

Druckschrift Nr.
D VK 70900 D

Von G. Zölle



Neue EH-Lokomotiven mit Drehstromantriebstechnik

Thyssen Henschel baute die derzeit stärksten Lokomotiven des Gemeinschaftsbetriebes

Neue Industrielokomotiven sind heute — im allgemeinen gesehen — nichts besonderes, wenn man von den Leistungsdaten, Motor- und Getriebebauarten, der angewandten Steuerungstechnik usw. absieht. Äußerlich unterscheiden sie sich nur wenig von den vorhandenen Lokomotiven, die gerade aus der Hauptuntersuchung kommen, einen neuen Anstrich tragen und vielleicht schon 10 oder gar 20 „Dienstjahre“ gedient haben.

Bei den sechs im Jahre 1975 bei Thyssen Henschel für EH bestellten Zweikraftlokomotiven EDE 1000/500 mit BBC-Drehstromantriebstechnik trifft dies jedoch nicht zu. Auch hier ist zunächst gesehen das Äußere der Lokomotive ohne große Abweichungen von anderen, vergleichbar großen und schweren Lokomotiven zu sehen. Das Neue und Interessante dieser Lokomotiven ist von außen nicht zu erkennen, denn neu ist hier der elektrische Antrieb mit Drehstrom-Asynchron-Fahrmotoren und deren Steuerung.

Im folgenden werden die Gründe genannt, die zur Wahl der BBC-Drehstromantriebstechnik für die neuen Lokomotiven führten, darüber hinaus die Lokomotive mit der Drehstromantriebstechnik für elektrischen und dieselektrischen Betrieb vorgestellt und beschrieben.

Von den z. Z. vorhandenen 106 elektrischen Lokomotiven des Gemeinschaftsbetriebes, die wegen der teilweise nicht mit elektrischer Fahrleitung überspannten Gleise in Hallenbereichen und unter den Hochöfen sowie auf weniger frequentierten Strecken alle mit einer zweiten Energiequelle (el. Fahrbatterie oder dieselektrisches Aggregat) ausgerüstet sind, haben fast alle 78 vierachsigen Elloks eine Antriebsleistung von $4 \times 150 \text{ kW} = 600 \text{ kW} = 800 \text{ PS}$, 67 Lokomotiven mit einem Dienstgewicht von ca. 80 t, 11 mit einem mittleren Diestgewicht von ca. 75 t. Mit diesen Lokomotiven wird der Hauptteil des Verkehrsaufkommens im elektrifizierten Teil des Gleisnetzes, also insbesondere die Fahrten von den Zechen und Werken zur Übergabestelle der Bundesbahn und auch im rein innerbetrieblichen Verkehr bewältigt.

Die maximale Belastbarkeit des mit 600 Volt Nennspannung betriebenen Fahrleitungsnetzes beträgt 2000 bis 2100 A pro Speisestelle.

Fast alle bisher vorhandenen el. Lokomotiven haben einheitlich 150-kW-Fahrmotoren und sind — eine umgebaute 80 t-schwere 4achs. Lok mit Thyristoranschnittsteuerung ausgenommen — mit Schützensteuerung oder einfacher Schaltwerksteuerung ausgerüstet. Schleuder- bzw. Gleitschutzregelung ist nicht vorhanden. Somit ist die Problemstellung beim Anfahren schwerer Züge gleichzeitig mit der maximal möglichen Netzbelastung in Ballungsgebieten des Streckennetzes gegeben. Die vorhandenen 80 t schweren Lokomotiven müssen Zuggewichte bis ca. 3000 t bewegen können, was in Verbindung mit engen Gleisradien und Steigungen bis

1:100 Anfahrstrombelastungen von 1500 bis 1600 A ergibt. Hier sind der konventionellen Gleichstromtechnik mit Anfahrwiderständen bei niedriger Fahrdratspannung Grenzen gesetzt, die nur durch andere Steuerungsarten und evtl. stärker belastbare Fahrmotoren überschritten werden können. Die von den Firmen BBC und Henschel gemeinsam entwickelten und in den Jahren 1971–1974 gebauten drei Prototyplokomotiven DE 2500 mit dieselektrischem Antrieb und angewandter neuer Drehstromtechnik mit Asynchronfahrmotoren waren der Ausgangspunkt für die Überlegungen von EH, für künftig zu beschaffende schwere elektrische Lokomotiven die Drehstromtechnik zu wählen.

Mit der blauen Henschel-BBC-DE 2500, DB-Nr. 202 004-8 wurden Ende September 1974 auf dem EH-Gleisnetz Versuchsfahrten durchgeführt, die die Überlegenheit des neuen Drehstromantriebes gegenüber der bisherigen Technik sowohl auf der elektrischen als auch auf der dieselhydraulischen Seite beweisen sollten. Hierüber wurde ausführlich im Heft 1/1975 berichtet.

Das Ergebnis dieser Versuche war optimal:

Die Anfahrten mit einem 3500 t schweren und 550 m langen Zug sowohl im Bereich einer größten Steigung mit etwa 1:100 Neigung und dabei vorhandenen Gleisbögen von 220 bis 250 m Radius, als auch im reinen Kreuzungsweichenbereich, verliefen trotz auf einer Länge von ca. 3 m geölten Schienen einwandfrei. Diese Versuche überzeugten so, daß ein weiteres Interesse an der neuen Technik bei EH geweckt wurde.



Bild 1: Gesamtansicht (Dieselseite) der neuen EH-Lok



Bild 2: Elektrische Seite der Zweikraftlokomotive EDE 1000/500

Da bei EH jede elektrische Lokomotive als Zweikraftlokomotive hergerichtet sein muß und die Traktionsbatterie als zweite Kraftquelle wegen ihrer aufwendigen Wartung, der hohen Anschaffungskosten, des großen Platzbedarfes und wegen des trotzdem geringen Aktionsradius ausschied, kam für die zweite Energiequelle nur ein dieselelektrisches Aggregat mit einem bei EH schon zahlreich vorhandenen Dieselmotor, Bauart Thyssen-Henschel, mit einem durch eine elastische Kupplung verbundenen Drehstromgenerator in Frage.

Die Hauptdaten der neuen elektrischen Industrie-Lokomotive mit Drehstromantriebstechnik sind:

Elektrische Zweikraft-Industrielokomotive

Dienstgewicht	100 t
Achsanordnung	B'B'
Achslast	25 t
Anfahrzugkraft	33 t dauernd
Höchstgeschwindigkeit	max. 50 km/h
Länge über Puffer	15000 mm
Drehzapfenabstand	7200 mm
Drehgestellachsstand	2800 mm
Treibraddurchmesser	
neu	1100 mm
Einsatzleistung	4 x 250 kW =
der Fahrmotoren	1000 kW
Leistung am Rad	
unter Fahrdraht	1000 kW
Fahrdratspannung	600 V + 20/ — 30 %
Nennleistung des	
Dieselmotors bei	
dieselelektrischem	650 PS =
Betrieb	500 kW

Der eingangs bereits erwähnte und für alle elektrischen Lokomotiven einheitliche Fahrmotor mit ca. 150 kW Stundenleistung liegt trotz Ausführung in Isolationsklasse F an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit, was sich durch die ständigen Fahrmotorausfälle mit Anker- und Spulenschäden beweisen läßt.

Der Gedanke an eine neue, mit stärkeren Fahrmotoren bestückte Lokomotive bestand daher bei EH schon seit langer Zeit. Das Problem war nur, daß mit einem neuen el. Fahrmotor nicht nur ein neuer Treibradsatz, sondern natürlich eine komplette Lokomotive zu entwickeln war. Entsprechend

mit mehr Leistungsreserve ausgelegte Fahrmotoren waren auf dem Markt nicht angeboten; es hätte also eine neue Gleichstrom-Fahrmotorlösung erstellt und erprobt werden müssen, was sich zwangsläufig im Anschaffungspreis auswirken muß.

Des weiteren sind auch Probleme wie Tatzlager in Gleitlagerausführung mit der entsprechenden Wartungsfristeinhaltung ebenso wie der Bürsten- und Schleifring-Verschleiß usw. zu beachten, die bei der Wahl eines Drehstromasynchronmotors, vor allem in der Ausführung mit Rollenlager-Tatzlagern nicht anstehen.

Hier können die hohe Überlastbarkeit des Drehstrom-Asynchronmotors, das Nichtvorhandensein von Kollektoren, Bürsten, Schleifringen und vor allem die gewichtssparende Ausführung mit selbsttragendem Ständerblechpaket genannt werden.

Die BBC-Drehstromtechnik mit Asynchronfahrmotoren fand ihre ersten Anwendungen (reine Versuchsfahrzeuge ausgenommen) bei den schon erwähnten 3 dieselelektrischen Versuchslokomotiven DE 2500, mit einer davon zeitweise mit einem Steuerwagen gekoppelten und für elektrischen Fahrbetrieb unter 1500 kV, 16 $\frac{2}{3}$ Hz umgerüsteten elektrischen Version, in der 1976 in 6 Stück ausgelieferten Bauart für die Ruhrkohle AG mit 15000 kV, 16 $\frac{2}{3}$ Hz, 1500 kW, 88 t Dienstgewicht, in den ebenfalls 1976 an die Schweizer Bundesbahn gelieferten 6 dieselelektrischen Lokomotiven Am 6/6 mit 2500 PS Motorleistung und in einer Probeausführung für die Niederländische Staatsbahn. 5 von der DB bestellte Lokomotiven E 120, kürzlich von der SBB bestellte 10 elektrische Lokomotiven Ee 6/6 und unsere 6 ausgelieferten, in der Inbetriebnahme bzw. Erprobung befindlichen EDE 1000/500-Lokomotiven sind als weitere Anwendungsfälle der Drehstromtechnik zu nennen.

Es soll hier hauptsächlich auf die wesentlichen Merkmale der Drehstromtechnik in ihrer Anwendung bei der Zweikraftlokomotive des Gemeinschaftsbetriebes Eisenbahn und Häfen für 600-V-Gleichstromfahrleitungsspannung in der Kombination mit der dieselelektrischen zweiten Kraftquelle für den fahrleitungslosen Betrieb eingegangen werden. Übergeht man zunächst die sich hauptsächlich wirtschaftlich auswirkenden Vorteile der beinahe verschleiß- und wartungslosen Technik, so sind die markantesten Vorteile der Drehstromantriebstechnik in der sehr hohen Ausnutzung des Reibwertes zwischen Rad und Schiene und der Tatsache, daß Schleudervorgänge beim Anfahren praktisch nicht auftreten können, zu sehen. Schleudern einzelner Achsen kann nicht eintreten, weil alle Fahrmotoren parallelgeschaltet sind und mit immer gleicher Frequenz gespeist werden, also alle Motoren elektrisch gekuppelt sind.

Schleudern aller Achsen wird durch die elektronische Steuerung verhindert. Die Ausnutzung des Reibwertes ist sehr hoch, da die Gesamtzugkraft wegen einzelner Achsen mit schlechtem Reibwert nicht reduziert werden muß. Da Asynchronmotoren immer im wirtschaftlichsten Punkt ihrer Kennlinie betrieben werden, geringe Verluste haben, wodurch keine thermischen Probleme entstehen und demzufolge hohe Leistungsreserven besitzen, sind bei der 100 t schweren Lokomotive hohe Zugkräfte zu erwarten, die im Grenzbereich über 33 t liegen werden.

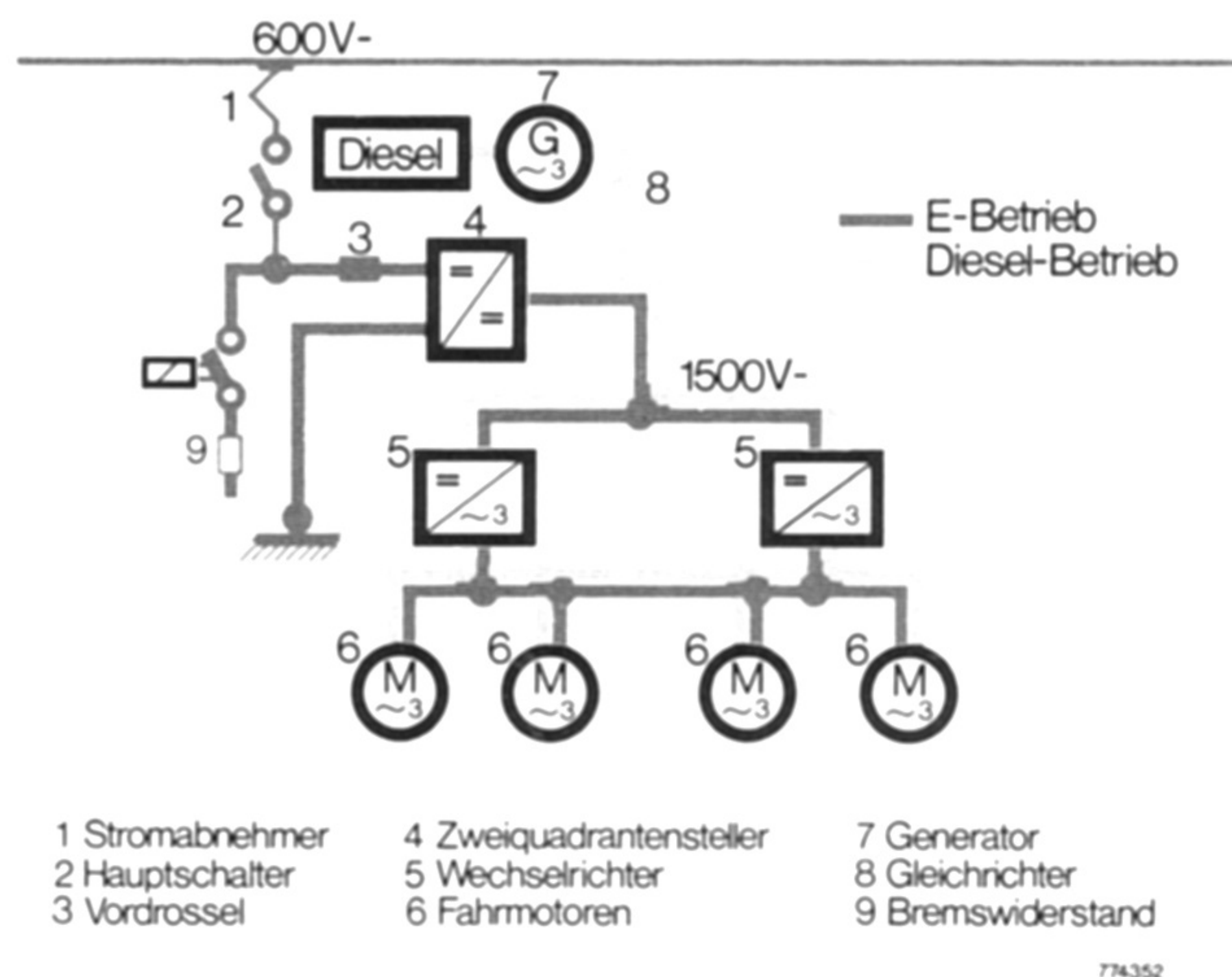


Bild 3: Hauptschaltbild in vereinfachter Darstellung

Die Schaltung der elektrischen Ausrüstung (Bild 3 zeigt das Schaltbild in vereinfachter Darstellung mit den einzelnen Bezeichnungen) lehnt sich eng an die bereits ausgeführten Lokomotiven mit Drehstromantriebstechnik an:

Vier Drehstrom-Asynchronfahrmotoren (6) werden von einer gemeinsamen Drehstromsammelschiene gespeist.

Zwei Fahrwechselrichter (5) speisen die Drehstromsammelschiene.

Ein Nebenbetriebe-Wechselrichter, eingeschaltet in den Gleichstromzwischenkreis (1500 V =), versorgt über einen Transformator das Drehstrombordnetz mit 380 V, 50 Hz.

Der allen Wechselrichtern gemeinsame Gleichstromzwischenkreis (1500 V =) wird bei Betrieb der Lokomotive mit Dieselmotor aus dem Dieselgenerator (7) über einen ungesteuerten Gleichrichter (8) mit Energie versorgt.

Neu bei der Zweikraftlokomotive mit Drehstromantriebstechnik wurden die Komponenten Eingangsschaltung mit Zweiquadrantensteller (7) und Schaltung der dynamischen Bremse (9) aus bereits vorhandenen, bewährten Baugruppen konzipiert.

Im Falle einer Störung können einzelne Zweiquadrantensteller, Wechselrichter und Fahrmotoren elektrisch abgetrennt werden. Die Lokomotive kann danach mit entsprechend verminderter Leistung und Zugkraft weiter betrieben werden.

Bei der Betriebsart **Oberleitungsbetrieb** an der 600 V-Fahrleitung wird der Gleichstromzwischenkreis über die Zweiquadrantensteller (7) eingespeist, die die Spannung der Fahrleitung von 600 V Gleichstrom auf die im Gleichstromzwischenkreis erforderliche Spannung von 1500 V heben. Die Fahrwechselrichter (5) versorgen die Drehstrom-Asynchronfahrmotoren (6) mit der erforderlichen Frequenz und Spannung. Die Zweiquadrantensteller haben also hier die Aufgabe, die zwischen 420 V und 720 V variierende Fahrdradhtspannung auf eine praktisch konstante Spannung im Gleichstromzwischenkreis von 1500 V anzuheben. Dies gilt auch im el. Bremsbetrieb, wenn Energie aus dem Gleichstromzwischenkreis zurückgeliefert wird. Die Fahrwechselrichter formen die im Gleichstromzwischenkreis bereitgestellte Spannung und Frequenz um, sind das Stellglied zur Zug- oder Bremskraft erzeugung der Lokomotive, entkoppeln den Fahrmotorkreis vom Generator und wirken als „Leistungstransformator“. Sie bestehen aus Elementen der Leistungselektronik, wie Dioden, Thyristoren, Kondensatoren und

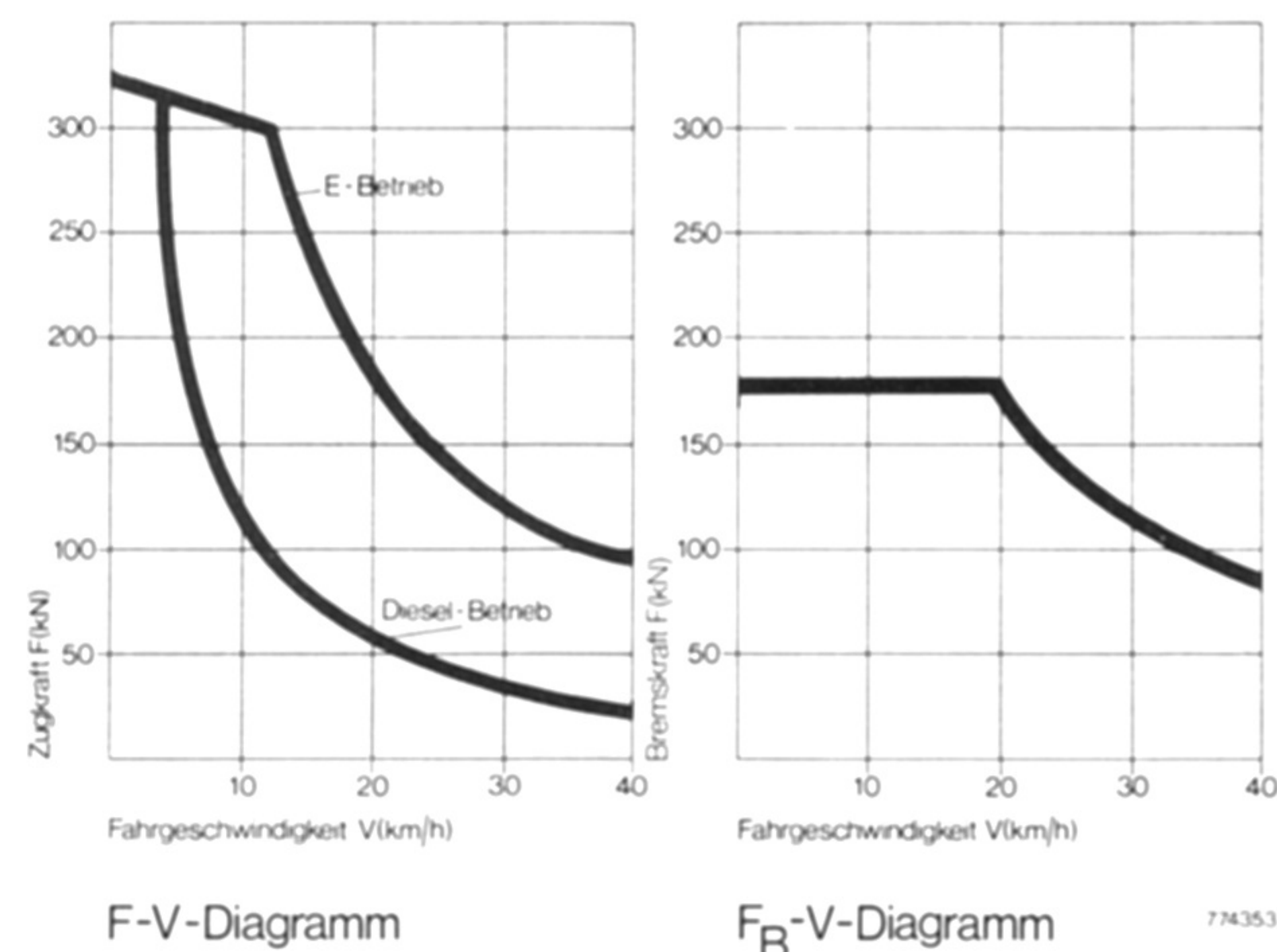


Bild 4: Zugkraft-/Bremskraft-Diagramm

Drosselspulen. Alle Bauelemente sind verschleißlos und besitzen hohe Lebensdauer. Die Zweiquadrantensteller sind aus den gleichen Bauelementen wie die Fahrwechselrichter aufgebaut.

Beim **Dieselsbetrieb** übernimmt es der Dieselgenerator (7) anstelle der Zweiquadrantensteller den Gleichstromzwischenkreis über das Generatorschütz und den Gleichrichter (8) mit Energie zu versorgen. Hierbei wird der vom Drehstromgenerator erzeugte Drehstrom durch den Gleichrichter in Gleichstrom umgeformt. Ein Generatorspannungsregler regelt den Generator so, daß im Gleichstromzwischenkreis die geforderte Spannung von 1500 V Gleichstrom zur Verfügung steht.

Im el. **Bremsbetrieb** liefern die Fahrmotoren (6) ihre Energie über die Fahrwechselrichter (5) in den Gleichstromzwischenkreis. Die nicht vom Nebenbetriebe-Wechselrichter abgenommene Energie wird von den Zweiquadrantenstellern (4) in die Fahrleitung als Nutzenergie zurückgespeist. In diesem Falle spricht man von der Nutzbremse. Ist die Fahrleitung nicht in der Lage, die Bremsenergie aufzunehmen, d. h. steigt die Fahrdradhtspannung zu hoch an, oder ist bei Betrieb mit Dieselmotor gar kein Fahrdradht vorhanden, der die Bremsenergie aufnehmen kann, wird die anfallende überschüssige Bremsenergie im Bremswiderstand (9) vernichtet und in Wärme umgesetzt.

Die Nebenbetriebe der Lokomotive – Motor des Kompressors für die Druckluftherzeugung, Lüftermotoren der Wechselrichter und des Bremswiderstandes, Stromversorgung für die Elektronik und Batterieladegerät usw. – werden aus einem Drehstromnetz mit 380 V, 50 Hz gespeist. Der Nebenbetriebe-Wechselrichter, aus den gleichen Bauelementen aufgebaut wie die Fahrwechselrichter und die Zweiquadrantensteller, gibt Drehstrom mit 1170 V Spannung ab. Ein Drehstrom-Transformator setzt diese Spannung auf 380 V herab. Dadurch ist es möglich, handelsübliche Drehstrommotoren, Batterieladegeräte und Schaltgeräte auf der Lokomotive zu verwenden. Durch die gleiche Konstruktion des Nebenbetriebe-Wechselrichters mit derjenigen der Fahrwechselrichter und Zweiquadrantensteller kann bei Ausfall des Nebenbetriebe-Wechselrichters ein Zweiquadrantensteller durch eine entsprechende Umschalteneinrichtung als Ersatz dienen. Dadurch wird nur die von der Fahrleitung gelieferte Leistung reduziert. Der Strom in den Fahrmotoren und damit die Anfahrzugkraft kann bei unveränderter Anzahl der Fahrwechselrichter konstant bleiben.

Neben der in der Lokomotive installierten Leistungselektronik ist die moderne Drehstromtechnik durch die Verwendung des bürsten- und schleifringlosen Drehstrom-Asynchronfahrmotors charakterisiert. Bei den Gleichstrommotoren der vorhandenen Lokomotiven wird der Strom dem Anker (Läufer) über den mit ihm verbundenen Kollektor über Kohlebürsten zugeführt, die mechanischen, elektrischen und thermischen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Dies entfällt beim Drehstrom-Asynchronfahrmotor. Der Ständer des Kurzschlußläufermotors ist als selbsttragende Schweißkonstruktion ausgeführt, bei der Ständerblechpaket und Tragkörper eine Einheit bilden. Die Motoren sind fremdbelüftet und haben Zylinderrollenlager in der Lagerung der Läuferwelle. Im Gegensatz zur Motorlagerung mit Tatzlagern in wartungsaufwendiger Gleitlagerausführung bei den vorhandenen Lokomotiven ist beim neuen BBC-Drehstromfahrmotor die Tatzlagerung mit praktisch wartungsfreien Rollenlagern gewählt worden. Hierbei wurde der Fahrmotor so konstruiert, daß er an die Tatzrollenlagerung angeschraubt werden kann, so daß zum Wechseln des Motors die Tatzrollenlagerung nicht zerlegt werden muß.

Bevor abschließend noch die wesentlichen Merkmale des mechanischen Teiles der Lokomotive genannt und dargestellt werden, soll rückblickend erklärt werden, warum man heute elektrische Lokomotiven in der Drehstrom-Antriebstechnik mit Asynchronfahrmotoren beschafft, während in den vergangenen 70 Jahren fast ausnahmslos elektrische Triebfahrzeuge in konventioneller Technik mit Gleichstrom-, Wechselstrom- oder Mischstromfahrmotoren gebaut wurden.

Der Drehstrom-Asynchronmotor stellt in seiner Ausführung als Kurzschlußläufer ohne Kollektor, Schleifringe, Kohlebürsten die einfachste elektrische Maschine dar. Er wurde als solcher auch schon um die Jahrhundertwende als Fahrmotor für elektrische Triebfahrzeuge benutzt, z. B. führte diese Antriebstechnik schon im Jahre 1903 auf der Strecke Marienfelde – Zossen zu der Rekordgeschwindigkeit von 210 km/h. Die Schwierigkeiten in der Anwendung und Ausbreitung dieser Technik in den früheren Jahren bestanden jedoch hauptsächlich in der schlechten Regelbarkeit des Motors. Bei Speisung mit konstanter Frequenz ist wegen der von der Frequenz abhängigen Drehzahl nur eine für den Bahnbetrieb wenig geeignete Motorcharakteristik (Kennlinie) möglich.

Nur über umständliche Schaltungen war eine – trotzdem nicht befriedigende – Steuerung zu erzielen. Eine gute Steuerung des Asynchronmotors läßt sich durch die kontinuierliche Änderung der Speisefrequenz realisieren. Zu diesem Zweck wird das Triebfahrzeug mit Umformern oder Umrichtern versehen. Rotierende Frequenzumformer sind aber bei der notwendigen hohen Leistung schwere und störungsempfindliche Maschinensätze, die zwar beim Bahnbetrieb eingeführt wurden, aber einen sehr aufwendigen Unterhalt benötigen. Erst mit der durch die Halbleitertechnik in den letzten Jahren eröffneten Möglichkeit, statische Umformer zu bauen, die eine beliebige und kontinuierliche Veränderung der Frequenz und der Spannung erlauben, ist es heute möglich, den Drehstromantrieb als moderne wirtschaftliche Lösung im Antrieb von Triebfahrzeugen zu verwenden.

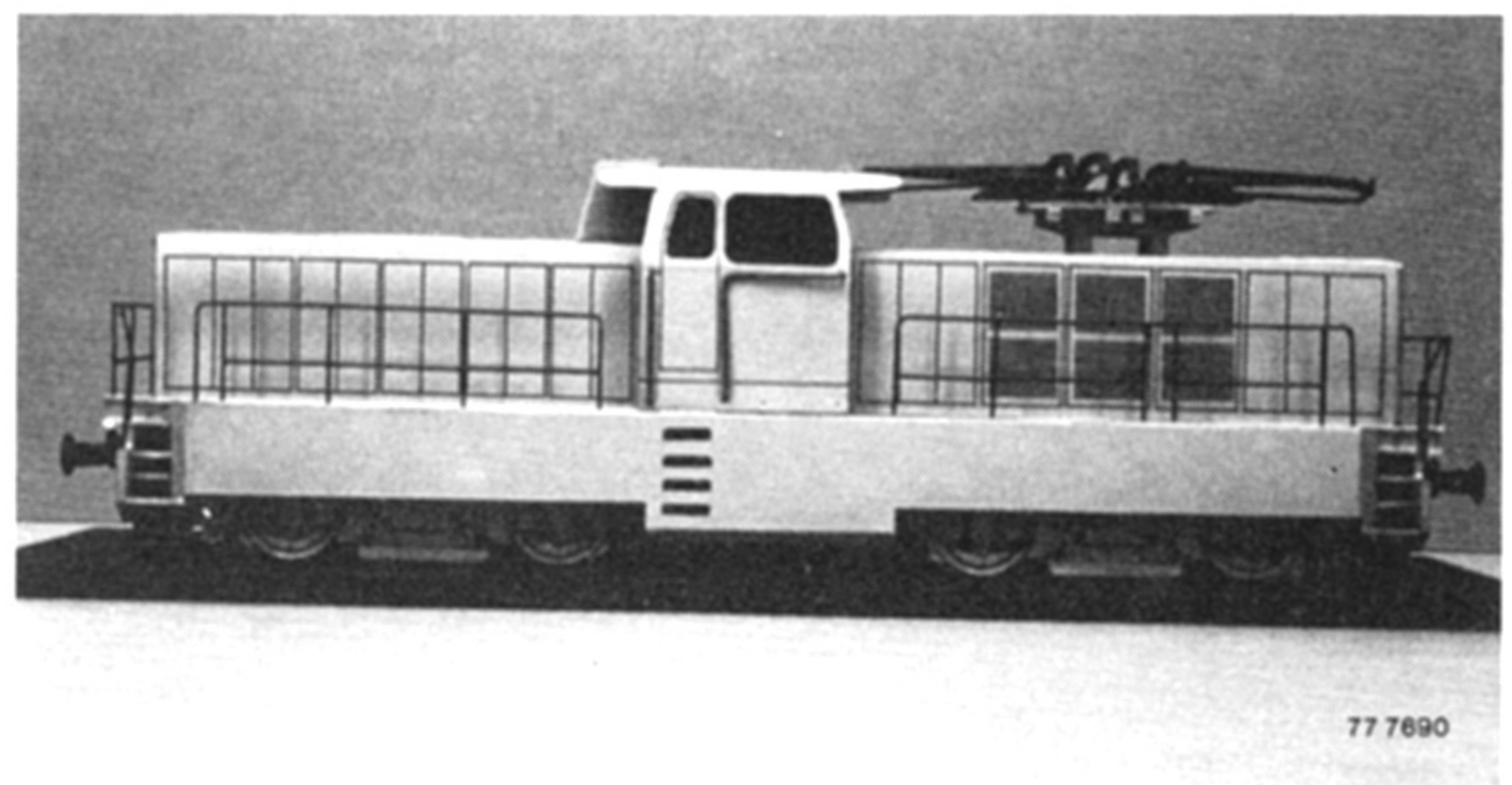


Bild 5 Holzmodell der EDE 1000/500 im Maßstab 1 : 20

Der mechanische Aufbau der Lokomotive ist bestimmt durch die Einhaltung vorgegebener Daten und Abmessungen, die sich sowohl auf den betrieblichen Einsatz mit Leistung, Zugkraft, Geschwindigkeit und Stromsystem als auch auf die für den Unterhalt, die Wartung und Reparatur notwendigen Belange beziehen.

So wurden bereits im Projektstadium für die Festlegung von Leistung und Zugkraft die entsprechenden Daten genannt: 25 t Achslast zum freizügigen Einsatz im gesamten Gleisnetz und somit bei 4 Achsen 100 t Dienstgewicht. Bemessung der Zugkraft so, daß Züge mit 3500 t Anhängelast im Steigungsbereich von 6 ‰ und Gleisbögen von 250 m Krümmungsradius angefahren und auf eine Geschwindigkeit von 10 km/h beschleunigt werden können. Die äußeren Abmessungen richten sich mit dem Maß des Abstandes von der ersten bis zur vierten Achse wegen der Befahrbarkeit der Schiebebühne am Lokschuppen nach deren Länge. Hieraus abgeleitet sind der Drehzapfenabstand (Entfernung der Drehpunkte vom ersten zum zweiten Drehgestell) und die Gesamtlänge über die Puffer gemessen mit 15 m.

Bild 5 zeigt ein nach der Auftragsvergabe von Thyssen Henschel erstelltes Modell aus Holz, Pappe und Styropor im Maßstab 1 : 20, das mit wenigen Abweichungen der heutigen Ausführung der Lokomotiven entspricht. Typisch für das Gesamtbild der vierachsigen Zweikraftlokomotive ist die äußerlich durch das Zusammenfassen beider Stromabnehmer auf einem Vorbau erkennbare Trennung der beiden Antriebsvarianten in der Unterbringung in den Vorbauten.

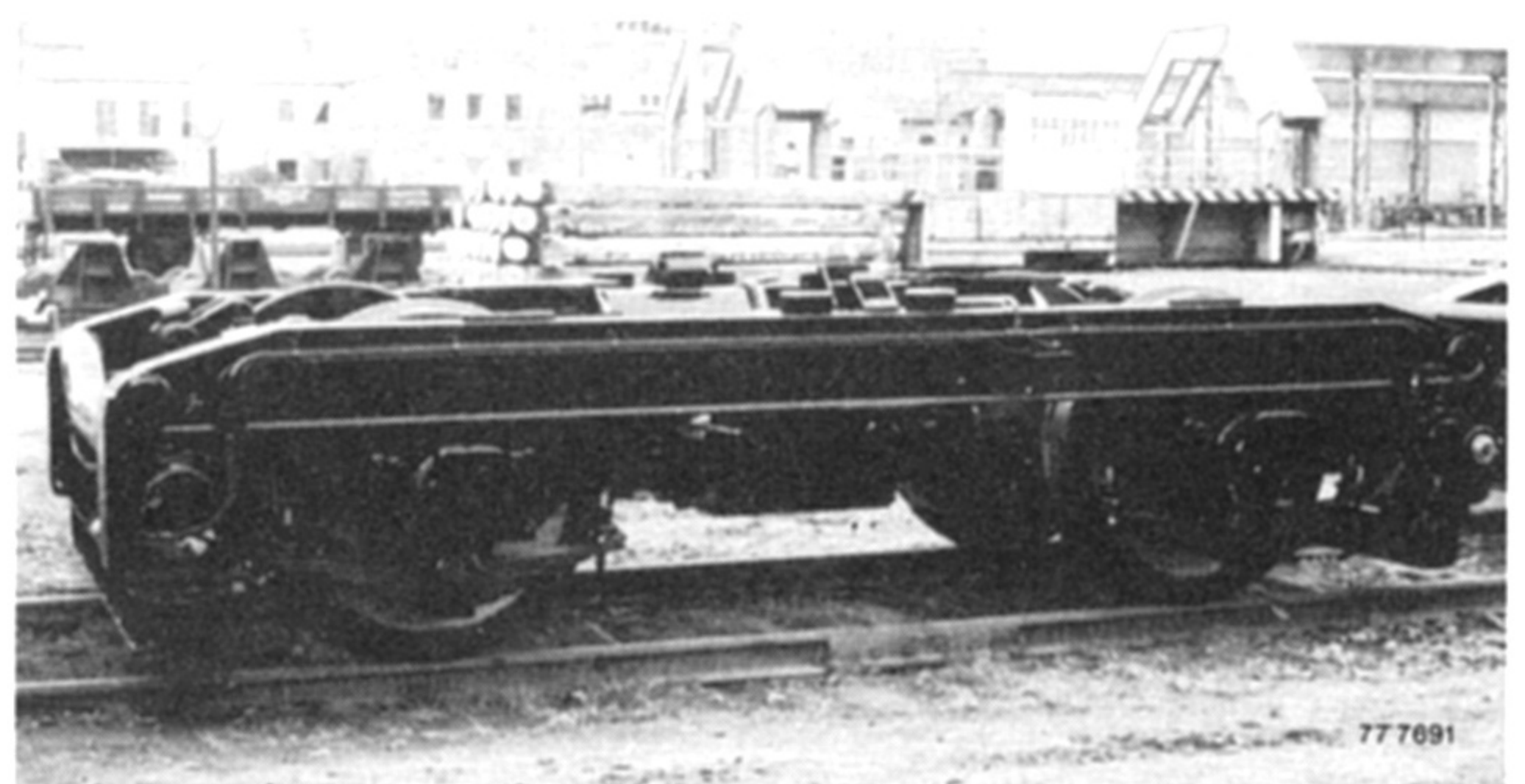


Bild 6 Drehgestelle, einbaufertig mit Fahrmotoren

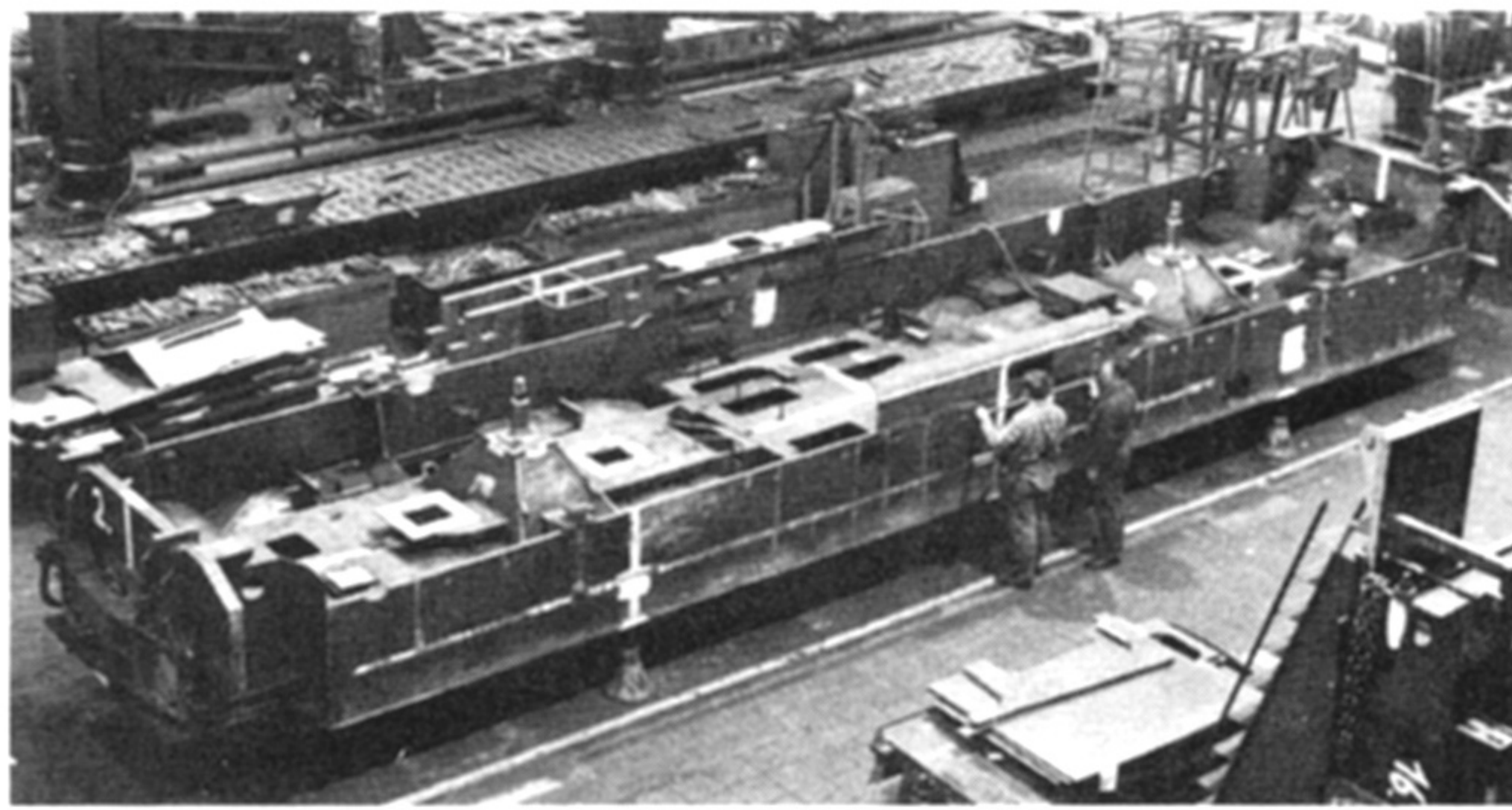


Bild 7 Brückenträger (Lokrahmen) während der Fertigung in Rückenlage

Im Vorbau 1, der geringfügig länger ist als Vorbau 2, ist die gesamte elektrische Einrichtung untergebracht, während im Vorbau 2 der dieselelektrische Antrieb mit Schalldämpfer, Kühlanlage und die Kompressoranlage für die Druckluft-erzeugung mit den Druckluftgerätegerüsten angeordnet sind. Im geräumigen, allseitig verglasten Mittelführerhaus sind in zwei Führertischen (je einer pro Fahrtrichtung) die für die Steuerung der Lokomotive notwendigen Anlagen der Elektronik, Bremse, Signalgebung usw. sinnvoll und günstig eingebaut. Unterhalb des Führerhauses wurden innerhalb des Rahmens der lösbare Kraftstofftank mit 3000 l Inhalt und der Hauptluftbehälter befestigt.

Da, wie bereits erwähnt, zur Zeit der Auftragsvergabe eine unserer Lokomotive ähnliche Industrielokomotive mit Drehstromantriebstechnik für die Ruhrkohle AG (RAG) bei Thyssen Henschel in Auftrag genommen war, lag es nahe, möglichst viele Baugruppen dieser Lokomotive – die zwar als reine elektrische Lokomotive für 50 Hz bzw. 16 2/3 Hz bei 15 kV Spannung mit Antriebsdauerleistung von 1500 kW und 88 t Dienstgewicht gebaut wurde, jedoch in der Länge über Puffer und im Drehgestellachsstand genau mit den Maßen unserer Lokomotive übereinstimmte – ohne große Änderungen zu übernehmen.

Damit waren die Drehgestellrahmen einschließlich der Federungsanordnung, die grundsätzliche Ausführung des Führerhauses und der Führertische, das Prinzip der Vorbauten und bestimmte Baugruppen im Brückenträger zu verwenden.

Die Erfahrungen im rauen Werksbahnbetrieb veranlaßten uns, die ursprüngliche Version des Brückenträgers mit inneren Doppel-T-Langträgern und äußeren, hochgezogenen seitlichen Abschlußblechen ähnlich der Ausführung für die Ruhrkohle AG zugunsten der heutigen äußeren Formgebung mit seitlichen Rahmenabschlußblechen von 40 mm Dicke, durchgehend auf der ganzen Länge mit dem Rahmen verschweißt – und gleichzeitig als Ersatz für sonst nur mit viel Mühe unterzubringende ca. 14 t Ballast dienend – zu veranlassen. Somit rückt das Erscheinungsbild der neuen Zweikraftlokomotive mit Drehstromantriebstechnik dem Bild unserer in 65 Exemplaren vorhandenen Bo'Bo'-elektrischen Einheitslokomotive (im EH-Sprachgebrauch ED-Lok genannt) näher.



BROWN, BOVERI & CIE
AKTIENGESELLSCHAFT
MANNHEIM
Geschäftsbereich Verkehr
Telefon (0621) 38 11, Telex 04-62411 122
Postfach 351, 6800 Mannheim 1

Klassifikations-Nr. 1001/421
Printed in the Federal Republic of Germany

Sonderdruck aus „Eisenbahn und Häfen“
Heft 3, Seite 12-14