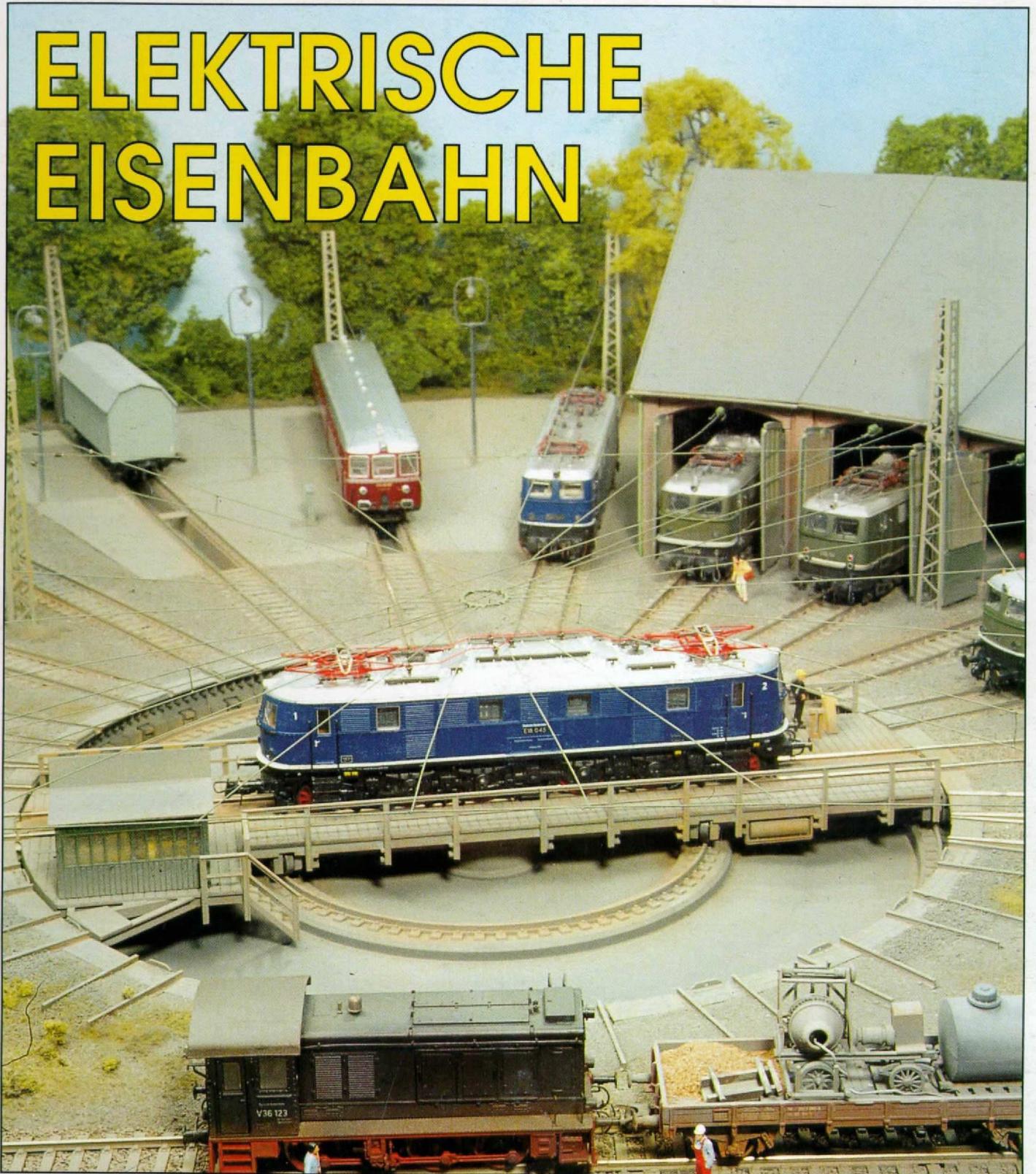


SPEZIAL

ELEKTRISCHE EISENBAHN



VORBILD + MODELL: ELLOKANTRIEBE ● GRUNDLAGEN ●
OBERLEITUNG: THEORIE + SELBSTBAU ● HISTORISCHES

Wenn ich mich als Leser betrachte, dann sind Vorworte, Einleitungen oder Editorials für die Katz geschrieben. *Zur Sache*, nein Danke! Ich gehe lieber gleich zu den Sachen selbst. Meine Tätigkeit verpflichtet mich dummerweise dazu, als Nicht-Editorialleser jedesmal ein solches abzuliefern – eine tragische Situation.

Tragisch deshalb, weil wir MIBA-Spezial-Redakteure nur das bringen wollen, womit wir selber vertraut sind und was wir als praktische Modellbahner noch bewältigen können. Uns in die Modellbahnerbedürfnisse und -interessen einzufühlen, darin besteht unser Ehrgeiz. Kann sich einer, der (fast) nie Editorials liest, in die Editorialleser einfühlen? Gibt es die überhaupt? Und wenn, gibt es solche mit Begeisterung für Vorweg-Gedanken?

Dennoch gestehe ich, daß ich die Rubrik *Zur Sache* immer gerne fülle. Diese reizvolle Aufgabe besteht darin, ein Heft einzuleiten, ohne seinen Inhalt vorwegzunehmen. Dennoch soll ein Bezug zu den folgenden Seiten mit den verschiedensten Themen hergestellt werden. Ich erlaube mir auch, immer wieder ganz global zur Modellbahn und den Modellbahnern Stellung zu nehmen.

„Liest mich wer?“ – Das könnte jedes MIBA-Spezial-Editorial fragen, denn die Leserresonanz bewegt sich hier bisher bei Null. Also liebe Leser und möglicherweise Leserinnen, nehmen Sie diese Rubrik wahr (*gelegentlich, oft, immer* – Zutreffendes unterstreichen)? Aber wir wollen Ihre Meinung nicht als Fragebogenantwort, sondern als Leserschrift. Dabei könnten wir mehr über Ihre Interessen und Wünsche erfahren. Wir gehen also davon aus, daß doch irgendwer diese Rubrik liest, und erwarten dessen persönliche Resonanz.

Bertold Langer

LIEST MICH WER?



Horst Eckert



Lutz Kuhl

▲ **Elektrische Eisenbahn.**

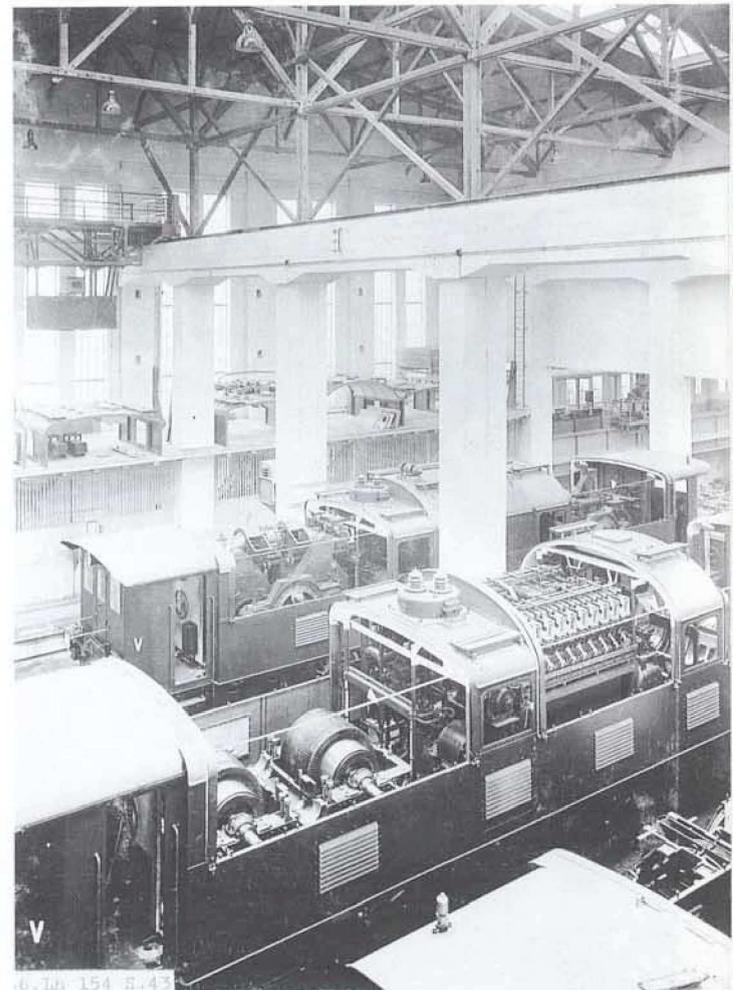
Als wichtigste Traktionsart ist sie aus dem modernen Bahnbetrieb nicht mehr wegzudenken. Eine Annäherung an das Thema von Bertold Langer. Seite 6.

Gemeinsamkeiten und Unterschiede.

Oberleitungsbau ist beim Vorbild und im Modell häufig eine ausgesprochene Filigranarbeit. Wir geben Ihnen Informationen

▼ **und Anregungen zum Nachbau. Seite 28.**

Lutz Kuhl



Siemens-Museum

▲ **Ellok-Antriebe.**

Wie sieht es eigentlich im Innern von elektrischen Lokomotiven aus? Diese Frage beantwortet Bernd Zöllner. Seite 40.



MIBA

SPEZIAL

DER INHALT VON HEFT 16:

ZUR SACHE

Liest mich wer? 3

GRUNDLAGEN

Elektrische Eisenbahn 6

MODELLBAHN-GESCHICHTE

Geschrieben... gelesen...
realisiert 12

BILDSEITE

Aus dem Siemens-Museum 18
Krumpendorf unter Draht 22

VORBILD + MODELL

Gemeinsamkeiten und
Unterschiede: Oberleitung
als Vorbild fürs Modell 28
Annäherung an eine
frühe Gellebte 74

VORBILD

Ellok-Antriebe 40
Tragseilarm oder nur
ganz einfach 63

MODELLBAHN-TECHNIK

Opjemaat un rinjeluurt:
Stangenelloks im Modell 50

NACHFRAGE

Modellbahn für Spezialisten 54
Wettbewerb
Hoch-Leyningen 55

SELBSTBAU-PRAXIS

Hoch-Leyningen elektrisiert 56
Spinne im Eigenbau 67

MODELLBAHN-FAHRZEUGE

Die zwei H0-Modelle
der E 18 78

spezial MAGAZIN

Bücherbrett: Fast alles
über die Oberleitung 90
Wünsch dir was! 92

VORSCHAU 101

IMPRESSUM 101

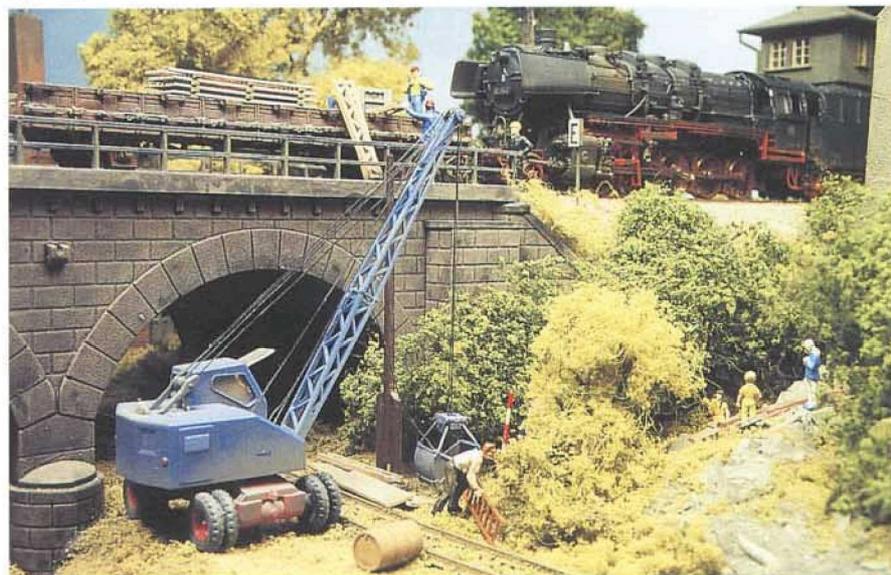
▲ **Hoch-Leyningen elektrisiert.**
Über die Fortschritte beim Bau
ihres Kleinbahn-Dioramas
berichten Bertold Langer und
Lutz Kuhl. Seite 56.

Titel.

Zwei Themen auf einen Blick.
Über ihre Spinne im Eigenbau
berichten Uwe Kempkens und
Rolf Knipper. Seite 67.
Bernd Zöllner betrachtete
dagegen einen Ellok-Klassiker:
Die zwei H0-Modelle der E 18.
Seite 84.

Krumpendorf unter Draht.
Die Bauschritte zur Elektrifi-
zierung einer vielbefahrenen
Eisenbahnstrecke hat Rolf
Knipper auf seinem Diorama
nachgestellt. Seite 22. ►

Rolf Knipper



Hoher Wirkungsgrad bei der Anwendung, Sauberkeit und – bei ausreichender energietechnischer Infrastruktur – ständige Verfügbarkeit: Das sind die Vorteile der elektrischen Energie. Ohne Einschränkungen gelten diese Pluspunkte, wenn man nur den *Energieverbraucher* betrachtet. Bleiben wir bei ihm, also beim elektrischen Triebfahrzeug.

Im Gegensatz zur Dampflok verbraucht die Ellok nur dann Energie, wenn sie wirklich arbeitet: kein Anheizen, kein Weiterheizen bergab oder in Betriebspausen. Tender oder Tanks benötigt sie nicht, was ihr Betriebsgewicht auf das der eigentlichen Maschine beschränkt. Auch schlägt zeitlich zu Buche, daß sie keine Vorräte an Bord nehmen muß, von ihrer Wartungsfreundlichkeit ganz zu schweigen.

Während die herkömmliche Dampflok die hin- und hergehende Bewegung der Kolben in die Drehung der Antriebsräder umwandeln muß, erzeugt der Elektromotor von vornherein eine kreisförmige Bewegung. Außerdem sind Elektromotoren generell kurzzeitig stark überlastbar, und sie passen sich den gerade im Bahnbetrieb vorkommenden höchst unterschiedlichen Belastungen hervorragend an. Ein weiterer Vorteil, der seit der Entwicklung elektronischer Technik immer besser genutzt werden kann: Steuerung und Regelkreise sind direkt ins elektrische System integrierbar; sie sorgen für

ELEKTRISCHE EISENBAHN

Unser langsam zu Ende gehendes Jahrhundert hat unter anderen technischen Errungenschaften die Entwicklung der elektrischen Zugförderung gesehen. Das zwanzigste Jahrhundert brachte uns aber auch die elektrische Spiel- und Modellbahn. Beides verbindet sich mit dem Begriff *elektrische Eisenbahn*.

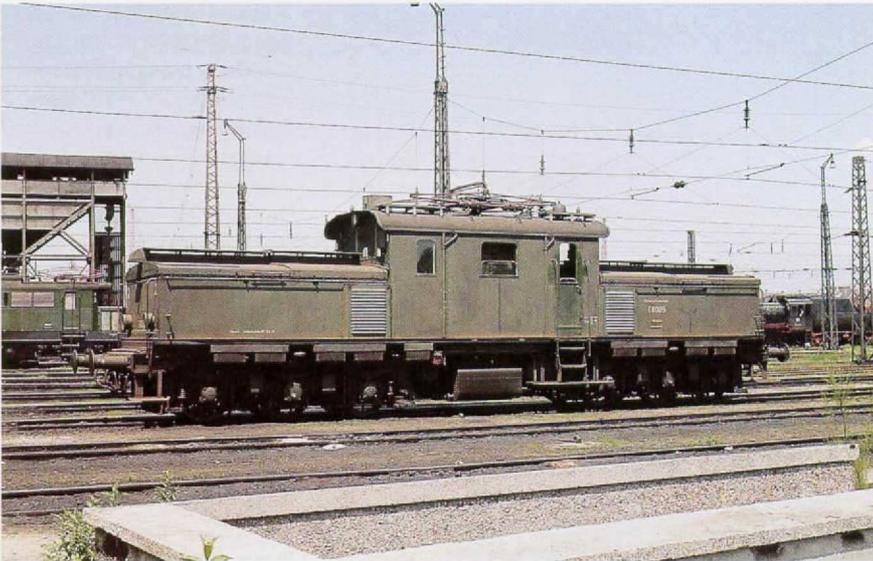


Horst Eckert

▲ Die E 44 001 von 1929 war der Prototyp für die erste in großer Serie gebaute deutsche Ellok mit Tatzlager-Einzelachsenantrieb. Außerdem erprobte man an ihr die Schweißtechnik. Sie zeigt sich hier auf der Drehscheibe in Garmisch-Partenkirchen.



◀ ET 90 01 und 03 im Bahnhof Königssee. 1949/50 waren sie aus Münchner Vororttriebwagen ET 85 umgebaut worden: kleinere Untersetzung für die steigungsreiche Strecke Berchtesgaden-Königssee.



Horst Eckert

◀ Von 1930 stammen die E 80 01 bis E 80 05 für Münchner Bahnhöfe, wo sie sowohl im Oberleitungsbetrieb als auch mit Akkus rangieren konnten. Sie hatten vier Gleichstrom-Fahrmotoren, Achsfolge (A 1 A)' (A 1 A)'; Quecksilberdampf-Gleichrichter. E 80 001 erhielt 1938 einen Selen- und 1956/57 einen Silizium-Gleichrichter, womit sie Pionierdienste für die Mehrstrom-Lokomotiven der DB leistete. Die E 80 005 wurde bereits 1958 ausgemustert, während sich die Versuchslok bis 1961 halten konnte.



▲ E 32 34 auf der südbadischen Wiesentalbahn in Schopfheim. 1924 wurde sie als leichte Personenzuglok gebaut. Sie hatte einen recht kleinen Tandemmotor mit Vorgelege, Treibstange und Kuppelstange; Achsfolge 1'C 1'. Im Hintergrund ein Quertragwerk für die Oberleitung in Portalform. Die Wiesen- und Wehrtalbahn ist seit 1913 elektrifiziert.

Sicherheit, für Pünktlichkeit und für Energieersparnis. So genügt z.B. beim elektrischen Wendezug ein Steuerkabel, daß die Steuerung der Lok vom Steuerwagen aus anspricht. Beim Dampf-Wendezugbetrieb hingegen mußte am Regler der Dampflok ein Elektromotor angebaut werden, sozusagen als „Schnittstelle“ zwischen der elektrischer Steuerung und dem System Dampfmaschine.

Schattenseiten der Elektrizität

- Ein gewichtiger Nachteil der elektrischen Energie besteht darin, daß sie in den bahntypischen Leistungsdimensionen und mit der herkömmlichen Technologie kaum gespeichert werden kann. Pumpspeicherwerke, bei denen nachts mit überschüssiger

119 012 und 110 004, eine der fünf Vorseerienloks der Baureihe E10.1/110.

Beide präsentieren sich auf der Stammstrecke der E 19 Nürnberg-Frankenwaldrampe, Oberfranken, im April 1968. ▶



Horst Eckert



Dipl.-Ing. Herbert Stemmler

Elektrizität Wasser in einen Speichersee gepumpt wird, um es bei Energiebedarf wieder über die Turbinen laufen zu lassen, blieben und bleiben die Ausnahme. Und seitdem sich die Wechselstromtechnik wegen ihrer zahlreichen Vorteile durchgesetzt hat, schieden Akkumulatoren als Speicher elektrischer Energie aus. Früher gehörten zum Straßenbahnbetrieb Pufferbatterien, die nachts vom örtlichen Dampfkraftwerk – daß ja sowieso den ganzen Tag laufen mußte – geladen wurden.

- Jedes Bahnstromsystem benötigt zweierlei Leitungen, in denen die Energie zum Fahrzeug gelangt: die Leitungen der *Bahnstromversorgung* vom Kraft-, Umspann- oder Umformerwerk und die eigentliche *Fahrleitung*, also die Oberleitung über oder die Stromschiene neben den Gleisen.
- Weiterhin müssen Kraftwerke immer betrieben werden, um auch auf der Grundlaststufe die Versorgung zu gewährleisten. *Motor an – Motor aus* wie beim Kraftfahrzeug oder bei der Diesellok ist hier nicht möglich.

Strom ist nicht gleich Strom

15 000 Volt, 16⅔ Hertz, das sind die elektrischen Grunddaten für die deutsche Oberleitung. Sie wurden schon vor dem ersten Weltkrieg festgelegt, und vorteilhafter Weise haben sich damals die nächsten Nachbarn Österreich und Schweiz dieser Norm angeschlossen. Die 15 000 Volt waren wohl auf den Stand der Isoliertechnik zurückzuführen. Daß man sich auf ein Drittel der Frequenz des übrigen Stromnetzes einigte, lag am

Die elektrische Eisenbahn begann mit dem (Straßenbahn-) Triebwagen. Aber erst recht spät gelang es, beim Wechselstrom-Triebwagen die Elektrik aus dem Wagenkasten zu verbannen. Beim ET 65 (465) für den Stuttgarter Vorortverkehr von 1933 waren einige Aggregate noch in einem „Abteil“ von 1 m² Grundfläche untergebracht. Als Mittelwagen zwischen Trieb- und Steuerwagen dienten zunächst zwei kurzgekuppelte Württemberger, die Anfang der Sechziger durch je einen vierachsigen Umbauwagen ersetzt wurden. Zu dieser Zeit wurden auch die Frontseiten modernisiert. ▶



Dipl.-Ing. Herbert Stemmler

◀ Auf der Geislinger Steige. Die E 93 (193), Achsfolge Co'Co', Tatzlagerantrieb, erstes Baujahr 1933, waren hier im Nachschiebedienst eingesetzt. Um den Betriebshalt nach Ende des Nachschiebens überflüssig zu machen, erhielten die Schiebeloks vom Führerstand aus fernbedienbare Kupplungsösen. Bergwärts fährt eine E 41 (141). Diese Baureihe für den leichteren Dienst und 120 km/h Höchstgeschwindigkeit wurde von 1956 bis 1970 produziert. Gummiringfederantrieb, der zum Standard beim Neubauprogramm der DB wurde.



Dipl.-Ing. Herbert Stemmler

◀ E 44 im Wiesental. Diese Baureihe kam ab 1933 zur DRG und war für leichteren gemischten Betrieb bestimmt, wofür damals eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h ausreichte.

Stand der Motorentechnik. Ganz entscheidend war die Wahl des Wechselstroms, der sich im Gegensatz zum Gleichstrom transformieren läßt. Dazu eine Faustregel: je größer die Spannung, desto dünner die Drähte, und zwar für den Transport der gleichen Energiemenge. Hochgespannte Energie hat zudem geringere Übertragungsverluste. Jeder Eisenbahnfreund kennt den optischen Unterschied unserer Oberleitungen und etwa der mit 3000 Volt Gleichstrom gespeisten italienischen: Wir haben

die „dünnen Drähte“. Außerdem befinden sich die Einspeisepunkte bei uns in weit größerem Abstand.

Es siegt der Wechselstrom

Unser Bahnstrom kommt aus bahn-eigenen Kraftwerken. Wo nicht, muß zwischen Überlandnetz und Bahnstromnetz ein Umformerwerk geschaltet sein. Es wandelt die 50-Hertz-Frequenz in 16⅔ Hertz. Weit weniger Aufwand haben z. B. Franzosen, Engländer oder Portugiesen,

die nach dem Krieg mit 50 Hertz elektrifizierten. Zu diesem Zeitpunkt war die Antriebstechnik schon so weit, daß man Lokomotiven mit dieser Frequenz betreiben konnte.

Beim neuesten Stand der Elektrotechnik spielt die zugeführte Frequenz ohnehin keine prinzipielle Rolle mehr: Die in moderne Loks eingebaute Leistungselektronik erzeugt sowieso Drehstrom, der sich für Elektroantriebe am besten eignet. Die Baureihe 120 und der ICE sind Beispiele dafür.

Nebenbei bemerkt: Schon am Anfang dieses Jahrhunderts hatte man sich die Vorteile des Drehstroms zunutze gemacht. Die damals jedoch noch nicht genügende Steuertechnik und eine mindestens zweiphasige Oberleitung stellten sich als um so größere Nachteile heraus.

Ob ein- oder mehrphasig: Der Wechselstrom hat im Bahnbetrieb gesiegt. Übrigens erkennt man Bahnstromleitungen in Deutschland daran, daß sie in der Regel aus vier Seilen plus Blitzschutz-Erdungsseil bestehen. Die Drehstromleitungen des Überlandnetzes weisen immer eine durch drei teilbare Anzahl von Seilen auf. Auch hier kommt das an höchster Stelle geführte Erdseil hinzu.



Dipl.-Ing. Herbert Stemmler

◀ ET 56 (456) bei Tübingen. Es handelt sich um die erste Triebwagen-Neuentwicklung der DB aus dem Jahr 1952. Die elektrische Ausrüstung der für den Städteverkehr gebauten dreiteiligen Garnituren stammte zum Teil aus kriegsbeschädigten DRG-Triebwagen.

Der Wagenkasten ist als geschweißte Röhre ausgebildet, selbsttragend: Er braucht kein eigenes Untergestell. Gesamtachsfolge: Bo'2'+ 2'2'+ 2'Bo'. Die beiden äußeren Drehgestelle des Zugs sind also mit Einzelachsantrieben – Tatzlager – ausgerüstet. Die gesamte elektrische Ausrüstung wurde außerhalb des Wagenkastens untergebracht. Höchstgeschwindigkeit: zunächst 90 km/h, dann 110 km/h.

Triebfahrzeug-Technik

Zwischen der ersten mit galvanischen Elementen betriebenen „Elektrolok“ aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts und dem ICE liegt ein langer Weg. Von einer elektrischen Eisenbahn konnte man erst sprechen, als das dynamo-elektrische Prinzip entdeckt war. Interessanter Weise ähnelte der Antrieb der ersten mit Dynamostrom betriebenen „Ellok“ von Siemens dem von modernen Modell-Elloks: Motorachse in der Längsachse des Fahrzeugs, Umlenkung per Winkelgetriebe auf die Radachsen. Außerdem verwendete Siemens auch noch das Mittelleiter-Stromzuführungssystem, das sich später dann die Hersteller von Spielzeugsisenbahnen zunutzemachten.

Gleich zu Beginn der Entwicklung gabelte sich der Weg. Während man bei der langsamen und schwachen Straßenbahn Einzelachsantrieb mit kleinen Tatzlagermotoren wählte, zog man bei „Vollbahn-Lokomotiven“, wie man damals sagte, große Einzelmotoren vor. Die Kraftübertragung erfolgte über Stangen. Dies bedeutete jedoch einen entwicklungsbedingten Umweg, der gerade einen großen Vorteil des Elektroantriebs ausschaltete: auf kleinem Raum viel Energie umsetzen zu können.

Beim Einzelachsantrieb durch kleine Hochleistungsmotoren ergab sich das Problem, den stoßempfindlichen Elektromotor von den vertikalen Achsbewegungen mechanisch abzukoppeln. Dies erreichte man zunächst durch aufwendige Metall-Mechanik – etwa beim Buchli-Antrieb – und schließlich durch den Einsatz von Gummielementen, was die Sache wesentlich vereinfachte. Selbstverständlich mußte ein hochbelastbarer technischer Gummi erst entwickelt sein.

Bereits in den Achtzigern machte man Versuche mit einer geschwindigkeitsabhängigen Zuordnung des Antriebs entweder zum Drehgestell (langsam) oder zum Fahrzeugrahmen (schnell). Beim ICE mit seinen Gummigelenk-Kardantrieben ging man von diesem *UmAn*-Konzept wieder ab und läßt die Antriebslast immer zu zwei Dritteln vom Fahrzeugrahmen tragen. Die Motoren liegen nun möglichst nahe bei der Drehgestellmitte. Mit dem Tatzlagerantrieb, dem Veteran des Einzelachsantriebs, hat dies kaum noch etwas zu tun.



Dipl.-Ing. Herbert Stemmler

▲ So mögen es die Modellbahner. Mischbetrieb in Epoche 3.

Die Hunderter-Ordnungsnummer weist die E 17 als eine ehemals schlesische Lok aus. Erstes Baujahr der Reihe E 17: 1928; Achsfolge 1'Do 1', Einzelachsantrieb durch vier hochliegende Doppelmotoren, Federköpfe in den Antriebsrädern wie später auch bei E 18 und E 19.

Von der Elektrik zur Elektronik

Elloks für hochgespannten Wechselstrom müssen diesen auf motorverträgliche Werte heruntertransformieren. Weiterhin muß die Spannung einstellbar sein. Hierfür sorgt die Steuerung. Bei der Straßenbahn und vergleichbaren Gleichstrombahnen benutzte man dafür einen „Kontroller“, einen elektromechanischen Stufenschalter; mit ihm werden Widerstände zum Anfahren und möglicherweise auch zum elektrischen Bremsen angewählt. Sie „verbraten“ eine Menge Energie. Anders bei der Wechselstrom-Technik: Hier schaltet die Steuerung die verschiedenen Anzapfungen der Trafowicklung. Einfache Kontakte genügen für große Ströme nicht mehr. Deshalb kommen elektropneumatische Schalter zum Einsatz, die z.B. bei der 141 ein schußähnliches Geräusch hervorrufen.

Schalten erzeugt Funken und damit Verschleiß, ein gewichtiger Grund, sich bei Neuentwicklungen dem schalterlosen elektronischen Schalten, Stellen und Regeln zuzuwenden. Die neueste Technik kommt, wie schon gesagt, auf den Drehstrom-

motor zurück, bei dem die zeitlich versetzten Phasen das Drehfeld erzeugen. Ein verschleißender Kommutator (Kollektor) ist hier nicht mehr nötig. Die Einstellung der Motordrehzahl erfolgt durch variable Spannung und Frequenz, geliefert von einem elektronischen Drehstromgenerator. Davor ist ein Siliziumgleichrichter angeordnet, der seine Energie aus dem Transformator bezieht. Mit dieser Technik ist auch das elektrodynamische Bremsen wesentlich verbessert worden.

Die Straßenbahn nutzt es schon seit Jahrzehnten, allerdings mit dem Nachteil, daß der als Generator geschaltete Fahrmotor die Bremsenergie in Widerständen vernichtet. Die dabei entstehende Wärme kann nur bei kaltem Wetter als Wagenheizung genutzt werden. Die Rückspeisung der beim Bremsen erzeugten Elektrizität in die Oberleitung scheiterte in den meisten Fällen an den dadurch bewirkten Überspannungen. Durch die Elektronik bei der Drehstromtechnik wurde auch die Nutzbarmachung der Bremsenergie auf eine prinzipiell höhere Stufe gehoben.

Versuche mit Stromwandler-Lokomotiven – Wechselstrom zu Dreh-