

ELEKTRISCHE BAHNEN

MONATSHEFTE FÜR BAU, UNTERHALTUNG, BETRIEB

2 Do 1-Schnellzuglokomotive
mit neuartigem Einzelachsantrieb

Gebaut von

Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G.

Werk Breslau, Abt. Lokomotivbau

ROM-VERLAG (R.OTTO MITELBACH) CHARLOTTENBURG.5

Elektrische Bahnen

MONATSHEFTE FÜR BAU, UNTERHALTUNG, BETRIEB

Schriftleitung: Reichsbahndirektor Ministerialrat a. D. W. Wechmann, Berlin, Reichsbahnrat
Otto Michel, München / Verlag: ROM-Verlag (R. Otto Mittelbach), Charlottenburg 5, Kuno-Fischerstr. 21

2. Jahrgang

Charlottenburg, 15. Juni 1926

Heft 6 (Seite 209–213)

Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlages und unter Quellenangabe gestattet.
Sonderabdrucke auf besondere Bestellung gegen Erstattung der Druckkosten.

Die Zeitschrift „ELEKTRISCHE BAHNEN“ erscheint monatlich. Bezug nur ganzjährig. Preis 12 GM. Auslandsbezieher haben für Porto und Verpackungsspesen 4 GM. extra zu zahlen. Einzelhefte 1 GM. zuzüglich Porto (1 GM. = $\frac{1}{2}$ Dollar U.S.A.) Anzeigen werden nach festem Tarif berechnet. Alle Mitteilungen sind an den Verlag zu richten: ROM-Verlag (R. Otto Mittelbach), Charlottenburg 5, Kuno-Fischer-Straße 21. Fernsprech-Anschluß: Amt Westend 2132. — Postscheckkonto: 60698.

Sonderabdruck.

2Do 1-Schnellzuglokomotive mit neuartigem Einzelachsantrieb.

Von *H. Loewentraut*, Breslau.

Die Wechselstromlokomotive läßt durch die Freiheit in der Anzahl der Antriebsmotoren eine große Zahl von Antriebsarten zu. Nach den bisherigen Ausführungen lassen sich die Antriebsarten elektrischer Schienenfahrzeuge in drei Gruppen unterteilen, und zwar:

1. Einzelachsantrieb (Tatzenlagermotor, Westinghouse, Buchliantrieb oder ähnliche),
2. Antrieb durch Gestellmotor mit Zahnradübersetzung und Stangen,
3. Antrieb durch einen Motor mit Stangen.

Für Lokomotiven mit geringer Geschwindigkeit, wie Güterzug- und Verschiebelokomotiven hat sich die Verwendung von Tatzenlagermotoren als zweckmäßig erwiesen. Für Lokomotiven mit mittleren Geschwindigkeiten ist der im Hauptrahmen gelagerte Gestellmotor, der mittels Rädervorgelege und Kuppelstangen die Achsen antreibt, fast durchweg angewendet, während man für schnelllaufende Lokomotiven hoher Leistung den Stangenmotor und Einzelachsantriebe, z. B. Westinghouse, Buchli u. a. m., verschiedener Ausführung bevorzugte. Besonders in letzter Zeit beschäftigte man sich in Fachkreisen damit, für Lokomotiven hoher Geschwindigkeit und großer Leistung einen Einzelachsantrieb anzuwenden. Durch die Einführung des ruhenden Treibachsdruckes von 20 t ist der Einzelachsantrieb in den Vordergrund getreten. Die Deutsche Reichsbahn stellte deshalb der Linke-Hofmann-Lauchhammer-Aktiengesellschaft, Werk Breslau, und den Bergmann-Elektrizitäts-Werken die Aufgabe, als Gegenstück zu der bekannten 2D 1-Lokomotive mit Stangenmotor eine Schnellzuglokomotive mit Einzelachsantrieb zu entwerfen, bei der der Treibachsdruck 20 t und der Laufachsdruck 17,5 t betragen darf¹⁾. Die Leistung der Lokomotive soll so hoch bemessen werden, wie diese Treibachsdrücke es

zulassen. Der Entwurf und die Konstruktion der Lokomotive, die in enger Zusammenarbeit mit der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft ausgearbeitet wurden, und die die Achsanordnung 2Do 1 (frühere Bezeichnung: 2AAAA 1) zeigt, siehe Abb. 1, soll im folgenden beschrieben werden:

Die Lokomotive ist für Schnellzug- und Personenzugdienst bestimmt und ruht auf 7 Radsätzen. Die beiden ersten Laufradsätze sind zu einem normalen zweiachsigen Drehgestell vereinigt, welches das schwere Gewicht des Transformators aufnimmt. Der hintere Laufradsatz ist als Bisselachse ausgebildet. Der jeweilige vordere Treibradsatz ist fest, die beiden mittleren verschiebbar angeordnet. Die nachstehende Tabelle gibt die Hauptdaten der Lokomotive:

Länge über Puffer	14 940 mm,
Gesamter Radstand	11 200 mm,
Fester Radstand	5 100 mm,
Treibraddurchmesser	1 400 mm,
Laufraddurchmesser	1 000 mm,
Übersetzungsverhältnisse der Zahnräder	1 : 2,27,
Zahl der Antriebsmotoren	8,
Stundenleistung der Motoren	8.500 = 4000 PS,
Dauerleistung der Motoren	8.350 = 2800 PS,
Gewicht des elektrischen Teils	58 000 kg,
Gewicht des Wagenteils	60 000 kg,
Gesamtgewicht	118 000 kg,
Treibachsdruck	20 000 kg,
Laufachsdruck	12 500 kg,
Höchstgeschwindigkeit $V =$	90 und 110 km/h

Die gesamte Lokomotivleistung ist in 8 Motoren von je 350 PS Dauerleistung aufgeteilt. Es geschieht dies aus dem Grunde, weil bei den besonderen Verhältnissen der Wechselstromkommutatormotoren das Gewicht der Leistungseinheit mit steigender Gesamtleistung des Motors nicht ständig abnimmt, sondern

¹⁾ Vgl. Elektrische Bahnen 1925, S. 291.

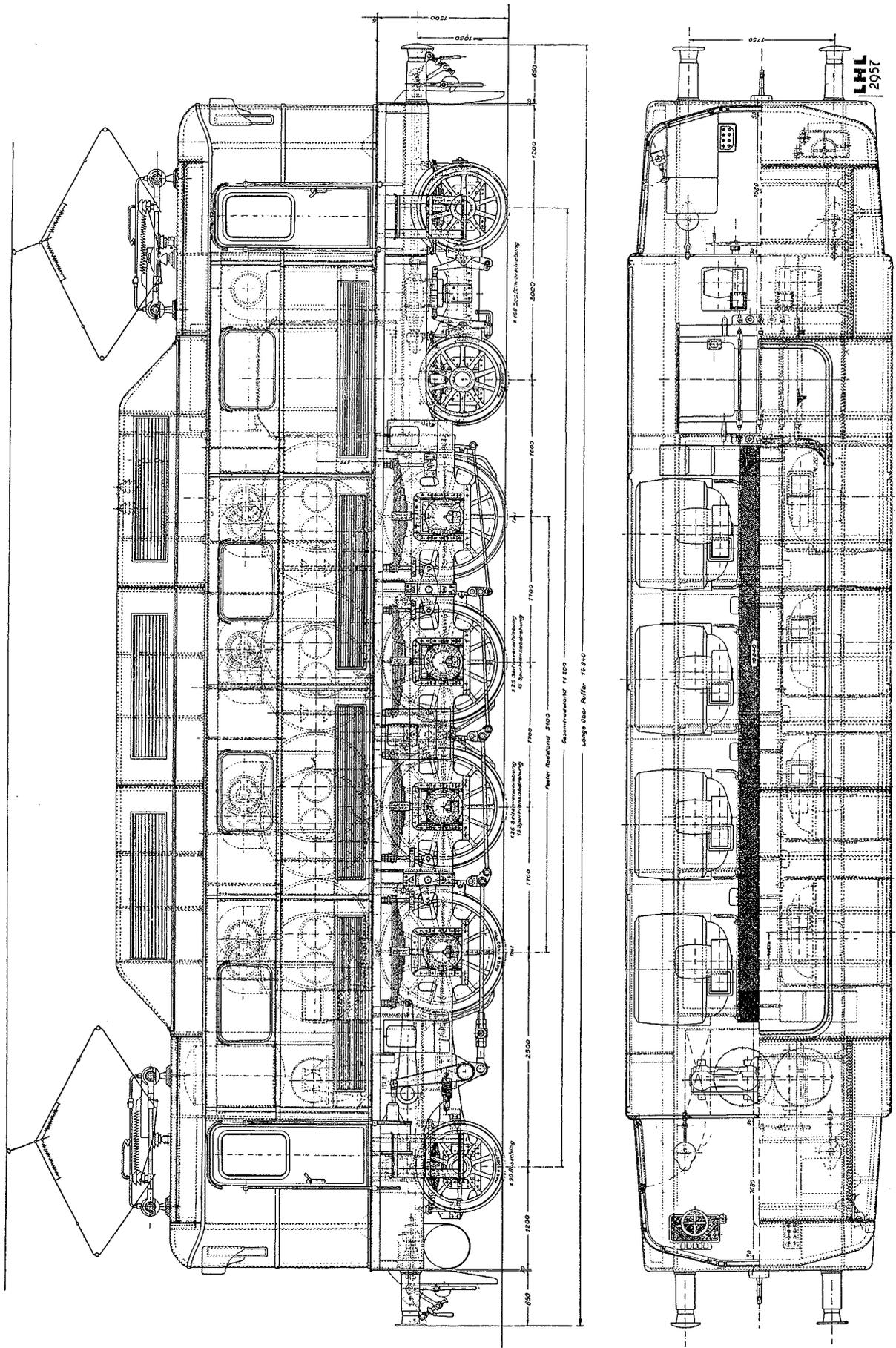


Abb. 1. Elektrische Schnellzuglokomotive, Achsfolge 3 Do 1.

bei einem bestimmten Leistungsgebiet einen niedrigsten Wert hat und dann wieder ansteigt. Ein weiterer Grund liegt darin, daß bei den hier angenommenen sehr hohen Leistungen eine Aufteilung auf zwei Ritzel erforderlich ist, weil sonst die Zahnräder verhältnismäßig breit werden müßten.

Die Anordnung der Motoren wurde so getroffen, daß der zur Verfügung stehende Raum nach Möglichkeit ausgenutzt wird. Die Motoren stehen deshalb zu beiden Seiten des in der Mittelachse angeordneten Getriebes. Der Motor hat die bei ortsfesten Maschinen übliche Form, ein einfaches zylindrisches Gehäuse mit zwei Lagerschildern auf Füßen ruhend. Das Gehäuse ist allseitig geschlossen. Auf der dem Kollektor abgewandten Seite wird mittels eines auf dem Motor aufgebauten Gebläses Kühlluft zugeführt, die teils durch die Gehäusefüße, teils durch die untere Kollektoröffnung entweicht. Bei Schneegestöber kann die Lüftung durch Öffnen von Klappen so umgestellt werden, daß die warme Luft größtenteils wieder in den Maschinenraum tritt.

Im übrigen besteht die elektrische Ausrüstung aus den üblichen Teilen; bemerkenswert ist höchstens noch, daß der Transformator mit Trockenisolation versehen ist, und die Steuerung einen mechanisch-pneumatischen Antrieb erhält.

Der Hauptrahmen der Lokomotive ist als Außenrahmen ausgebildet. Diese Anordnung bietet den betriebstechnischen Vorteil der Zugänglichkeit zu den Achslagern und die Möglichkeit des raschen Behebens eines Heißlaufens ohne Senken der Treib-

achse. Der Rahmen ist aus einem Blech von 30 mm Stärke ausgeführt, der durch die Pufferträger, durch horizontale und vertikale Blech- und Winkeleisenrahmen gut versteift ist.

Die Achslagerführungen sind geschlossen ausgeführt. Die Achslager selbst haben keine Keilnachstellung; sie erübrigt sich, weil durch das Fehlen von Treib- und Kuppelstangen eine genaue Einstellung der Treibachsen nicht notwendig ist.

Jede Achse wird durch zwei Triebmotoren, die ihr Drehmoment über eine Gelenkkupplung auf Ritzel, Blindzahnrad und Hauptzahnrad auf die Achswelle übertragen, angetrieben. Siehe Abb. 2. Die Triebmotoren stehen auf dem Fußboden der Lokomotive, die Ritzel liegen in gleicher Höhe wie die Ankerwelle. Ein unmittelbarer Eingriff zwischen Ritzel und Hauptzahnrad ist also nicht mehr möglich, vielmehr ist das Einschalten eines Blindzahnades notwendig. Das Hauptzahnrad ist auf die Treibachse gepreßt, Blindzahnrad und Ritzel sitzen auf besonderen kurzen Wellenstücken, die fest in einem gemeinsamen starren Getriebegehäuse gelagert sind. Das gesamte Rädervorgelege, einschließlich Lagerung und Gehäuse, sitzt also unmittelbar auf der Treibachse; zwischen Getriebe und Antriebsmotoren liegt die später beschriebene Gelenkkupplung.

Bei dieser Bauart bilden Motor und Rädervorgelege getrennte Teile, die elastisch gekuppelt sind. Da das Ritzel nicht auf der Ankerwelle sitzt, sondern auf einer kurzen Ritzelwelle, die fest im Getriebegehäuse gelagert ist, werden die Zahndrücke nicht auf das Ankerlager übertragen und haben damit auch keine Rückwirkung auf den Motor. Die Ankerlager haben lediglich das Gewicht des Ankers zu tragen, sind also entsprechend klein gewählt worden. Der Zahneingriff ist stets absolut genau, weil alle Zahnräder in einem Gehäuse gelagert sind.

Der größte Vorteil dieser Antriebsart besteht darin, daß langsam wie schnell fahrende Fahrzeuge mit demselben Motor ausgerüstet werden können. Es kann also für Güterzug-, Personenzug- und Schnellzuglokomotiven ein Einheitsmotor gebaut werden. Im vorliegenden Falle ist die Möglichkeit geschaffen, die Lokomotive durch Änderung der Übersetzung für 90 und 110 km/h einzurichten, und zwar durch Auswechseln der Ritzel. Das Auswechseln des Ritzels geschieht ohne Änderung der vorhandenen Teile. Für die Lagerung der Ritzel sind Präzisions-

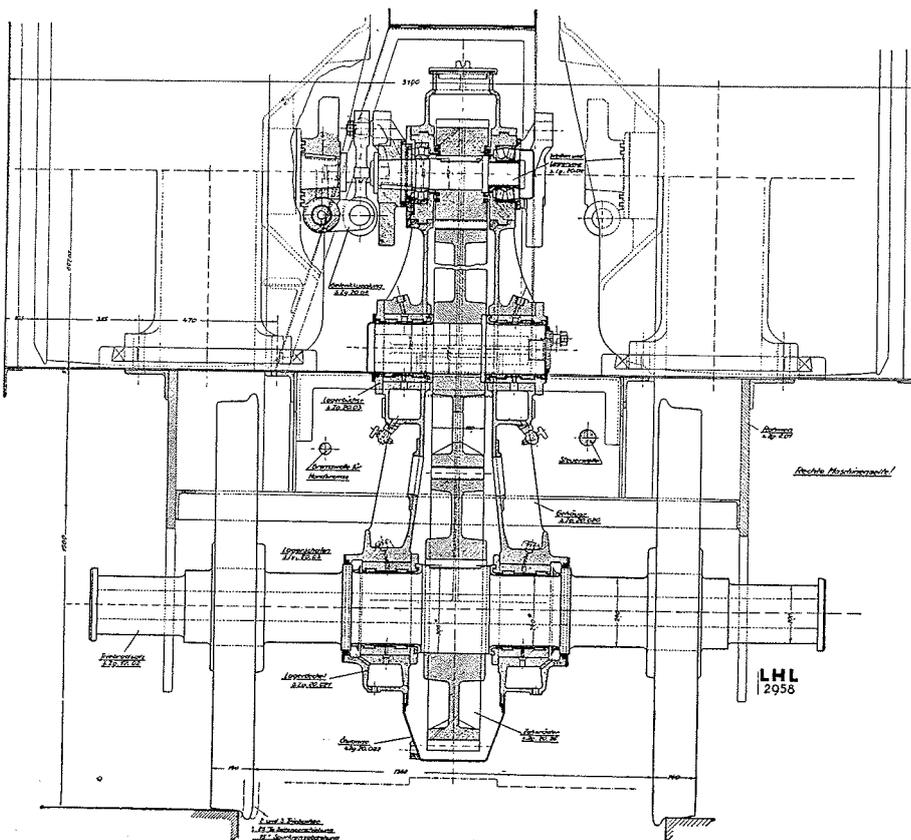


Abb. 2. Antrieb mit Gelenkkupplung und Blindzahnrad nach dem Vorschlag der Bergmann-Elektricitäts-Werke von Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G. entworfen.

Rollenlager vorgesehen. Der Außenring des Lagers ist als Exzenterring ausgebildet. Die Änderung der Zentralen durch Austausch der Ritzel mittels drehbarer Exzenterringe birgt einen großen Vorteil für eine weitgehendste Verwendbarkeit der Lokomotive.

Ritzelwellenlager und das Rädervorgelege laufen in starrem Fett, Schmiermittelverbrauch und Wartung sind also gering. Nur für die Blindzahnradwelle und das beiderseits sich auf die Treibachswelle stützende Getriebsgehäuse sind Gleitlager vorgesehen, die durch einen Boschöler geschmiert werden.

Die Gelenkkupplung, die das Drehmoment des Motors auf das Rädervorgelege überträgt, zeigt eine unsymmetrische Bauart. Die auf dem Ankerwellenstumpf sitzende Kurbel trägt eine quer zur Ankerwelle drehbar gelagerte Welle. Auf dieser Welle sind beiderseits Hebel aufgekeilt, die durch Zugstangen mit der Kurbel der Ritzelwelle verbunden sind. Die Augen der Zugstangen sind als Kugelgelenke ausgebildet. Die Gelenke werden mit Fett geschmiert. Im vorliegenden Falle wird das Fett in Ausbohrungen der Zugstangen und Welle eingebracht und durch die Fliehkraft den gleitenden Flächen zugeführt.

Bisher sind bei elektrischen Fahrzeugen Gelenkkupplungen symmetrischer und unsymmetrischer Bauart angewendet worden. Die Kupplung symmetrischer Bauart hat den Nachteil, daß durch die bei Verschiebung der Achsen gegeneinander auftretenden Beschleunigungs- und Verzögerungsdrücke an den Kurbelzapfen zusätzliche Belastungen auftreten. Die bei Verschiebung der Achsen hervorgerufene Ungleichmäßigkeit in der Winkelstellung führt zu Schüttelschwingungen der Lokomotive. Diese Nachteile sind bei der Ausführung der Kupplung auch erkannt. Man hat deshalb bei diesem Antrieb in die Zugstangen ein federndes Glied eingebaut. Wenn die Federung nicht unmittelbar in die Zugstangen der Kupplung gebaut wird, muß im Ritzel ein Federring vorgesehen werden. Durch die symmetrische Bauart ist die Kupplung vollkommen in sich ausgeglichen und erfordert daher keine Gegengewichte. Eine solche Kupplung hat Oerlikon bei dem Motorwagen für die Bahn Burgdorf—Thun²⁾ angewendet.

Bei der unsymmetrischen Bauart, wie sie erstmalig Ganz für die Valtellina-Bahn angewendet hat, und neuerdings die Österreichischen Siemens-Schuckertwerke bei der 1 Do 1-Talschnellzuglokomotive der Österreichischen Bundesbahnen³⁾ verwenden,

²⁾ Siehe Schweizer Bauzeitung, Band 80, Nr. 23 vom 2. 12. 1922.

³⁾ Siehe ETZ 1925, Heft 11.

bestehen diese Mängel nicht. Die Übertragung ist gleichmäßig, auch wenn die Achsen sich verschieben. Wenn die Wellen parallel liegen und nicht einen Winkel zueinander bilden, arbeitet diese Kupplung korrekt. Bei einer Kurvenfahrt kann es vorkommen, daß die Achse des Ritzels sich gegen die Achse des Motors schieft stellt. Die dann auftretenden periodischen Schwankungen sind nur von geringer Größe.

Durch die unsymmetrische Bauart ist die Kupplung nicht ausgeglichen. Sie erfordert also Gegengewichte, damit die Fliehkräfte keine Wirkung auf die Wellenlager ausüben, und die Lager reaktionsfrei bleiben.

Nach den Vorschriften der Deutschen Reichsbahn soll für Treibachsbremsen der Personenzug- und Schnellzuglokomotiven die Abbremsung des auf die Treibachsen entfallenden Gewichtes 75 bis 80 % ohne die Zusatzbremse und 170 bis 180 % mit der Zusatzbremse bei 8 at Druck im Bremszylinder betragen. Diese Bremsprozente beziehen sich auf Dampflokomotiven. Für elektrische Lokomotiven muß mit Rücksicht auf die Größe der umlaufenden Massen ein Zuschlag gemacht werden, der nach der Lokomotivgattung jeweils festgesetzt wird. Für die 2 Do 1-Lokomotive beträgt dieser Zuschlag rund 30 %; bei der Zusatzbremse würde die Abbremsung also

$$180 + 30 = 210 \%$$

betragen. Bei einer einseitig wirkenden Bremse beträgt in diesem Falle der Klotzdruck etwa 21 t. Von der Doppelklotzbremse ist von vornherein Abstand

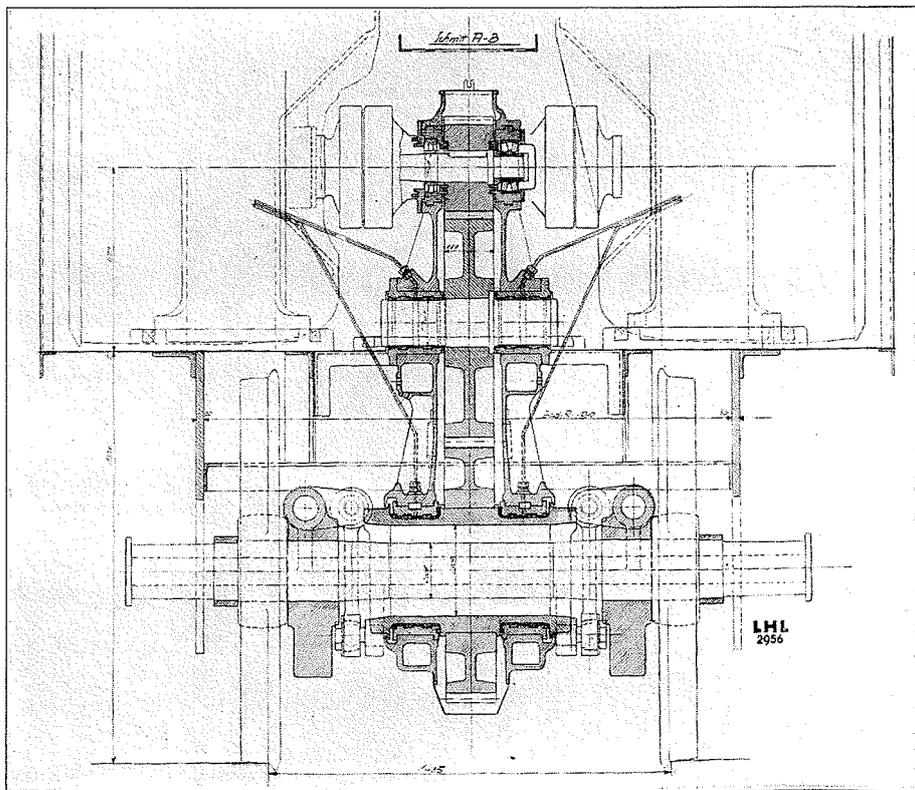


Abb. 3. Antrieb nach Vorschlag und Entwurf der Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G.

genommen, weil die Anordnung größere Achsstände und damit ungünstigen Kurvenlauf, größere Lokomotivlänge, ein höheres Gesamtgewicht und einen

höheren Gesamtpreis ergibt. Diese hohen Klotzdrücke, die zur starken einseitigen Beanspruchung der Speichen, Achsen und Achslager führen, gaben die Veranlassung, von dem Zuschlag für die umlaufenden Massen ganz abzusehen. Die Bremse bei den 2 D 1-Lokomotiven, die infolge der hohen Bremsprozentage, 216 % bei Zusatzbremse, sehr schwer ausgefallen ist, hat gezeigt, daß die umlaufenden Massen unberücksichtigt bleiben können. Es wurde bestimmt, daß bei der Einkammerbremse 100 % des Reibungsgewichtes bei 5 at Bremszylinderdruck abgebremst werden soll. Außerdem entschied sich die Reichsbahn, von der Regelbauart der Bremsen bei dieser Lokomotive abzusehen und machte den Vorschlag, die bisherigen recht schweren Bremsgehänge durch Federblätter zu ersetzen unter Verwendung von besonderen Bremsklötzen, die ebenfalls von der Normalausführung abweichen. Die Wirkungsweise dieser neuartigen Bremse unterscheidet sich gegenüber der bisher üblichen Bauart dadurch, daß die Kraft am Bremsklotz nicht über einen Bolzen angreift, sondern daß sich das Bremsgehänge während des Bremsens um den Rücken des Bremsklotzes legt und ihn teilweise umfaßt. Die Bremsgehänge sind deshalb elastisch, und geben bei angezogener Bremse nach. Die Bremsklötze sind an der dem Gehänge zugewandten Seite so geformt, daß sie auch bei angezogener Bremse die durch das Federspiel hervorgerufenen Bewegungen mitmachen. An Stelle von schweren Bremstraversen sind leichte Verbindungsstangen getreten, da die Kraft beim Bremsen auf jede Lokomotivseite durch je zwei parallele Zugstangen, die auf beiden Seiten der Gehänge angreifen, übertragen wird. Die in den meisten Fällen angewendete schwere Bremswelle ist durch je einen ganz kurzen hohlen Wellenstumpf ersetzt. Durch diese Maßnahmen ist eine Bremse von außerordentlich geringem Gewicht erreicht und damit eine leichte Beweglichkeit des Bremsgestänges gewährleistet.

Über die ganze Länge des Rahmens erstreckt sich der vollkommen geschlossene Kastenaufbau der Lokomotive. Der mittlere Teil ist der Maschinenraum, der durch Wände von dem hinteren und vorderen Führerstand abgetrennt ist. Ein Gang durch den Maschinenraum ist in der Mitte vorgesehen, und

zwar in Form eines Laufsteges, der über die Getriebe hinwegführt. Damit kann die Gesamtbreite der Lokomotive für die elektrischen Apparate usw. ausgenutzt werden, während bei sonst üblicher Anordnung zwei Seitengänge vorgesehen werden müssen. Dieser Laufsteg erfordert einen nahezu auf die ganze Länge des Maschinenraums sich erstreckenden Aufbau, damit man ungehindert durch den Maschinenraum gehen kann. Die Fenster im Maschinenraum sind gegenüber bisheriger Ausführung nicht mit Fallfenstern, sondern mit Schiebefenstern ausgebildet. Die Dächer sind abnehmbar, damit die einzelnen Ausrüstungsteile mittels Kranes leicht aus der Lokomotive herausgehoben werden können.

An beiden Enden der Lokomotive befindet sich je ein Führerabteil, in dessen vorderer rechten Ecke der Führerstand angeordnet ist.

Von der vorstehend beschriebenen Lokomotive ist zunächst eine Versuchslokomotive in Auftrag gegeben. Der Einzelachsantrieb ist nach einem Vorschlag der Bergmann-Elektrizitäts-Werke von der Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G., Werk Breslau, entworfen. Nach einem weiteren Vorschlag und Entwurf der LHLAG sind noch vier Reserve-Antriebsätze bestellt, die nach Ausbau des BEW-Antriebes ohne weitere Änderung eingebaut und ebenfalls erprobt werden sollen. Dieser Antrieb weicht insofern von dem BEW-Antrieb ab, daß zur Verringerung der Totlasten das Rädervorgelege mit Gehäuse nicht starr auf der Treibachse befestigt ist, sondern auf einer im Rahmen federnd gelagerten Hohlwelle sitzt. Das Getriebe folgt somit nicht mehr dem Spiel der Treibachse. Das unabgefederte Gewicht erstreckt sich also nur auf das unbedingt notwendige Gewicht der Achse.

Im Getriebegehäuse ist die Hohlwelle gelagert, die die Treibachse mit dem durch die Rahmenfederung bedingten Spiel umschließt. Das Antriebsmoment des Motors wird durch ein Ritzel über das Zwischenzahnrad auf das Hauptzahnrad, das auf der Hohlwelle sitzt, übertragen. Die Hohlwelle ihrerseits gibt das Drehmoment durch zwei Gelenkkupplungen auf die Treibräder ab. Siehe Abb. 3.

Lokomotive und Antriebsätze befinden sich zurzeit im Bau. Über die mit Ablauf des Jahres zu erwartenden Betriebserfahrungen wird berichtet werden.