

AEG

Das erste Betriebsjahr der
Elektrischen Schnellzuglokomotive
E 2101
der Deutschen Reichsbahn

Von W. Kleinow, Hennigsdorf
und Dipl.-Ing. H. Tetzlaff, Berlin

SONDERDRUCK
AUS ZENTRALBLATT FÜR DEN ELEKTRISCHEN ZUGBETRIEB
JAHRGANG 1928 · JANUAR-, FEBRUAR-HEFT

Das erste Betriebsjahr der Elektrischen Schnellzuglokomotive E 2101 der Deutschen Reichsbahn.

Von W. Kleinow, Hennigsdorf und Dipl.-Ing. H. Tetzlaff, Berlin.

Im Februarheft des Jahres 1927 der Zeitschrift „Elektrische Bahnen“ ist eine neuartige elektrische Schnellzuglokomotive mit Einzelachs Antrieb der Bauart 2 D₀ 1, Bild 1, beschrieben worden, welche die AEG Lokomotivfabrik an die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft als Versuchslokomotive geliefert hat. Die Lokomotive hat inzwischen ihr erstes Betriebsjahr beendet und über 100 000 Lokkm zurückgelegt. Wegen der vielen Neuerungen im Bau dieser Lokomotive dürfte es erwünscht sein, die im ersten Betriebsjahr mit der neuen Bauart gemachten Erfahrungen bekanntzugeben.

Betriebsleistungen.

Vom 18. Oktober 1926, dem Tage der Inbetriebsetzung, bis zum 4. April 1927 hat die Lokomotive im Bereich der Reichsbahndirektion Halle (Saale) Dienst getan und dabei 37 547 km zurückgelegt. Auf die einzelnen Monate verteilt sich diese Leistung wie folgt:

18. bis 31. Oktober 1926	1 344 km
November 1926	4 943 „
Dezember 1926	8 283 „
Januar 1927	8 801 „
Februar 1927	4 479 „
März 1927	8 638 „
1. bis 4. April 1927	1 059 „

Zusammen 37 547 km

Während dieser Betriebszeit mit insgesamt 169 Tagen wurde die Lokomotive
 17 Tage durch Reparaturen,
 9 „ „ Versuchsfahrten
 einschließlich deren Vorbereitung dem Betriebe entzogen. Von den 17 Reparaturtagen entfielen 14 auf

die Zeit vom 16. Februar bis 2. März 1927. Hier wurden sämtliche Hohlwellenlager nachgearbeitet. Die planmäßige Leistung im Bezirk Halle, die monatlich 8500 km hätte betragen müssen, fiel hierdurch im Monat Februar auf etwa die Hälfte.

Am 5. April 1927 wurde die Lokomotive in den Bezirk der Reichsbahndirektion Breslau überführt, um hier auf den schwierigen Strecken der schlesischen Gebirgsbahnen erprobt zu werden. Die Lokomotive traf am 6. April in Lauban ein und hat in der folgenden Zeit monatlich die nachstehenden Leistungen erzielt:

6. bis 30. April 1927	889 km
Mai 1927	6 078 „
Juni 1927	8 673 „
Juli 1927	13 348 „
August 1917	12 233 „
September 1927	11 841 „
1. bis 17. Oktober 1927	6 400 „ (Okt. 11 214 km)

Zusammen 59 482 km

Während dieser Betriebszeit von insgesamt 195 Tagen wurde die Lokomotive

30 Tage durch Messungen,
9 „ „ Reparaturen,
24 „ „ Versuchsfahrten

einschließlich deren Vorbereitung dem Betriebe entzogen. Im letzten Vierteljahr leistete die Lokomotive monatlich 12 000 km.

In Lauban wurde die Lokomotive nach ihrem Eintreffen im Reichsbahn-Ausbesserungswerk gründlich untersucht. Der Rahmen wurde nach Ausbau sämtlicher Motoren und Achsen genau vermessen. Bei dieser Gelegenheit wurde die Befestigung der Motoren im Rahmen verbessert. Für

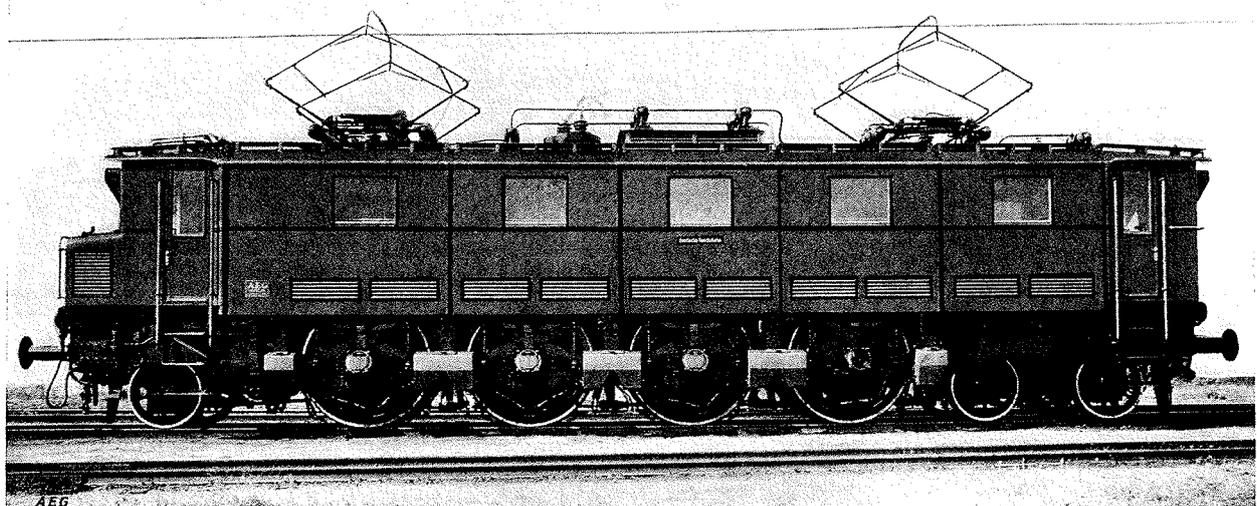
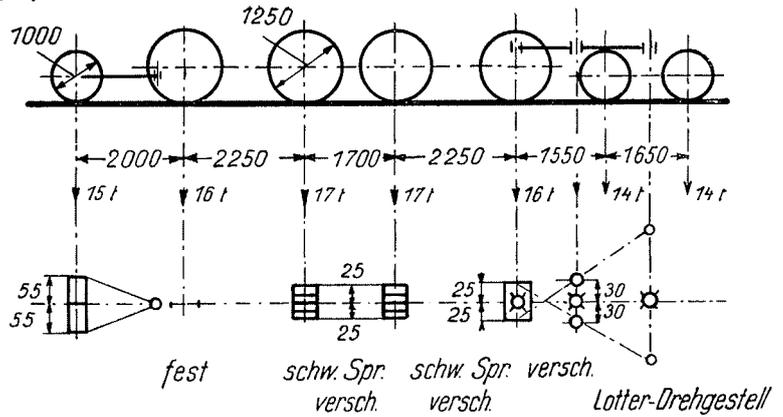


Bild 1. 2 D₀ 1-Schnellzuglokomotive E 2101 der Deutschen Reichsbahn.

suche mit steigender Geschwindigkeit auf dem krümmungsreichsten Teil der Strecke zwischen Freiburg und Nieder-Salzbrunn angestellt. Die Messungen erstreckten sich zunächst auf die Ermittlung der Bogeneinstellung der Lokomotive unter den tatsächlichen Verhältnissen auf der Strecke. Den Bauvorschriften gemäß waren die Achsstände und Achsverschiebbarkeiten so bemessen, daß Krümmungen von 180 m Halbmesser zwanglos durchfahren werden konnten. Die Messungen auf der Strecke Freiburg—Nieder-Salzbrunn bestätigten dies. Durch Schiebewiderstände, die mit den einzelnen Treibachsen in Verbindung gebracht werden, läßt sich die Seitenbewegung verschiebbarer Achsen ebenso wie die Spielraumbildung durch Abnutzung an festen Achsen zuverlässig auf elektrischem Wege messen, indem an die Schiebewiderstände aufzeichnende Spannungsmesser gelegt werden. Bereits bei früheren Versuchsfahrten hat sich die Brauchbarkeit dieses Meßverfahrens erwiesen. So wurde hier festgestellt, daß während der Fahrt in der kleinsten Krümmung von 184 m Halbmesser der Seitenspielraum der Treibachsen in ihren Lagern voll ausgenutzt wird. Natürlich lassen die Aufzeichnungen nicht erkennen, ob hierbei unerwünschte Kraftwirkungen zwischen Schiene und Radflansch oder zwischen Lagerbund und Lagerschale auftreten. Aus dem Verlaufe der hier aufgenommenen Linien kann aber der Schluß gezogen werden, daß keine nennenswerten Querbeanspruchungen auftraten. Außerdem wurde auch die Einstellung der Achsen in der erwähnten schärfsten Krümmung nach vorsichtigem Anhalten beobachtet. Hierbei war zu erkennen, daß noch nicht bei allen Treibachsen die Spurkränze am Schienenkopfe anlagen, daß also keinerlei Zwängen auftrat.

Die weiteren Versuche erstreckten sich sodann auf die Feststellung der Fahrwiderstände im Vergleich zwischen gerader und gekrümmter Strecke und zwischen der 2 D₀ 1-Schnellzug-Lokomotive und einer für die schlesische Gebirgsbahn bisher regelmäßig verwendeten 2 D 1-Personenzug-Lokomotive (Stammnummer 50). Die Achsstände und Seitenverschiebbarkeiten dieser beiden Vergleichslokomotiven sind in Bild 3 dargestellt. Zur Erläuterung diene, daß die Lokomotiven sich durch die Anordnung der einstellbaren Achsen unterscheiden. Während die AEG-Lokomotive E 2101

2 D 1



2 D₀ 1

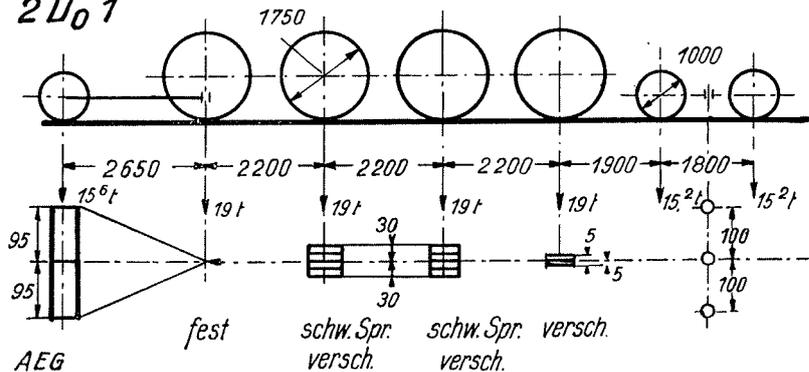


Bild 3.

Radsatzanordnung bei 2 D₀ 1- und 2 D 1-Lokomotiven.

vorne ein seitenverschiebbares, zweiachsiges Laufdrehgestell und hinten ein einachsiges Deichselgestell aufweist, wird die 2 D 1-Lokomotive E 5036 durch ein Krauß-Lottergestell geführt, welches ein gewöhnliches zweiachsiges Drehgestell durch einen Krauß-Helmholtz-Rahmen mit einer quer verschiebbaren Kuppelachse verbindet. Am entgegengesetzten Ende ist ebenfalls ein einachsiges Deichselgestell eingebaut. Diese letztere Lokomotive zeigt eine sehr anpassungsfähige Bogeneinstellung, hat aber trotzdem nicht geringe Seitendrucke in den Lagern aufzuweisen, wie dies ja auf krümmungsreichen Gebirgsstrecken, die mit der höchstzulässigen Geschwindigkeit befahren werden, stets der Fall sein wird.

Zu den Vergleichsmessungen wurde zunächst durch Schleppfahrten der Fahrwiderstand in der Geraden und in der Krümmung ermittelt, indem zwischen die zu erprobende, leerlaufende Lokomotive und eine Zuglokomotive ein Meßwagen für Zugkraftmessung geschaltet wurde. Die Fahrten wurden mit zwei Geschwindigkeiten durchgeführt, nämlich 33 und 55 km/h, die man zur Ausschaltung von Beschleunigungskräften möglichst genau gleich erhielt. Die zweite Geschwindigkeit ist die höchste, mit der die stärkstgekrümmten Streckenabschnitte noch befahren werden können. Die Streckenverhältnisse erlaubten es, diese Fahrten auf einem zu-

nächst geraden und ziemlich gleichmäßig schwach geneigten Abschnitt und unmittelbar anschließend auf dem stärkstgekrümmten, allerdings auch mit starken Steigungen versehenen Streckenteil auszuführen. Aus den Meßergebnissen mußte daher nachträglich der Einfluß der Steigung und auch

usw. hier zu ermitteln. Wir beschränken uns daher auf einen Überblick über das Gesamtergebnis.

Der Fahrwiderstand in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und bezogen auf die Wagerechte ist bei den beiden Vergleichslokomotiven bis zu einer Geschwindigkeit von etwa 40 km/h

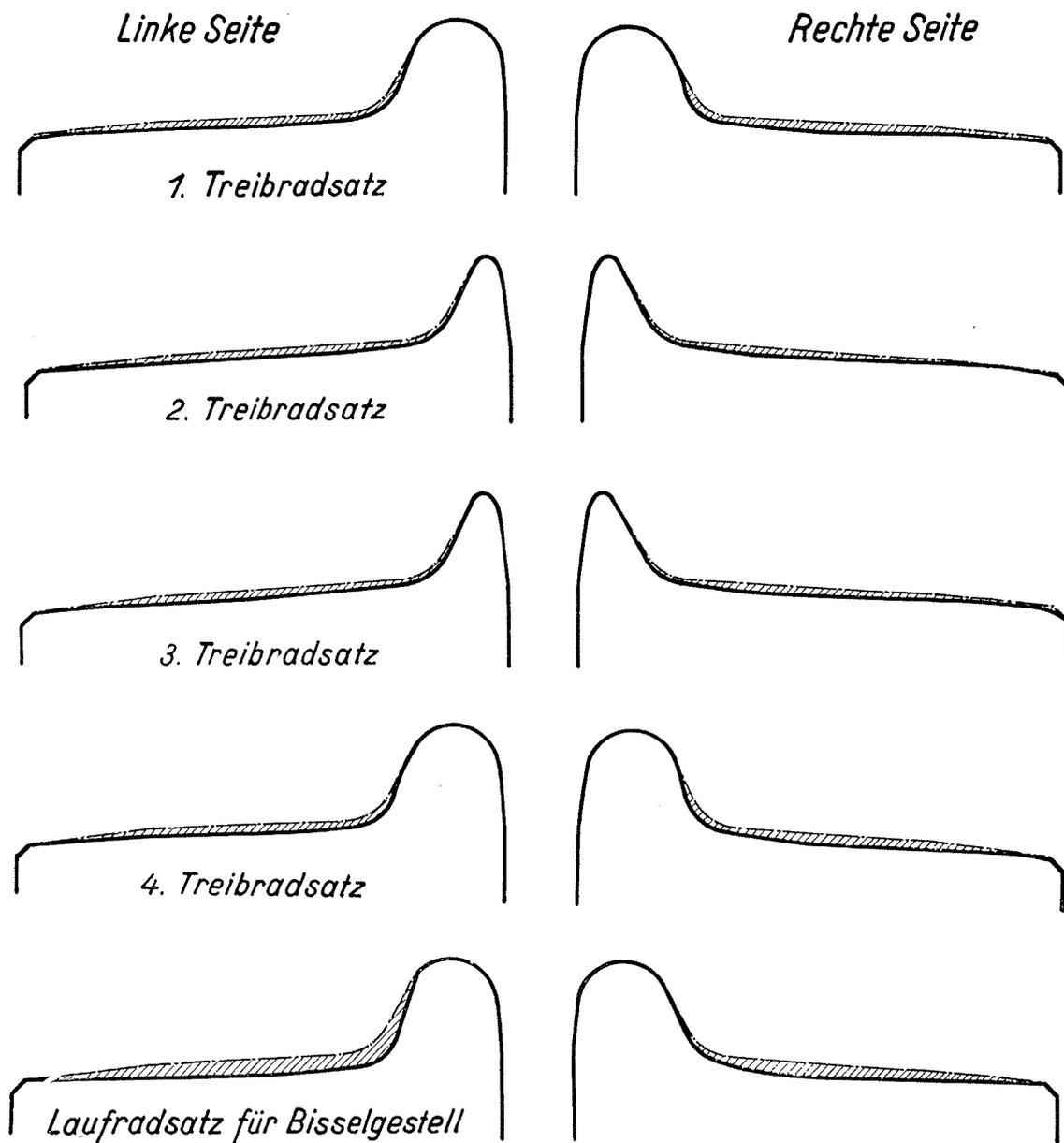


Bild 4.
Radreifen und Spurkränze der 4 Treibachsen und der Bisselachse im neuen Zustande und nach Zurücklegung von 100 000 Lokkm.

des in die Aufschreibungen mit eingehenden Meßwagenwiderstandes herausgebracht werden. Die Steigungswiderstände sind bekannt. Ebenso ist der Fahrwiderstand des Meßwagens bekannt. Der Leerlaufwiderstand der zu untersuchenden Lokomotiven ergibt sich aus dem Schleppversuch in der Geraden. Es würde zu weit führen, aus den Einzelergebnissen dieser Messungen durch Wiedergabe des gesamten Auswertungsganges die einzelnen Widerstandswerte in Abhängigkeit von dem Krümmungshalbmesser, der Fahrgeschwindigkeit

nach den Auswertungsergebnissen gleich, steigt dann aber bei der 2 D₀ 1-Lokomotive E 2101 schneller an als bei der 2 D 1-Lokomotive und liegt bei 55 km/h etwa 18 % höher als bei der 2 D 1-Lokomotive E 5036. Er beträgt ungefähr 5,5 kg/t bei der ersteren und 6,5 kg/t bei der zweiten Vergleichslokomotive. Es ist zur Beurteilung dieser Werte allerdings zu berücksichtigen, daß die Lokomotive E 2101 eine etwas geringere Laufleistung hinter sich hatte als die Lokomotive E 5036 seit deren letzter Untersuchung.

Die aus den Messungen herausgezogenen Bogenwiderstände zeigen ein ähnliches Bild. Auch hier wächst erklärlicherweise der Bogenwiderstand mit der Fahrgeschwindigkeit beträchtlich an. Bei der 2 D 1-Lokomotive E 5036 bleiben die Bogenwiderstände stets unter den nach der Röcklschen Formel errechneten Werten. Bei der 2 D₀ 1 steigt der Bogenwiderstand etwa von 45 km/h an über die Röcklschen Werte, die ja die Geschwindigkeit unberücksichtigt lassen. Bei 33 km/h liegt er etwas darunter, bei 55 km/h etwas darüber. Für größere Bogenhalbmesser gleichen sich die Werte etwas an, so daß bei etwa 500 m Halbmesser keine erheblichen Unterschiede mehr nachzuweisen waren.

Da bekanntlich solche Versuchsfahrten unter zahlreichen Fehlerquellen zu leiden haben, sollte man auf die zahlenmäßige Auswertung, wie sie oben genannt ist, nicht allzu großes Gewicht legen. Es ist aber doch erkennbar, daß die Lokomotive mit dem längeren Radstand in engen Kurven beträchtlich höhere Bogenwiderstände aufweist als die bisher gebauten 2 D 1-Lokomotiven und daß bei dem durchschnittlichen Halbmesser der Gebirgsstrecke Königszell—Dittersbach dieser Unterschied immerhin für den Betrieb (Stromverbrauch) zu spüren sein wird. Da nun diese Lokomotiven aber auf der Gesamtstrecke Görlitz—Königszell im Durchschnitt günstigere Bogenhalbmesser vorfinden, ist es erklärlich, daß die Abnutzungen bei der Lokomotive E 2101 bisher sich sehr günstig entwickelt haben (s. Bild 4). Die stärkere Abnutzung der Anlaufflächen an den Laufachslagern (siehe unten) würde nicht eintreten, sobald in engen Bögen die Endtreibachsen wesentlich an der Führung beteiligt wären. Da nun aber bei den Messungen im Gleis festgestellt worden ist, daß selbst bei 184 m Bogenhalbmesser die dem Drehgestell benachbarte Treibachse mit ihren Spurkränzen nicht an der Schiene anliegt, ist also erwiesen, daß das Drehgestell so gut wie ausschließlich die Führung übernimmt.

Wird den örtlichen Streckenverhältnissen gemäß bei weiterer Ausdehnung des elektrischen Bahnbetriebes der Anteil der Krümmungstrecken an den Gesamtleistungen der Lokomotive nach und nach geringer, so wird die große Überlegenheit einrahmiger Lokomotiven bei der Werkstättenbehandlung gegenüber gegliederten Lokomotiven immer mehr für die einrahmige Bauart sprechen und es werden keine Gründe für die Wahl der gegliederten Personenzuglokomotive aus dem längeren Radstand herzuleiten sein.

Treibachslager.

Die Treibachsen besitzen außerhalb der Räder liegende Lagerzapfen von 180 mm Durchmesser und 350 mm Länge. Geschmiert werden die mit Weißmetall ausgegossenen Lagerschalen aus Rotguß durch einen im Unterteil des Lagerkastens an-

geordneten Rollenapparat, dessen Rollen durch Federn von unten an den Achsschenkel angedrückt werden und beim Lauf der Achse durch Reibung auf dem Achsschenkel abrollen. Diese Schmierung hat zunächst Störungen verursacht. Schon beim Transport der Lokomotive vom Lieferwerk nach Leipzig mußte sie wegen warmer Treibachslager aus dem Zuge ausgesetzt werden. Die Neigung zum Warmlaufen trat besonders an den seitenverschiebbaren Mittelachsen auf. Trotz vielfacher Bemühungen wurde eine durchgreifende grundsätzliche Abhilfe nicht erreicht. Die Lokomotive ist zwar mit dieser Schmierung voll betriebsfähig, wie schon die hohen Betriebsleistungen beweisen, jedoch bedürfen die Treibachslager sorgfältiger Überwachung. Trotz genügenden Ölinhalts tritt gelegentlich, ohne erkennbare Ursache, Warmlaufen und Verschmierung der Weißmetall-Laufflächen ein.

Im Mai des Jahres 1927 wurden daher die Lager einer verschiebbaren Mittelachse gegen andere ausgetauscht, bei welchen die Ölzufuhr zum Lager durch in den Ölvorrat eintauchende umlaufende Flügel von oben bewirkt wurde. Ein Einfluß der Seitenverschiebbarkeit war bei dieser Schmierungsart nicht zu befürchten. Nachdem das Lager seine Betriebssicherheit erwiesen hatte, wurde der Deckel plombiert und das Lager erst nach Ablauf von 50 000 Lokkm wieder geöffnet. Das Lager, das in dieser Zeit überhaupt nicht gewartet und geschmiert worden war, wurde völlig in Ordnung befunden. Der Ölspiegel hatte sich bei dem einen Lager um 2, bei dem anderen Lager um 5 mm gesenkt. Da ein Absenken um 15 mm zulässig ist, hätte das Lager gut die doppelte Leistung ohne Ölzufuhr aushalten können. Die nachbestellten Lokomotiven werden daher zunächst mit Lagern der zweiten Bauart ausgeführt. Versuche mit Rollenapparaten abgeänderter Bauart werden aber fortgesetzt, weil diese Lager erheblich billiger hergestellt werden können.

Laufachslager.

Die Lager der drei Laufachsen sind normale Innenlager mit Weißmetallausguß in Bronzschalen, mit Kissenschmierung von unten und zusätzlicher Oberschmierung. Das Verhalten war normal. Bei den in der Regel sehr hohen Geschwindigkeiten der Lokomotive ist jedoch der Ölverlust groß. Trotzdem läßt die Schmierung an den Seitenflächen noch zu wünschen übrig. Warmlaufen konnte zwar vermieden werden, nachdem alle Rotgußflächen zurückgearbeitet waren, so daß nur die Weißmetallflächen trugen. Die seitliche Abnutzung ist aber verhältnismäßig groß, weil beim Durchfahren von Krümmungen wegen des großen Radstandes erhebliche Kräfte durch die Seitenflächen übertragen werden und hierbei die Schmierung noch nicht genügend reichlich ist. Ob mit Kissenschmierung dieses Übel zu beheben ist,

erscheint fraglich. Bei Spülschmierung werden die Ölverluste noch größer, da an der Radseite eine wirksame Abdichtung des Lagers schwer erreichbar ist. Durchgreifende Abhilfe dürfte nur bei Außenlagern zu erreichen sein.

Lauffähigkeit, Radreifen und Spurkränze.

In der Fahrtrichtung mit dem Drehgestell voran fährt die Lokomotive sehr ruhig und durchaus einwandfrei. Bei der Fahrt mit der Bisselachse voran läßt die Lauffähigkeit bei Geschwindigkeiten über 100 km/h zu wünschen übrig. Die Lokomotive läuft in Krümmungen hart an die äußere Schiene an, wird abgewiesen und durchläuft die Krümmungen in einem Vieleck. Auf gerader Strecke zeigen sich gelegentlich Schlingerbewegungen. Eine Erhöhung der Rückstellkraft ist wohl für die Gerade von Nutzen, für die Krümmung aber vom Übel, da die Lokomotive dann zu steif läuft. Da auf der Seite des Bisselgestells nur ein Rad mit dem Spurkranz die Seitenkräfte überträgt, so zeigt sich auch starker Verschleiß an den Seitenflächen der Laufachslager. Überschreitet dieser Verschleiß das zulässige Maß, so treten Schlingerbewegungen auf, da die Lokomotive widerstandslos seitliche Bewegungen in den Achslagern ausführen kann. Beseitigung dieser Lagerluft ist deshalb des öfteren notwendig.

Eine nachbestellte Lokomotive gleicher Bauart 2 D₀ 1 erhält daher statt der Bisselachse ein Kraußgestell, bei dem die Seitenkräfte auf zwei Achsen verteilt werden. Die in großer Zahl bestellten Lokomotiven der Bauart 1 D₀ 1 erhalten dieses Kraußgestell an beiden Enden.

Bild 4 (S. 6) zeigt die Radreifenprofile und Spurkränze der Bisselachse und der vier Treibachsen im neuen Zustand und nach Zurücklegung

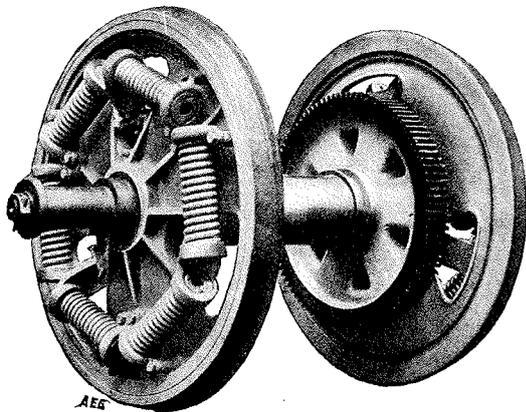


Bild 5.
Treibradsatz mit beiderseitig fest eingespannten Federn.

von 100 000 Lokkm. Das linke Rad der Laufachse neigt ein wenig zum Scharflaufen, während das rechte Rad noch gut erhalten ist. Die Reifen der vier Treibachsen sind sämtlich gut erhalten; sie zeigen Abnutzungen im Laufkreis und Spurkranz von 2,6 mm im Höchstfalle.

Diese Betriebserfahrungen haben die Bedenken, die Lokomotive auf den krümmungsreichen Gebirgsstrecken verkehren zu lassen, zerstreut.

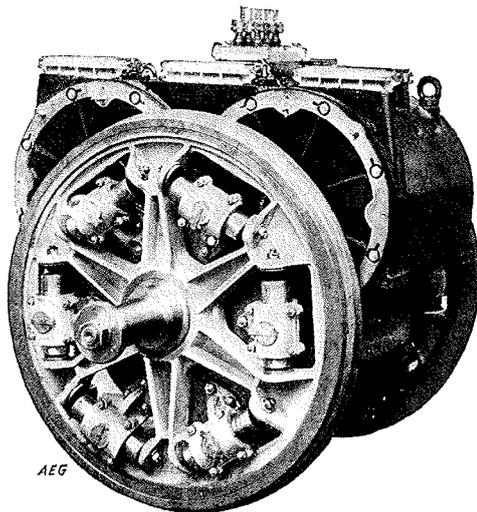


Bild 6.
Treibradsatz mit losen Federn, mit Motor, einbaufertig.

Antrieb.

Für den Antrieb waren bekanntlich zwei Bauformen vorgesehen, davon die erste mit eingespannten Federn (Bild 5), und die zweite mit losen Federn in Gehäusen (Bild 6). Die erste Form ist auch bis heute noch nicht in Betrieb genommen, da die zweite Bauform sich außerordentlich gut bewährt hat. Sie wird auch für alle neu beschafften 1 D₀ 1-Lokomotiven angewandt.

Durch mehrere Veröffentlichungen ist inzwischen bekanntgeworden, daß der erstere Antrieb für die beiden neuen 1 C₀ + C₀ 1-Lokomotiven der Berner Alpenbahn-Gesellschaft, Bern—Lötschberg, angewandt worden ist*). Die ausführende Firma Sécheron besitzt über diesen Antrieb ein schweizerisches Patent Nr 106 695. Es dürfte die Fachwelt interessieren, daß noch vor dem Anmeldedatum dieses Patents, dem 1. Dezember 1923, die Firma Bergmann-Elektrizitätswerke, Akt.-Ges., ein Deutsches Reichs-Gebrauchsmuster unter der Nr 850 785 am 23. Juni 1923 erhielt, so daß also an drei Stellen der gleiche Gedanke zur Verbesserung des Westinghouse-Antriebes aufgetaucht ist.

Bei der Lokomotive E 2101 ist der Antrieb nach Bild 6 verwendet, der lose Federn hat. An der treibenden Hohlwelle sind Ausleger befestigt, welche in einem zweiteiligen Gehäuse zwei Federköpfe aufnehmen, in denen die Arbeitsfeder eingebettet liegt. Die Köpfe können nach innen gegeneinander bewegt werden. Ihre Bewegung nach außen wird durch Flansche verhindert. Die Köpfe finden ihr Widerlager an gehärteten, an den Radspeichen angebrachten auswechselbaren Druck-

*) Vgl. „Die neuen Lötschberg-Lokomotiven Type 1 AAA—AAA 1“ von G. Meyfarth in „Elektrische Bahnen“, Februar 1927.

stücken. Die Töpfe sind ebenfalls an ihrer Oberfläche gehärtet und gleiten in gehärteten Ringen, die in das zweiteilige Gehäuse eingelagert sind.

Die Endflächen der Federtöpfe sind nach einer Kugelfläche von 210 mm Halbmesser gebildet. Durch den Verschleiß wird auf der Kugelfläche

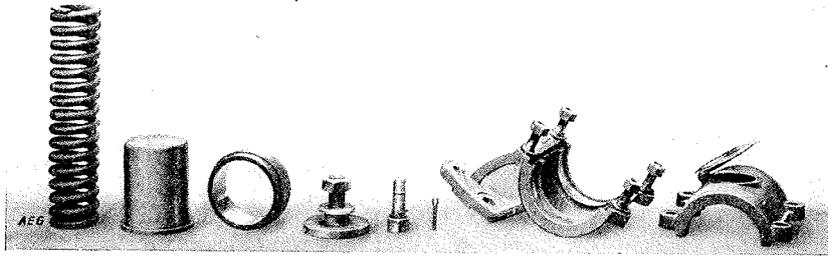


Bild 7.
Einzelteile zum Einzelachsantrieb.

Bild 7 zeigt von links nach rechts die Antriebsfeder, einen Federtopf, einen Führungsring, ein auswechselbares Druckstück, eine Befestigungsschraube mit Splint, das Auslegergehäuse und den Deckel. Bild 8 zeigt vier Federtöpfe nebst zugehörigen Gleitstücken, die nach Zurücklegung von 100 000 Lokkm ausgebaut worden sind. Die hellen Stellen sind die abgenutzten Flächen, die infolge ihrer Hochglanzpolitur weiß erscheinen. Die beiden Antriebsteile auf der linken Seite gehören zur dritten (verschiebbaren) Treibachse, die beiden Teile auf der rechten Seite zur vierten (festen) Achse. An den Druckstücken der linken Seite erkennt man die Seitenverschiebbarkeit der Achse daran, daß die Gleitflächen seitlich verbreitert sind.

eine abgeplattete Fläche vom Durchmesser D gebildet. Die Höhe der verschlissenen Kugelkalotte sei h . Bei acht Töpfen, die den acht Treibrädern nach Zurücklegung von 100 000 Lokkm beliebig entnommen wurden, ist das Maß h zu durchschnittlich 0,42 mm gemessen worden. Der Durchmesser D beträgt im Mittel 36 mm.

Die Endflächen der Druckplatten sind Ebenen. In die ebene Druckfläche ist durch den balligen Federtopf eine flache Vertiefung eingearbeitet. Die Vertiefung beträgt in der Mitte im Mittel 0,16 mm.

Die Abnutzung der aufeinanderarbeitenden Teile ist nach einer Leistung von 100 000 Lokkm als sehr gering zu bezeichnen. Die Flächen sind hochglanzpoliert. Durch den Poliervorgang ist das Material

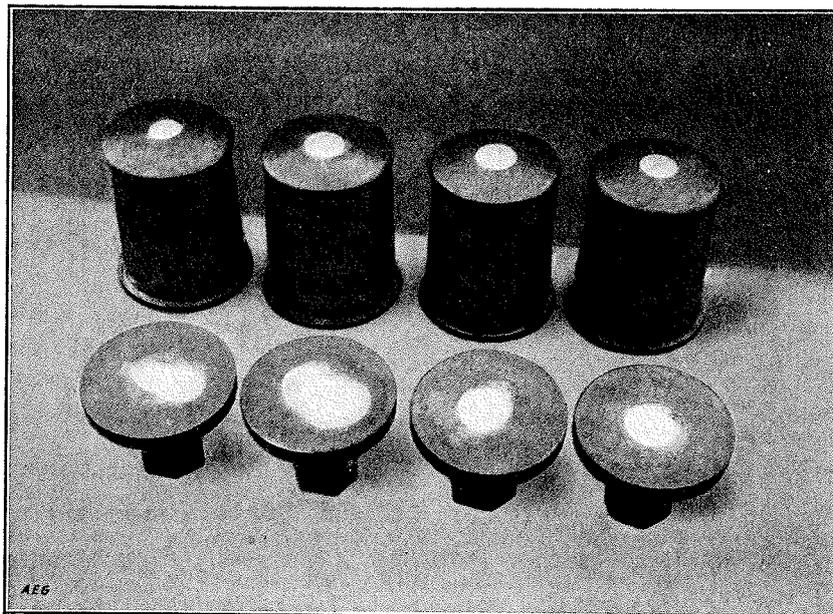


Bild 8.
4 Federtöpfe mit Gleitstücken nach 100 000 Lokkm.

Eine andere Abnutzung als die an den hellen Stellen erkennbare ist weder an den Führungsringen innen noch an den Gleitstücken außen wahrnehmbar.

an den Druckstellen gefestigt, so daß die Abnutzung in Zukunft noch langsamer vor sich gehen dürfte. Federbrüche sind bisher nicht eingetreten und dürften auch in Zukunft nicht zu erwarten

sein, so daß die Lebensdauer der Antriebsteile noch nicht absehbar ist.

Es dürften noch einige Worte über die Schmierung der Antriebsteile zu sagen sein. Die Lieferfirma empfiehlt, an jedem Betriebstage einmal alle Gleitflächen mit einem in Öl getauchten Pinsel zu bestreichen. Der Ölverbrauch hierbei ist verschwindend gering. Die Befolgung dieser Vorschrift erfordert aber eine gewisse Zeit, da an der Lokomotive mit 8 Treibrädern $8 \cdot 6 \cdot 2 = 96$ Druckstellen und ebenso viele Führungsflächen zu schmieren sind.

Nun hat dieses Schmieren natürlich nicht die Bedeutung wie etwa das an einem Lager, wo das Unterlassen des Schmierens schwerwiegende Folgen haben kann. Es darf aber auch nicht regelmäßig versäumt werden. Man kann etwa sagen, daß für diese Arbeit je 24 Stunden 1 Stunde Zeit benötigt wird.

Mit dieser Arbeit ist jetzt der Lokomotiv-Begleiter beauftragt, und zwar soll die Arbeit während irgendeiner passenden Wartezeit ausgeführt werden, so daß keine Dienstverlängerung und somit keine Kosten entstehen, was der Fall wäre, wenn die Arbeit während der Vorbereitungszeit ausgeführt würde. Hierdurch ist nun in gewissem Maße die Unzufriedenheit des Personals hervorgerufen, dem die Ruhezeit auf den Wendestationen gekürzt wird. Aus diesem Umstand leiten aber die betriebführenden Stellen gegen diese so außerordentlich einfache und betriebssichere Antriebsform keinerlei Bedenken her.

Zahnräder.

Die ungefederten Zahnräder mit geraden Flanken zeigen an keiner Stelle eine meßbare Abnutzung. Man kann mit dem Auge gerade erkennen, daß die Schleifspuren verschwinden und die zusammenarbeitenden Flächen sich blank arbeiten. Das Geräusch ist wie bei Inbetriebnahme sowohl im Leerlauf als auch unter Last kaum wahrnehmbar.

Die Zahnradschutzkästen aus Leichtmetall halten vorzüglich dicht, weshalb Ölverluste nicht entstehen.

Die Zahnräder wurden mit einem Gemisch aus zwei Teilen Naßdampföl und einem Teil Talg geschmiert. Nach je drei Monaten wird in jeden Zahnradschutzkasten eine Fettmenge von 3 kg eingefüllt. Eine weitergehende Wartung war nicht erforderlich.

Fahrmotoren.

Jeder Zwillingsmotor ist zwischen 2 Rahmenquerverbindungen auf 4 Konsole gestellt und durch 4 einfache Kopfschrauben von $1\frac{1}{2}$ Zoll Stärke befestigt. Während der Fahrten im Bezirk Halle sind nacheinander 5 solcher Schrauben gebrochen. Vermutlich sind die Brüche durch Schubkräfte

verursacht, welche beim starken Bremsen oder beim Anfahren an den Zug auf die Schrauben ausgeübt werden und in den scharfgeschnittenen Gewindegängen zu Anbrüchen führen. Im Ausbesserungswerk Lauban wurden daher alle Schrauben durch neue, von höherer Kerbfestigkeit ersetzt. Außerdem wurden die Schrauben durch Paßstücke gegen Kräfte in der Längsrichtung der Lokomotive entlastet. Nach diesen Maßnahmen haben sich Brüche nicht mehr ereignet.

Die Hohlwellenlager waren, da sie von vornherein einer besonderen Wartung nicht bedurften, in der Schmierung vernachlässigt worden, indem das Öl unter die zulässige Mindesthöhe gesunken war. Bei einer Untersuchung im Februar 1927 fand man daher sämtliche Lager in den Laufflächen etwas verschmiert. Nachdem sie nachgearbeitet waren und das Personal auf die Einhaltung der erforderlichen Ölhöhe hingewiesen war, haben sich Anstände nicht mehr gezeigt.

Im übrigen haben sich die Motoren in mechanischer und elektrischer Hinsicht sehr gut bewährt. Ein Kommutator mußte wegen Verwendung ungeeigneter Versuchskohlen abgeschliffen werden, zwei andere wurden ebenfalls abgeschliffen, um für eine neue Kohlensorte einwandfreie Ergebnisse zu erhalten. Obgleich gut geeignete Kohlen vorhanden sind, werden solche Versuche fortgesetzt, damit der Betrieb nicht von einer einzigen Lieferfirma abhängig ist.

Die Abnutzung der Kohlen betrug durchschnittlich 0,17 mm je 1000 Lokkm.

Transformator und Stromteiler.

Der Trockentransformator hat bisher keinerlei Anstände gezeigt. Bei einer Untersuchung fand man zwischen seinen Spulen nicht unerhebliche Staubmengen, die auch sonst im Innern des Maschinenraumes sich ablagern. Diese Staubablagerung wird dadurch begünstigt, daß die bei hoher Fahrgeschwindigkeit von der Lokomotive aufgewirbelten Staubwolken durch die ziemlich tief, nämlich unmittelbar über dem Maschinenhausfußboden, angeordneten Luftöffnungen angesaugt werden. Bei den neubestellten 1 D_o 1-Lokomotiven werden daher die Luftöffnungen hoch, zwischen den Fenstern, angeordnet. Außerdem empfiehlt es sich, etwa halbjährlich, den Transformator mit Preßluft auszublasen. Diese Arbeit wird zweckmäßig in der Lokomotive ausgeführt, während der Transformatorlüfter läuft, wodurch die aufgewirbelten Staubeilchen sofort ins Freie befördert werden. In letzter Zeit hat die Reichsbahn Versuche mit der Reinigung der Kühlluft durch ölbenetzte Filter unternommen, die zwar noch nicht abgeschlossen sind, aber günstige Aussichten für die Sauberhaltung besonders von Lufttransformatoren eröffnen und daher auch bei den erwähnten neuen Lokomotiven späterhin Verwendung finden könnten.

Im Oktober 1927 fand an einem Stromteiler ein Überschlag zwischen den Ausführungsverbindungen statt. Die Ursache konnte nicht festgestellt werden.

Steuerung.

Außer einem Leitungsschienenbruch an einer zu den Fahrtwenderschützen führenden Leitung, der auf einen Materialanbruch zurückzuführen ist, hat sich an den gesamten Steuerungsteilen kein Mangel herausgestellt. Die elektromagnetisch betätigten Steuerschützen 1 bis 7 und I bis VII (vgl. Hauptschaltbild Abb. 18 in „Elektrische Bahnen“, Februar 1927) zeigen geringen Verschleiß an den Hauptkontakten, so daß sie ohne Bedenken noch einmal 100 000 Lokkm aushalten können. Nur die Wechselschütze A und B, die bei jedem Schaltungsvorgang abwechselnd arbeiten, zeigen höheren Verschleiß an den Kontakten. Letztere werden nach insgesamt 125 000 Lokkm gegen neue ausgetauscht werden müssen.

Versuchsfahrten.

Im Bezirk Halle fanden am 28. November 1926 wichtige Versuche auf der Strecke Leipzig—Zerbst—Leipzig statt, bei denen ein Schnellzug von 756 t und ein Personenzug von 704 t Anhängergewicht mit gekürzten Fahrzeiten befördert wurden. Über die Versuche ist in der eingangs erwähnten Abhandlung in der Zeitschrift „Elektrische Bahnen“ bereits eingehend berichtet worden.

Ähnliche Versuche wurden am 19. und 20. Mai 1927 auf der Strecke Görlitz—Königszell und zurück vorgenommen.*) Der Teil der Strecke zwischen Görlitz und Dittersbach besitzt eine maßgebende Steigung von 10 ‰, der übrige zwischen Dittersbach und Königszell eine maßgebende Steigung von 20 ‰. Das zu befördernde Zuggewicht (ohne Lokomotive gerechnet) ist durch das Reibungsgewicht der Lokomotive begrenzt. Beim Schnellzug betrug es 79 Achsen oder 690 t auf dem ersteren Teil der Strecke und 57 Achsen oder 520 t auf dem letzteren Teil. Für die Schnellzugsfahrt seien die Ergebnisse hierunter angegeben:

Strecke: Görlitz—Königszell, 154 km.

	Hinfahrt	Rückfahrt
Zahl der Achsen auf Teilstrecke Görlitz—Dittersbach (ohne Lokomotive)	79	79
Zahl der Achsen auf Teilstrecke Dittersbach—Königszell (ohne Lokomotive)	57	57
Gewicht des Zuges auf Teilstrecke Görlitz—Dittersbach (ohne Lokomotive)	690 t	690 t
Gewicht des Zuges auf Teilstrecke Dittersbach—Königszell (ohne Lokomotive)	520 t	520 t
Zurückgelegter Weg Görlitz—Dittersbach	123,1 km	123,4 km
Zurückgelegter Weg Dittersbach—Königszell	30,8 km	30,5 km

*) Vgl. hierzu das Profil Görlitz—Breslau S. 41.

	Hinfahrt	Rückfahrt
Gesamtfahrzeit von der Abfahrt in Görlitz bis zur Ankunft in Königszell bzw. umgekehrt	175,22 min	213,12 min
Zahl der Zwischenaufenthalte einschl. Halten vor dem Signal	9	11
Reine Fahrzeit	156,48 min	167,19 min
Weg unter Strom	99,1 km	85,2 km
Fahrzeit unter Strom	104,22 min	105,58 min
Geleistete Brutto-tkm	119 620	119 600
Verbrauchte Arbeit, aus der Fahrleitung am Stromabnehmer entnommen	3396 kWh = 100 ‰	2960 kWh = 100 ‰
von den Fahrzeugmotoren verbrauchte Arbeit 2988 „ = 88 ‰	2516 „ = 85 ‰	
für Nebenzwecke verbrauchte Arbeit	106 „ = 3,1 ‰	126 „ = 4,3 ‰
Verlust im Transformator und in der Steuerung	302 „ = 8,9 ‰	318 „ = 10,7 ‰
Geleistete Nutzarbeit am Haken 2029 „ = 60 ‰	1720 „ = 58,2 ‰	
Nutzleistung am Zughaken in PSh	2758 PS _e h	2338 PS _e h
auf „reine Fahrzeit“ bezogen	1057 PS _e	839 PS _e
Nutzleistung am Zughaken bezogen auf Fahrzeit unter Strom	1588 PS _e	1328 PS _e
Spezifischer Arbeitsverbrauch je Brutto-tkm	28,4 Wh	24,8 Wh

Für einen besonders interessanten Teil der Fahrt zwischen Lauban und Hirschberg sind die Aufzeichnungen der Registrierinstrumente in Bild 9 dargestellt. Zwischen diesen beiden Orten werden 277 m Höhenunterschied in durchschnittlich 10 ‰ Steigung überwunden. In Greiffenberg, wo alle Züge halten, beginnt die Steigung unmittelbar hinter dem Bahnhof, so daß fast die gesamte Beschleunigung auf der Steigung hervorgerufen ist. Man erkennt aus den Schaulinien, daß der Zug eine Geschwindigkeit von 80 km/h in der Steigung erreicht hat und längere Zeit hiermit gefahren ist. Dabei betrug die Fahrleitungsspannung 13 100 V, die Stromstärke hochspannungsseitig 245 A, die Zugkraft am Haken 9800 kg, die Nutzleistung am Haken 2900 PSe und die Leistungsaufnahme am Stromabnehmer 3100 kW. Trotz des erheblichen Spannungsabfalls (Normalspannung 15 000 V) wurde mit Stufe 23 gefahren, so daß von den 24 verfügbaren Stufen noch eine in Reserve war. Die Leistung der Lokomotive war also noch nicht voll ausgenutzt.

Die Erwärmung des Transformators am Eisen und Kupfer konnte während der Fahrt laufend gemessen werden. Bei einer zwischen 14° und 20° wechselnden Außentemperatur schwankte die Temperatur des Eisens zwischen 62° und 42°, die des Kupfers zwischen 48° und 16°. Man erkennt an diesen Zahlen wieder die vorzügliche Kühlung des Transformators. An den Motoren konnten wegen des gespannten Fahrplans nur ganz wenige Messungen ausgeführt werden. Die höchste Kommutatortemperatur wurde auf der Rückfahrt

in Dittersbach mit 89° festgestellt. Bei der Ankunft in Görlitz betrug die Temperatur der Erregerwicklung 41°, der Wendepolwicklung 38°.

Bild 10 läßt die Anfahrt eines Zuges von 520 t Gewicht auf der Strecke zwischen Freiburg und Nieder-Salzbrunn vor Block Libichau in Abhängigkeit von der Zeit erkennen.

Die Anfahrt wurde in der Weise bewerkstelligt, daß man den Zug erst etwa 20 m unter Sandstreuen rückwärts laufen ließ, dann festbremste, und nach dem Lösen der Bremse anfuhr. Auf der Stufe 5 begann das Anfahren stoßfrei und sicher, ohne daß Schleudern eintrat. Während der ersten 20 Sekunden betrug die Zugkraft am Haken im Mittel 17 250 kg, dabei wurde eine Geschwindigkeit von 6,25 km/h oder 1,735 m/s erreicht. Die Anfahrbeschleunigung betrug also 0,087 m/s². Da die Steigung 1 : 57 beträgt, so errechnen sich für den Wagenzug

die Hubkraft zu $520 \text{ t} \cdot 17,5 \text{ kg/t} = 9120 \text{ kg}$
 die Beschleunigungskraft zu

$$\frac{520\,000}{9,81} \cdot 1,05 \cdot 0,087 = 4810 \text{ ,,}$$

zusammen 13 930 kg,

so daß zur Überwindung des Fahr- und

Krümmungswiderstandes verbleiben $\frac{3320 \text{ ,,}}{17\,250 \text{ kg}}$

Der Fahr- und Krümmungswiderstand betrug also

$$\frac{3320}{520} = 6,4 \text{ kg/t,}$$

wovon etwa 2,4 kg auf den Fahrwiderstand, 4,0 kg/t auf den Krümmungswiderstand entfallen mögen.

Für die Lokomotive im Gewicht von 122 t errechnen sich folgende Zugkräfte:

Hubkraft . . . $122 \text{ t} \cdot 17,5 \text{ kg/t} = 2140 \text{ kg}$
 Beschleunigungskraft

$$\frac{122\,000}{9,81} \cdot 1,40 \cdot 0,087 = 1500 \text{ ,,}$$

Fahr- und Krümmungswiderstand

$$\frac{122(3,5 + 6,0)}{4800} = 1160 \text{ ,,}$$

Die Zugkraft am Radumfang betrug demnach

$$\frac{17\,250 \text{ kg} + 4\,800 \text{ ,,}}{22\,050 \text{ kg}}$$

bei 76 t Reibungsgewicht. Letzteres wurde also mit 290 kg/t in Anspruch genommen, ohne daß Schleudern eintrat. Allerdings waren die Schienen trocken und zum Teil gesandet.

Schleudern trat ein zur Zeit 3' 35" bei einer Zugkraft am Haken von 13 000 kg und einer Geschwindigkeit von 53 km/h bei der Einfahrt in die Krümmung von 360 m Halbmesser bei km 63,1. Die Zugkraft am Radumfang mag hierbei 17 000 kg betragen haben, so daß die Reibung mit $\frac{17\,000}{76}$

= 225 kg je t Reibungsgewicht in Anspruch genommen war ($\mu = \frac{1}{4,5}$).

In der Geraden zwischen km 64 und 65 auf der Steigung 1 : 50 wurde der Beharrungszustand erreicht bei 52 km/h Fahrgeschwindigkeit. Die Zugkraft am Haken betrug hierbei 11 600 kg, die Nutzleistung am Haken 2240 PSe.

Die größte Leistungsaufnahme bei der Anfahrt betrug 3300 kW hochspannungsseitig bei 50 km/h Fahrgeschwindigkeit.

Bemerkenswert ist noch der Leistungsfaktor der Lokomotive während der Anfahrt; er betrug

bei 10 km/h	0,68
„ 20 „	0,81
„ 30 „	0,90
„ 40 „	0,94.

Wenn man berücksichtigt, daß diese Werte von einer Schnellzuglokomotive für 110 km/h Höchstgeschwindigkeit erreicht wurden, so müssen sie als außerordentlich günstig bezeichnet werden.

Im Oktober 1927 veranstaltete die Reichsbahndirektion Breslau eine Probefahrt, um festzustellen, mit welchen Fahrzeiten man auf der Gebirgsstrecke einen Zug von 500 t fahren kann, da diese Fahrzeiten dem nächstjährigen Schnellzugsfahrplan zugrunde gelegt werden sollen. Das Ergebnis litt darunter, daß bei den fortwährenden Krümmungen und den zahlreichen, durch Anhang zum Fahrplanbuch gegebenen Beschränkungen bei dem Lokomotivführer Unsicherheit über die höchstzulässige Fahrgeschwindigkeit bestand, die anzuwenden die Lokomotive ohne weiteres gestattet hätte. Lange Steigungen von 10 ‰ konnten ohne unzulässige Erwärmung der Motoren oder des Transformators mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h befahren werden, wodurch eine beträchtliche Zeitersparnis erzielt wurde. Auf den Teilstrecken im Grubenbezirk ist mit Rücksicht auf Grubenschäden die Höchstgeschwindigkeit vielfach auf 45 km/h beschränkt, während die Lokomotive ohne weiteres 65 km/h gestatten würde. Auf Grund der Versuchsfahrt kann die Fahrzeit zwischen Königszelt und Görlitz um 1/2 Stunde gekürzt werden. Es wird damit bei einer Gesamtfahrzeit von Görlitz nach Königszelt von rund 2 h 36 min eine Reisegeschwindigkeit von rund 60 km/h erzielt. Die Fahrzeit beträgt augenblicklich 3 h 6 min, was einer Reisegeschwindigkeit von 50 km/h entspricht. Vor Einführung des elektrischen Betriebes wurde mit Dampflokomotiven im Jahre 1913 der Schnellzug auf derselben Strecke in 3 h 47 min gefahren, was eine Reisegeschwindigkeit von 41 km/h ergibt. Es kann somit hier der zeitgemäße elektrische Betrieb eine um 50 % gesteigerte Reisegeschwindigkeit gegen den Dampftrieb erzielen.

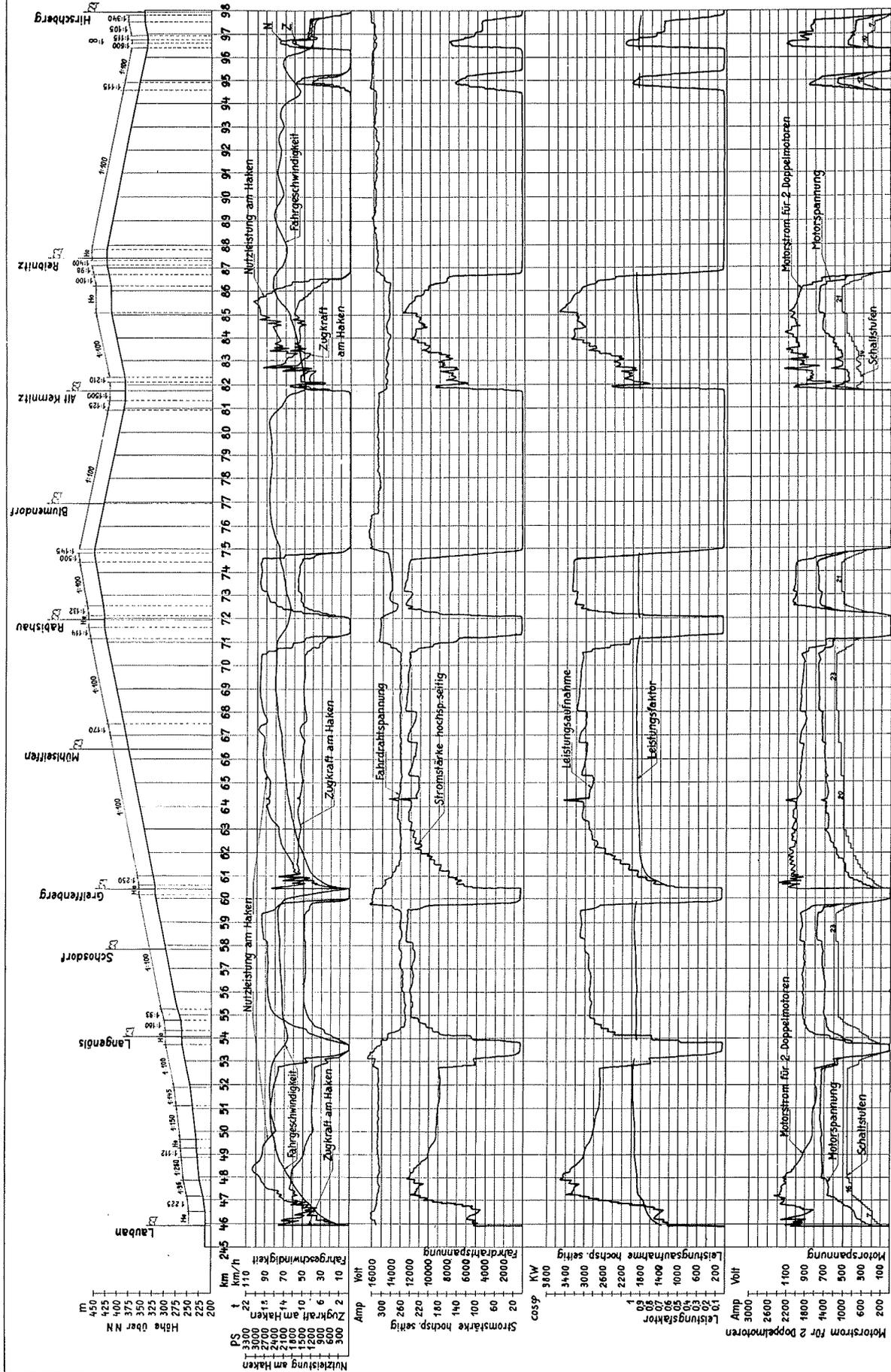


Bild 9. Teilergebnisse einer Meßfahrt (19. 3. 27).

Schlußbemerkungen.

Die von den Reichsbahn-Direktionen Halle und Breslau abgegebenen Urteile über die Betriebsergebnisse der Lokomotive E 2101 lauten sehr günstig. Beide rühmen die große Betriebssicherheit

der ruhige und geräuschfreie Lauf der Getriebe ohne Ölverlust, die gute Zugänglichkeit der Treibachslager, die leichte Auswechselbarkeit der Tragfedern, gute Übersicht und Zugänglichkeit der verschie-

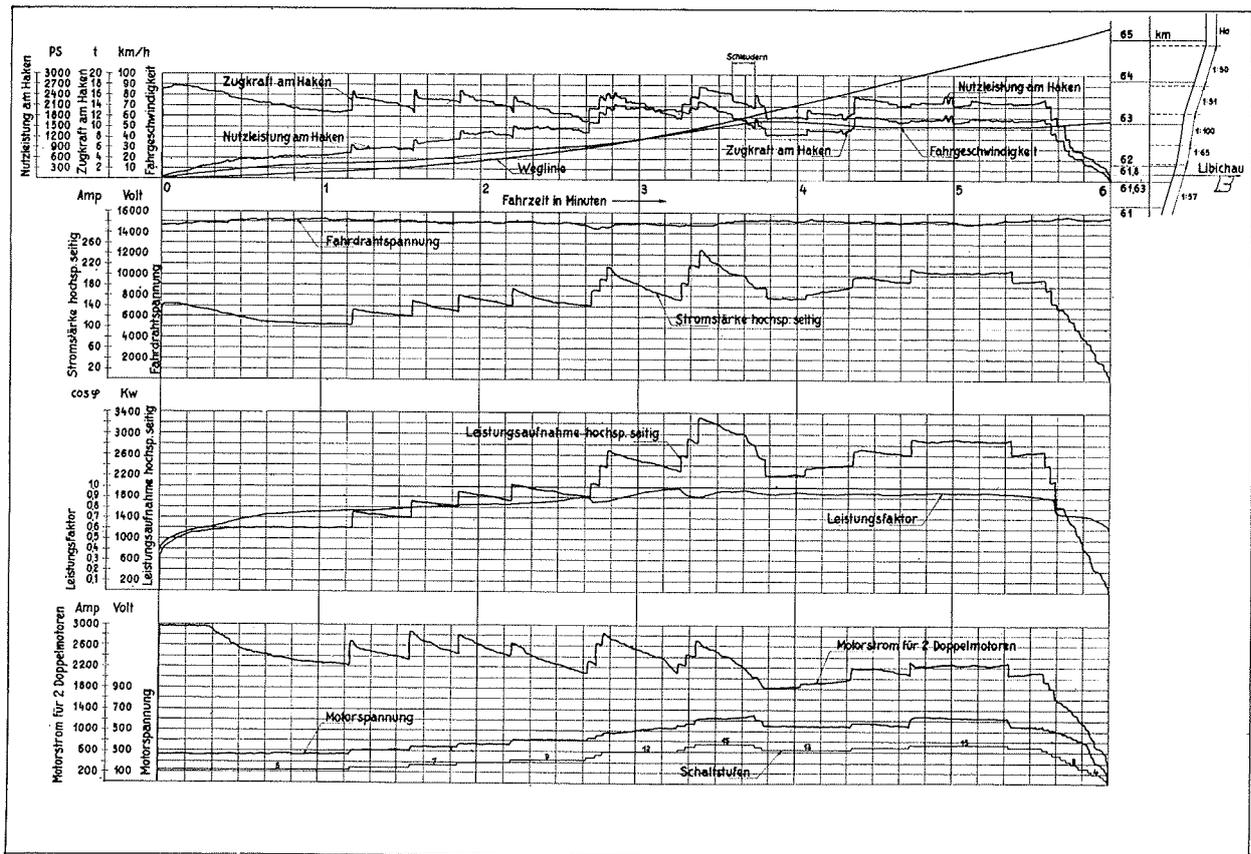


Bild 10.
Anfahrt auf der Steigung bei Block Libichau.

und geringe Notwendigkeit von Unterhaltungsarbeiten, worauf die allgemeine Beliebtheit der Lokomotive beim Personal und bei der Betriebswerkstatt zurückzuführen ist.

Als besondere Vorteile werden aufgeführt: das sichere Arbeiten und der geringe Abbrand der Steuerungsschütze, der Wegfall des Transformatoröls und der damit zusammenhängenden Unzuträglichkeiten,

denen Lokomotivteile infolge der durchsichtigen Rahmenbauart.

Die sehr guten Ergebnisse der neuen Bauart rechtfertigen das Vorgehen der Deutschen Reichsbahn, welche außer der Nachbestellung einer zweiten Lokomotive fast gleicher Bauart an die AEG, inzwischen 38 Lokomotiven der Bauart 1 D₀ 1 in grundsätzlich gleicher Anordnung bei den Firmen AEG und SSW in Bestellung gegeben hat.