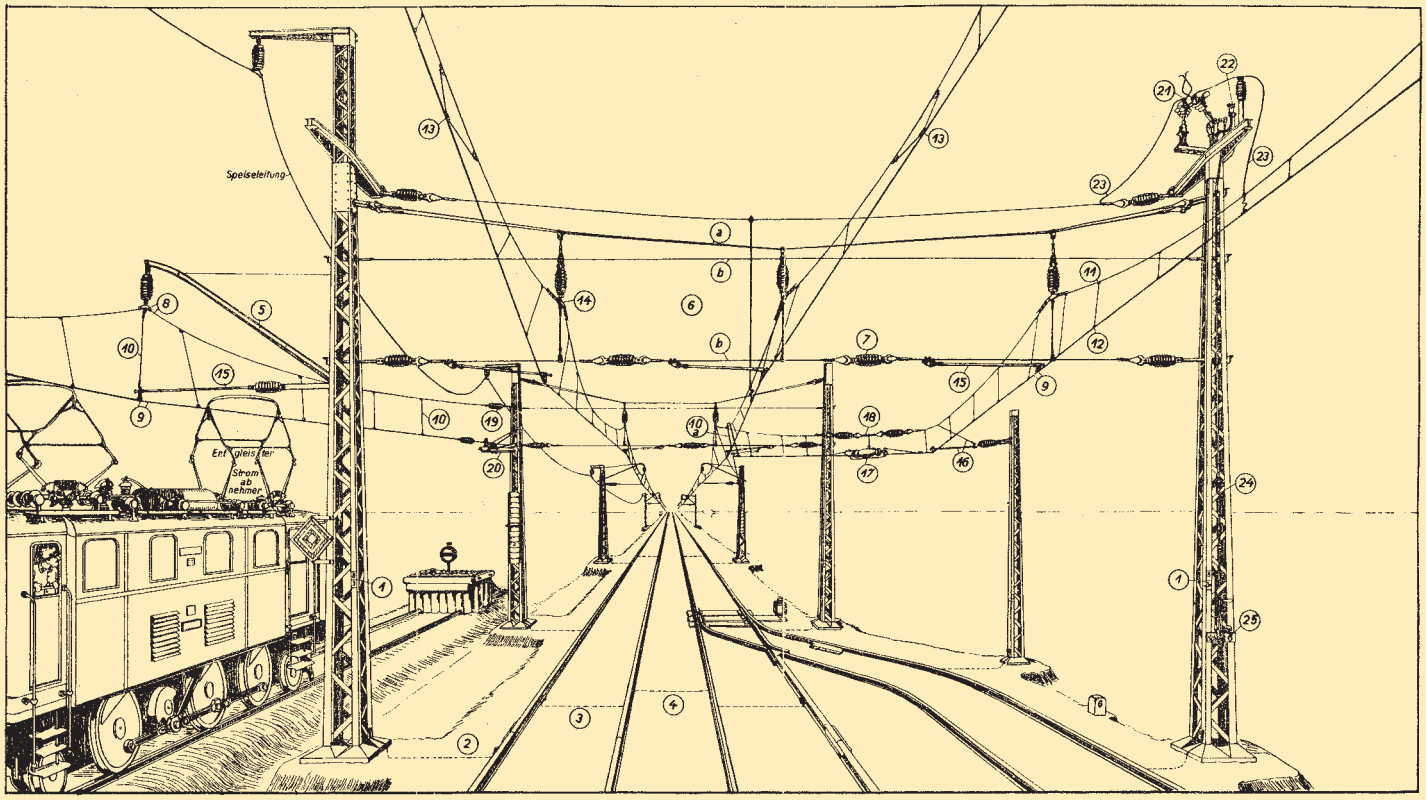
Gleichzeitig unternahm die AEG auch Versuche mit Einphasenwechselstrom 25 Hz/6 kV. Dabei wurde bereits eine Fahrleitung mit Vielfachaufhängung des Fahrdrahts an einem bzw. zwei Tragseilen (vertikales, räumliches Kettenwerk) verwendet. 1904/05 wurde von Siemens-Schuckert mit der Strecke Murnau–Oberammergau die erste Regelspurstrecke mit Einphasenwechselstrom (damals noch mit 5kV und 16 Hz) mit einer Einfachfahrleitung ausgerüstet.

Länderbahnen und Reichsbahn

Das Länderabkommen von 1912 brachte eine Vereinheitlichung der Stromsysteme auf Einphasenwechselstrom 15 kV/16 $^{2}/_{3}$ Hz und die Normung wichtiger Bauteile. Für den Bau von Oberleitungen gab es bis dahin aber kaum Erfahrungen. Die Aufträge für die Elektrifizierung einer Strecke wurden in der Regel einer oder mehreren Firmen erteilt, sodass es im Laufe der Zeit je nach Herstellerfirma und fortschreitender technischer Entwicklung verschiedene Fahrleitungsbauarten gab, was insbesondere in der Ausführung der Stützpunkte und der Isolation erkennbar wurde.

Hauptelektrifizierungsgebiete waren Schlesien, Mitteldeutschland und Süddeutschland. Aus den hier gemachten Erfahrungen ging schließlich die Einheitsfahrleitung 1928 der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft hervor: Sie hatte eine Kette aus Tragseil und Fahrdraht und wurde abgespannt. Auf ihr fußten alle Nachkriegsbauarten. Trotz einer kontinuierlichen Fortentwicklung mit immer mehr Elastizität hat sich an diesem Grundprinzip bis heute nichts geändert.

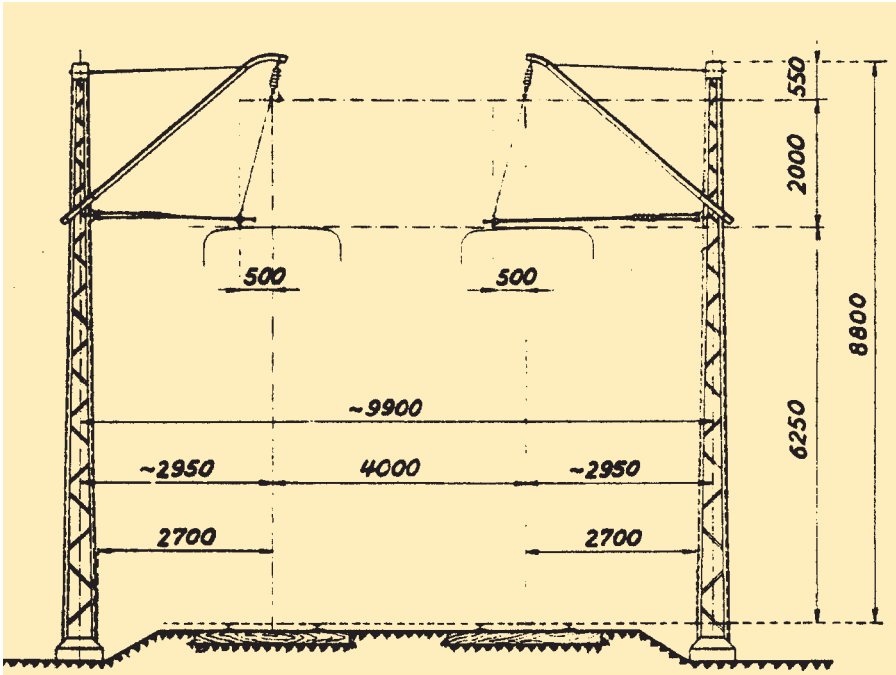
Der erste reguläre Betrieb mit 16 $^{2}/_{3}$ Hz wurde ab 1905 auf der Strecke Murnau–Oberammergau aufgenommen.



Die Regelfahrleitung der Bauart 1928

Die erste Norm

Mitte der Zwanzigerjahre kam die Entwicklung einer Fahrleitung allmählich in Gang. Zwar unterlag der Stand der Technik einem fortwährenden Wandel, doch die als sogenannte Bauart 1928 bekanntgewordene Bauausführung ist d i e typische Fahrleitung der Epoche II geworden.



Das Streckenprofil mit den Einbaumaßen der „Auslegerstützpunkte" der Einheitsfahrleitung von 1928.

Die in der Anfangszeit durch die verschiedenen Firmenbauarten entstandene Vielfalt mit teilweise sehr unterschiedlichen Bauausführungen erschwerte die Instandhaltung. Unter der Zielsetzung einer einheitlichen Bauweise mit einer Standardisierung und somit Reduzierung von Bauteilen wurde in den Jahren 1924 und 1925 erstmals eine Vorschrift für eine Einheitsfahrleitung erarbeitet, die 1926 genehmigt wurde.

Mit dieser Bauform sollte bis zu einer Geschwindigkeit von 110 km/h eine sichere Stromabnahme gewährleistet werden. Diese Vorschrift bezog sich jedoch zunächst nur auf die Ausführung des Längskettenwerks, also der eigentlichen Fahrleitung. Die Ausführung der Masten und Bahnhofsüberspannung sowie der Bauteile wie Isolatoren überließ man auch weiterhin den Lieferanten, da noch nicht genügend Erfahrungen über die beste Ausführung vorlagen.

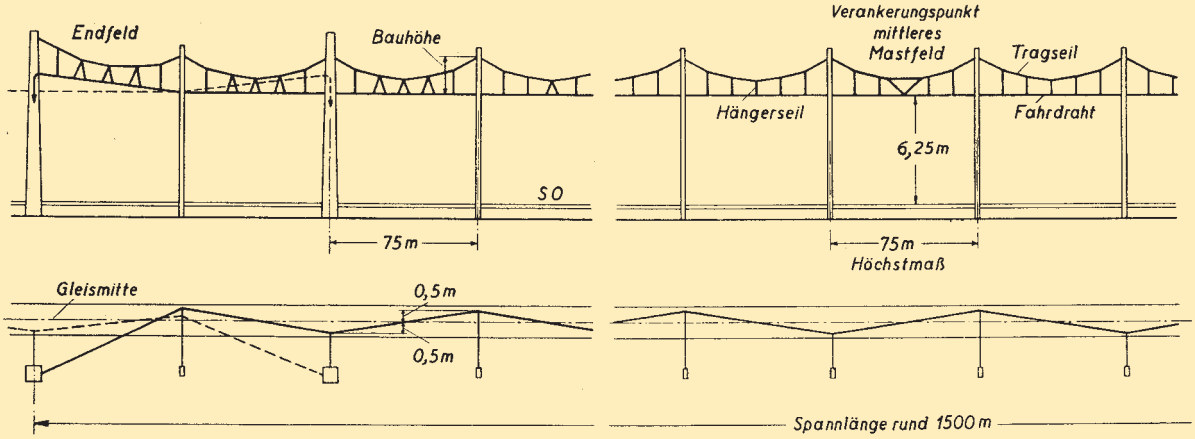
Mit der „Dienstvorschrift für die Ausführung und die Festigkeitsberechnung der Fahrleitungen für Wechselstrombahnen mit 15 kV Nennspannung" (gültig ab 15.5.1931) wurden erstmalig weitergehende verbindliche Festlegungen für die Ausführung der Oberleitung getroffen. Sie sollte für eine sichere Stromabnahme bis 120 km/h geeignet sein. Die Regelfahrdrahthöhe wurde mit 6250 mm festgelegt, die Bauhöhe des Längskettenwerks mit 1400 mm und der Zickzack mit ± 500 mm. Der Regelmastabstand betrug 75 m und die Nachspannlänge des Fahrdrahtes max.

Legende

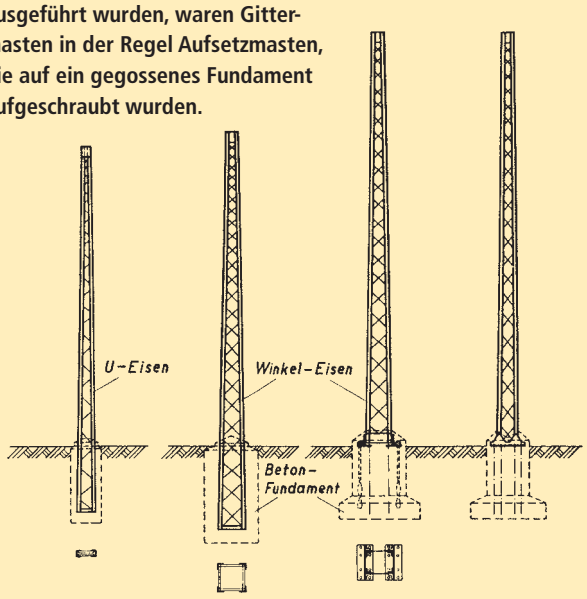
1 Mastnummer:
8 = Kilometerzahl; 3 = lfd. Mast-Nr. im Kilometer
2 Masterdung
3 Schienenverbinder
4 Gleisverbinder
5 Ausleger
6 Querseilanordnung
a = Quertragseil
b = Richtseil
7 Isolation im Richtseil
8 Tragseil mit Tragseilklemme am Stützpunkt
9 Fahrdraht mit Seitenhalterklemme
10 Hängerseil
10a Elektrische Verbindung
11 Hängerklemme am Tragseil
12 Hängerklemme am Fahrdraht
13 Verankerungspunkt des Fahrdrahtes
14 Fahrleitungsstützpunkt im Quertragwerk
15 Seitenhalter
16 Bogenabzug
17 Streckentrenner
18 Zugehörige Trennung im Tragseil
19 Tragseilabspannung
20 Fahrdrahtspanner
21 Schalter mit Erdkontakt
22 Erdungsbügel
23 Schalterleitungen
24 Schaltergestänge
25 Schalterantrieb

Das typische Streckenbild der Einheitsfahrleitung von 1928 mit Gittermasten und einfachen Seitenhaltern, an denen der Fahrdraht direkt befestigt wurde. Die Streckenmasten wurden als Einsetzmasten im Betonfundament vergossen. *Foto: Slg. Rampp*

Die Prinzipskizze zeigt den generellen Aufbau der Fahrleitung Bauart 1928. Beim Längskettenwerk wurde nur der Fahrdraht an beiden Enden durch Gewichte abgespannt. Den Festpunkt bildete in der Mitte einer Spannlänge eine V-förmige Verbindung zum Tragseil.



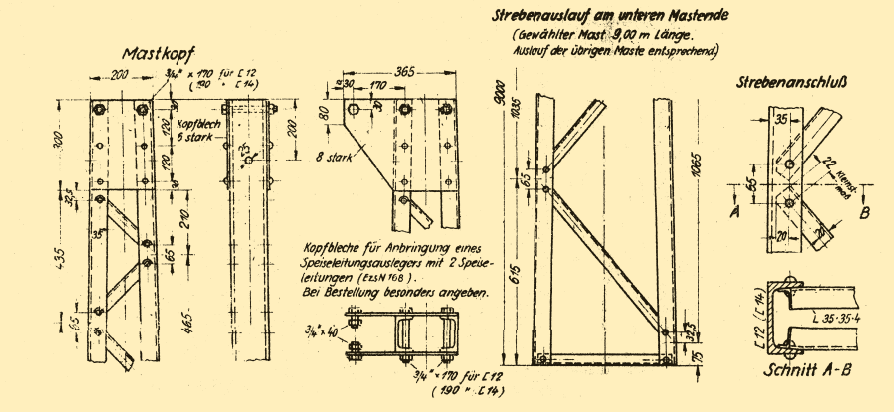
Während die Streckenmasten ausschließlich als Einsetzmasten ausgeführt wurden, waren Gittermasten in der Regel Aufsetzmasten, die auf ein gegossenes Fundament aufgeschraubt wurden.



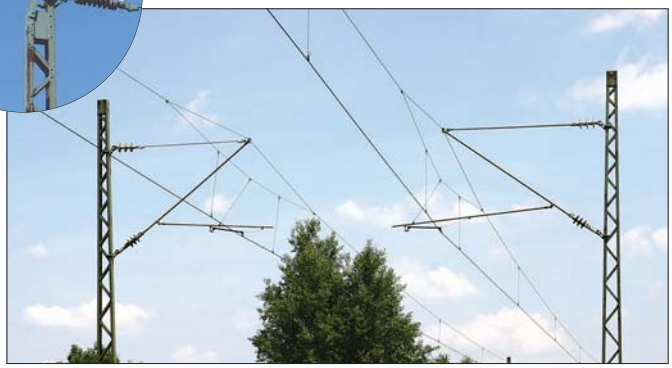
Unten: Bei der Elektrifizierung der Strecke Nürnberg–Saalfeld kam um 1939 erstmalig planmäßig das Y-Beiseil in Verbindung mit angelenkten Seitenhaltern zum Einsatz.

Für die Aussteifung der Gittermasten sorgte anfangs noch ein im Zickzack gefaltetes und vernietetes Flacheisen.

Später übernahmen diese Funktion im Zickzack angeordnete Winkeleisen, die an den Schenkeln der U-Profile vernietet wurden.



In der Nachkriegszeit wurden Y-Beiseil und angelenkte Seitenhalter auf den Hauptstrecken auch an allen alten Mastentypen unter Beibehaltung des Schrägauslegers nachgerüstet. Dazu gehörten auch die sogenannten eisensparenden Masten (Detail im Kreis).



Häufig wurde aber gleich auf nachgespanntes Tragseil umgerüstet, was bei Verwendung der alten Masten den Austausch der Schrägausleger durch Rohrschwenkausleger erforderlich machte.

1500 m. Bei dieser Bauweise war vorgesehen, das Tragseil fest zu verankern und den Fahrdraht beidseitig durch Gewichte oder Hebelspannwerke nachzuspannen.

Als Fahrleitungsstreckenmasten kamen überwiegend Gittermaste mit Schrägauslegern zum Einsatz, die in der Regel als Einsetzmaste verwendet wurden, d.h., sie wurden direkt im Betonfundament vergossen. Der Schrägausleger bestand aus zwei am oberen Ende abgebogenen Winkeleisen 40 x 60 x 7 mm. Standardmäßig gab es vier verschiedene Längen. Die häufig sehr unterschiedliche Einbausituation führte in der Praxis jedoch zu einer Vielzahl von Varianten, die die Montagearbeiten bei Neuelektrifizierungen sehr erschwerten, da die Ausleger für jede Einbausituation einzeln angefertigt werden mussten.

Der Regelabstand der Masten von Gleismitte bis Mastvorderkante betrug 2700 mm, der Mindestabstand betrug wie bei Signalen 2200 mm.

Varianten und Umbauten

In dieser Zeit entstanden verschiedene Mastbauarten, von denen sich viele noch bis in die heutigen Tage gehalten haben. Die Gittermasten bestanden in der Regel aus zwei gegenüberliegenden, 120 mm breiten warmgewalzten U-Eisen. Sie wurden anfangs durch ein im Zickzack verlaufendes Flacheisen (45 x 13 mm bei geraden Strecken und 50 x 15 mm im Gleisbogen) verbunden, das an der Breitseite der U-Profile vernietet wurde. Daraus entstand eine eisensparende Variante, deren Mast etwas niedriger baute und bei dem das dem Gleis zugewandte U-Profil auf die erforderliche Höhe verlängert und durch zwei Winkeleisen stabilisiert wurde. Später kamen statt des Zickzack-Flacheisens Winkelprofile mit 35 mm Schenkellänge zum Einsatz, die im Zickzack angeordnet am Schenkel des U-Profils vernietet wurden.

Betonmasten sind keinesfalls ein alleiniges Charakteristikum moderner Bauarten. Sie wurden auch schon bei der Regelbauart 1928 verwendet. Sie sind noch heute abschnittsweise auf der 1939 elektrifizierten Strecke von Nürnberg nach Saalfeld zu finden.

Auch das Y-Beiseil entstand in dieser Zeit. Nach ersten Versuchen ab 1935 wurde es im Zusammenhang mit dem festen Tragseil zur Korrektur der Höhenlage des Fahrdrahtes bei Tem-