

# Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Dr. Ing. Heinrich Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

93. Jahrgang

1. Oktober 1938

Heft 19

## Die Elektrisierung der Höllentalbahn.

Von Reichsbahnrat Dipl.-Ing. Dr. H. Schuhmann, RBD. Karlsruhe.

### Vorgeschichte der Elektrisierung.

Als die Reichsbahn im Frühjahr 1934 mit der Elektrisierung der von Freiburg über den Schwarzwald nach Donaueschingen führenden Höllentalbahn an die Öffentlichkeit trat, wurde von den verschiedensten Seiten nicht mit Unrecht die Frage aufgeworfen, warum gerade diese Strecke und nicht eine verkehrlich wichtigere Strecke Badens elektrisiert wird. Die Höllentalbahn war aber ausersehen für einen weiteren Versuch der Reichsbahn auf dem Gebiet des Bezuges von Bahnstrom von der Elektrizitätswirtschaft. Neben den beiden vorher schon begonnenen Versuchen mit ortsfesten Umrichtern, bei denen aus dem Landesnetz Strom mit 50 Hz. entnommen und in Bahnstrom von  $16\frac{2}{3}$  Hz. umgewandelt wird, sollte hier die direkte Stromversorgung mit 50 Hz. erprobt werden. Für diesen Versuch war die Höllentalbahn und die in ihrem Bereich liegenden beiden Nebenbahnen Titisee—Seebrugg und Kappel-Gutachbrücke—Bonndorf, deren Übersichtsplan in Abb. 1 wiedergegeben ist, wesentlich besser

eine solche mit Hochspannungssteuerung bauen. Die Firma SSW. dagegen schlug eine Lokomotive mit 50 Hz. Kollektormotoren vor. Die Firma Krupp endlich bot eine Lokomotive an, die mit je einem Asynchronmotor mit Zwischenläufer und einem Drehstrommotor für jede Achse ausgerüstet ist (vergl. auch Auszug aus ETZ. 1937, Heft 39 auf Seite 286 dieser Zeitschrift). Die Reichsbahn hat den obengenannten Firmen je eine Lokomotive nach der vorgeschlagenen Bauart in Auftrag gegeben. Dabei wurde der wagenbauliche und der nicht-elektrische Teil der Ellok weitmöglichst einheitlich gehalten. Gewählt wurde in Anlehnung an die Bauweise der E 44 die Achsfolge Bo' Bo'. Das Lokgewicht beträgt rund 85 t, die Antriebsmotoren sind als Tatzlagermotoren ausgebildet, die Achsen selbst liegen auf Peyinghauslagern. In Rücksicht auf die Gebirgsstrecke, die die Ellok zu befahren haben, wurden sie neben der durchgehenden selbsttätigen Hildebrand-Knorrbremse mit einer nichtselbsttätigen Regulierbremse (Henrybremse) und einer Zusatzbremse ausgerüstet. Außerdem erhielten die neuen Ellok elektrische Bremsen, die bei der AEG., BBC.- und SSW.-Lok als Widerstandsbremse ausgebildet ist. Die Krupplok ist infolge der Eigenart ihrer Motoren ohne zusätzliche Einrichtungen in der Lage, bei Erreichen der einer bestimmten Fahrstellung der Steuerung zugeordneten Geschwindigkeit bei der Talfahrt Bremskräfte auszuüben und den dabei gewonnenen Strom in die Fahrleitung zurückzuschicken. Während mit den Widerstandsbremsen nur das Lokgewicht und ein kleiner Teil des Zuggewichtes abgebremst werden kann, vermag die Krupplok bei der Talfahrt das gesamte Zuggewicht abzubremsen.

Die Ellok wurden für eine Stundenleistung von rund 2000 kW ausgelegt. Die kurzzeitige Überlastungsfähigkeit der Motoren auf das Doppelte der Stundenleistung reicht aus, beim ausnahmsweisen Anhalten auf der Steigung den Zug in Bewegung setzen und auf volle Geschwindigkeit beschleunigen zu können.

Man war sich darüber klar, daß mit diesen neuen vier Triebfahrzeugen nur ein Teil des Zugbetriebes auf der Höllentalbahn bewältigt werden kann und daß nach wie vor Dampflok eingesetzt werden müssen. Die Reichsbahn hat bewußt diesen Schritt getan. Bei den neuartigen Konstruktionen war Zurückhaltung und Vorsicht am Platze. Zunächst wollte man die nötigen Erfahrungen nicht nur über die Betriebsfähigkeit, sondern auch über die Wirtschaftlichkeit in bezug auf Zugbetrieb und Unterhaltung sammeln.

**Stromversorgung.** Für die Stromversorgung der Höllentalbahn kam nur die Badische Landeselektrizitätsversorgung (Badenwerk) in Frage, die auch bei Störungen in einzelnen Kraftwerken oder Sammelleitungen leistungsfähig genug ist, den im Zugbetrieb benötigten und dazu stoßweise auftretenden Energiebedarf mit Sicherheit zu liefern und die gegebenenfalls zu erwartenden unsymmetrischen Belastungen des Drehstromnetzes zu übernehmen. Somit teilen sich in die Stromversorgung hauptsächlich das Murg-Schwarzenbachwerk, das Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt und das Schluchseewerk.

Mit der Wahl der Strecke war auch entschieden, daß eine Aufteilung der drei Phasen auf die Strecke, ähnlich wie es in



Abb. 1.

Übersichtsplan der Höllentalbahn und ihrer beiden Nebenbahnen.

geeignet, als eine der verkehrswichtigeren Strecken Badens. Erstens ist die Höllentalbahn eine der schwierigsten Gebirgsstrecken der Reichsbahn überhaupt, sie vermag also dem Versuchsbetrieb keine leichten Bedingungen zu stellen, zumal sie neben ihrem Charakter als Gebirgsbahn einen nicht unerheblichen Verkehr aufweist. Andererseits haben aber in verkehrlicher Hinsicht die Versuchsfahrten, etwaige Störungen in der Stromversorgung oder Ausfälle der neuartigen Ellok Beeinträchtigungen der durchgehenden Schnellzugsverbindungen nicht zur Folge. Endlich liegt sie getrennt von bereits elektrisierten und mit  $16\frac{2}{3}$  Hz. betriebenen Strecken.

**Triebfahrzeuge.** Die Reichsbahn hat mit diesem Versuch gleichzeitig der Elektroindustrie die Möglichkeit geboten, wertvolle Entwicklungsarbeit zu leisten und neue Probleme zu lösen; denn das Neue war jetzt das Fahrzeug, dem der Strom mit der Frequenz des Landesnetzes unmittelbar zugeführt wird, im Gegensatz zu den beiden anderen Versuchen, wo die Neuerung in der Verwendung neuartiger ortsfester Anlagen, den Umrichtern, bestand.

In enger Zusammenarbeit mit der Reichsbahn haben die Firmen AEG., BBC., SSW. und Krupp Entwürfe ausgearbeitet, wobei den einzelnen Firmen für den Aufbau des elektrischen Teiles völlig freie Hand gelassen war. Die Firma AEG. wollte eine Gleichrichterlok mit Gittersteuerung und die Firma BBC.

Ungarn geschehen ist, nicht in Frage kommen konnte. Diese Bauweise hätte, um die drei Zweige sicher gegeneinander zu isolieren, zwei Schutzstrecken, also zwei genügend lange und spannungslose Fahrleitungsabschnitte, bedingt. Auf der Höllentalbahn sind aber zwei solcher Strecken mit geringer oder gar keiner Neigung, die mit Schwung hätten durchfahren werden können, nicht vorhanden.

Die gesamte Höllentalbahn mit nur einer Phase des Drehstromnetzes zu versorgen, hielt man für zu gewagt. Es lagen auch auf diesem Gebiet zu wenig Erfahrung vor. Das Badenwerk befürchtete durch diese einphasige Belastung — es mußte nach dem Vollausbau mit rund 15000 kW gerechnet werden — eine unzulässige Unsymmetrie seines Netzes und dabei eine störende Einwirkung auf andere Stromverbraucher und vor allem auf die Stromerzeuger.

Es blieb daher die Speisung der Strecke mit zwei Phasen, die aus dem Drehstrom nach der von Scott angegebenen Schaltung zweier Umspanner verhältnismäßig einfach zu gewinnen sind, als Ausweg übrig (s. Abb. 2, in der die grundsätzliche Anordnung der Scottschaltung wiedergegeben ist). Damit war auch nur noch eine Schutzstrecke notwendig, für die im Scheitelpunkt der Bahn zwischen Hinterzarten und Titisee eine brauchbare Stelle zur Verfügung stand, weil sich

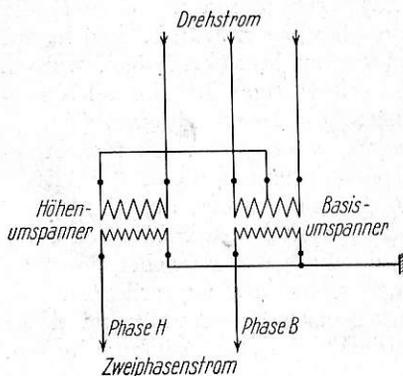


Abb. 2. Die Scottschaltung, Grundsätzliches Schaltbild.

weils nur schwache Neigungen anschließen. Durch die Scottschaltung sind außerdem die drei Phasen des Drehstromnetzes miteinander verkettet, wodurch bei ungleichmäßiger Einphasenlast ein teilweiser Ausgleich für das Drehstromnetz herbeigeführt wird.

Berechnungen über den zu erwartenden Spannungsabfall, der bekanntlich bei 50 Hz. Wechselstrom höher ist als bei

Wechselstrom mit  $16\frac{2}{3}$  Hz., ließen eine Erhöhung der Fahrdrabtspannung von 15 auf 20 kV geboten erscheinen. Dagegen reichte die Schiene als Rückleitung völlig aus, so daß auf Einbau von Schienenquerverbindern oder eine größere Anzahl von Erdplatten verzichtet werden konnte.

Zuletzt galt es noch, den wirtschaftlich günstigsten Platz für das Unterwerk zu finden. Auf Grund von Berechnungen wurde ermittelt, daß die Errichtung des Unterwerkes in Titisee sowie eine rund 19 km lange Abzweigleitung von der die Höllentalbahn bei Löffingen kreuzenden 110 kV Landessammelleitung zum Unterwerk am wirtschaftlichsten ist.

Bauliche Maßnahmen für die Elektrisierung. Es stand von Anfang an schon fest, daß die Elektrisierung der Höllentalbahn in zwei Bauabschnitten durchgeführt werden sollte. Der erste Ausbau sollte die 36,4 km lange Strecke Freiburg bis Neustadt und die 19,2 km lange Strecke Titisee bis Seebrugg umfassen. Auf diesen Teilstrecken sollten zunächst die vier Fahrzeuge erprobt und Erfahrungen über Bewährung der einzelnen Systeme gesammelt werden. Der Übergang zum vollelektrischen Betrieb auf diesen Teilstrecken, d. h. die Beschaffung der noch erforderlichen Triebfahrzeuge war erst dann vorgesehen, wenn Klarheit darüber bestehen würde, welche Bauart für eine Nachbestellung in Frage kommt. Die Elektrisierung des Restes der Höllentalbahn bis Donaueschingen (39,9 km) und der von Kappel-Gutachbrücke bis Bonndorf führenden Strecke (19,8 km) sowie die Beschaffung der weiterhin benötigten Triebfahrzeuge war dem zweiten Bauabschnitt vorbehalten. Dabei war vorausgesetzt, daß die Ergebnisse des

Versuchsbetriebes befriedigen und die Weiterführung des Versuches mit mehr Fahrzeugen und auf einer größeren Strecke rechtfertigen würden.

Mit der Umstellung der Höllentalbahn auf elektrischen Zugbetrieb sollten aber auch verkehrliche Verbesserungen, vor allem Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit, verknüpft werden. So wurden Linienverbesserungen, Begradigungen der Gleise, Vergrößerung der Übergangsbögen und Überhöhungen der Bögen, Verflachung der Ein- und Ausfahrten von Bahnhöfen und den damit zusammenhängenden Umbauten an Bahnsteiganlagen in Aussicht genommen. Um den für die elektrischen Anlagen erforderlichen Lichtraum zu gewinnen, sollten vorhandene Brücken gehoben oder das Gleis abgesenkt werden. Vor allem aber zwangen die alten Tunnel, deren Querschnitte derart knapp sind, daß auch Gleisabsenkungen nicht ausreichten, zu einer für die Baukosten sehr einschneidenden Maßnahme. Neben der Schaffung des noch fehlenden Raumes für die Aufhängung der Fahrleitung im Tunnelgewölbe durch Ausbrechen von Nischen von 0,80 m Tiefe und 1,40 m Breite aus dem Tunnelgewölbe, entschloß man sich statt eines Regelstromabnehmers mit 2100 mm Breite einen solchen von nur 1300 mm Breite für die Treibfahrzeuge vorzusehen. Diese Maßnahme hatte zur Folge, daß die Zick-Zackverlegung des Fahrdrabtes mit Rücksicht auf einen betriebssicheren Bügellauf auf  $\pm 20$  cm statt der Regelausführung mit  $\pm 50$  cm beschränkt werden mußte. Infolgedessen konnte auch der bisherige größte Mastabstand in der Geraden von 75 m nicht mehr beibehalten, sondern mußte auf 50 m herabgesetzt werden. Auch in den Krümmungen wurde der sonst übliche Mastabstand geringer.

Außerdem war die Verkabelung sämtlicher Fernmeldeanlagen sowie der Licht- und Kraftfreileitungen vorgesehen. Auf eine Umstellung der Versorgung der Bahnhöfe mit Licht und Kraft aus der Fahrleitung wurde verzichtet, weil zum Teil günstige Stromlieferungsverträge mit Ortsnetzen abgeschlossen waren; andererseits lagen über die Höhe der auftretenden Spannungsabfälle nur Berechnungen, aber noch keine Erfahrungen vor.

Diese Bau- und Umbauarbeiten, die entsprechend dem ersten Ausbau der Elektrisierung auch zunächst nur für die Strecken Freiburg bis Neustadt und Titisee bis Seebrugg vorgenommen wurden, gingen den eigentlichen Elektrisierungsarbeiten voraus.

Im folgenden sollen nur die ortsfesten Anlagen, Unterwerk und Fahrleitungsanlagen beschrieben werden; über den Versuchsbetrieb zu berichten, muß späteren Aufsätzen vorbehalten bleiben, weil die Versuche noch nicht abgeschlossen sind, also ein allgemein gültiges Urteil noch nicht gefällt werden kann.

#### A. Die Anlagen für die Stromversorgung. Zuführungsleitung.

Die Zuführungsleitung zum Unterwerk ist in einer Entfernung von rund 19 km unmittelbar an die 110 kV Landessammelleitung des Badenwerks angeschlossen. Sie ist für zwei Stromkreise vorgesehen, von denen aber zunächst nur ein Stromkreis verlegt worden ist. Der zweite Stromkreis ist für den Übergang auf elektrischen Vollbetrieb vorbehalten. Die Verbindung mit der Landessammelleitung erfolgt jetzt über Trennschalter, beim Vollausbau sollen dann die Trennschalter durch Leistungsschalter ersetzt werden.

Als Leitungsträger wurden Gittermaste mit Ausleger verwendet, die eine Anordnung der Seile in einer Ebene ermöglichen (s. Abb. 3). Diese Anordnung hat den Vorzug, daß eine unzulässige Annäherung der Seile durch Reif-, Eis- oder Schneebelastung unmöglich ist. Eine größere Länge der Ausleger (im Mittel 22 bis 25 m) wurde dabei mit in Kauf genommen.

Um bei Leitungsbruch eine Verdrehungsbeanspruchung der Maste zu verhindern, wurden die Ausleger drehbar angeordnet und mit einem sogenannten Knickstab festgehalten, der bei Überbeanspruchung des Auslegers nachgibt, so daß der Ausleger ausschwenken kann. Als Leitungsmaterial wurde Stahlaluminiumseil von 150 mm<sup>2</sup> Querschnitt und für die beiden Erdseile 50 mm<sup>2</sup> Stahlseil verwendet. Die drei Staluseile wiegen zusammen 15 t und die zwei Erdseile rund 34 t. Insgesamt wurden 99 Maste mit einem Gewicht von rund 377 t gestellt. Die Tragmaste sind auf Schwellenfundament, die Abspannmaste auf Klotzfundament gegründet. Jeder Mast ist mit einer vierarmigen 20 m langen Strahlenerde versehen. Der größte Mastabstand ist 240 m, der höchste Mast 35 m.

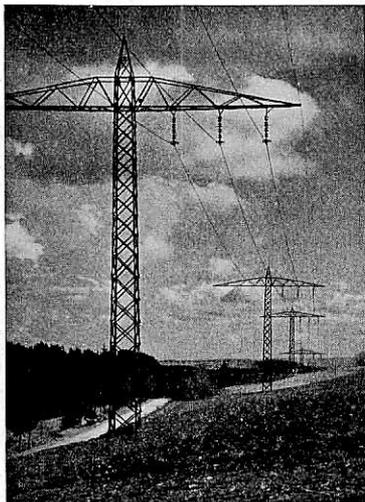


Abb. 3.  
Anordnung der Freileitung.

einmal der von der Landessammelleitung zugeführte Strom von 110 kV auf die Fahrdrachtspannung von 20 kV herabgespannt, und dann der herabgespannte Strom auf die Fahrleitungsabschnitte verteilt. Für den ersten Versuchsabschnitt wurden nur die hierfür erforderlichen Teile erstellt; die Anlage wurde aber so bemessen, daß sie erweiterungsfähig ist. Lediglich das Gerüst der Verteilungsanlage ist schon jetzt in seiner endgültigen Form errichtet worden.

*Abspannanlage.*

Den Hauptbestandteil der Abspannanlage bilden die Scottumspanner, von denen zunächst nur ein Satz aufgestellt wurde. Der Drehstrom wird den Umspannern von der an einem Gerüst abgefangenen Drehstrom-Zuführungsleitung über einen dreipoligen Trennschalter, eine Sammelschiene und über einen dreipoligen

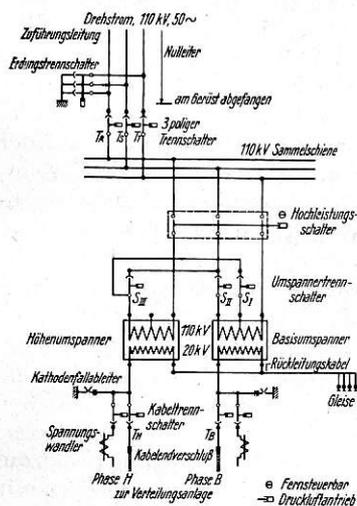


Abb. 4. Grundsätzliches Schaltbild der Umspannanlage Titisee.

die eingestellte Zeit hinaus Überstrom auftritt. Die beiden Umspanner sind so gebaut und auch leistungsmäßig so ausgelegt (6500 kVA), daß jeder den gesamten Betrieb allein übernehmen kann. Durch Anordnung von Trennschaltern sind insgesamt fünf Betriebsschaltungen möglich und dadurch Vorsorge getroffen, daß im Bedarfsfalle die Umschaltung oder Außerbetriebsetzung eines Umspanners in kürzester Zeit vorgenommen

*Unterwerk Titisee.*

Für das Unterwerk Titisee wurde Freiluftausführung gewählt. Hier wird

werden kann. Neben der Regelschaltung in Scottverbindung (der eine als Basis-, der andere als Höhenumspanner) kann unterspannungsseitig wahlweise mit nur einer der beiden Phasen weitergefahren werden, wobei entweder beide Umspanner unter Spannung stehen oder jeweils nur ein Umspanner eingeschaltet ist, während der andere spannungslos ist. Um Fehlschaltungen zu verhindern, sind die jeweiligen Schalterstellungen durch einen Schaltungswähler erzwungen. Dieser Schaltungswähler ist in einem gut zugänglichen Schaltkasten zusammen mit den Druckluftventilen — die Trennschalter werden mit Druckluft betätigt — angeordnet und kann nur in „Aus“-Stellung sämtlicher Trennschalter bedient werden. Der Wärter kann also mit einem einzigen Griff den Schaltvorgang aller zu einer Schaltung gehörenden Schalter einleiten. Im Schaltschrank ist ferner das Druckluftventil für den Leistungsschalter untergebracht. Eine gegenseitige Verriegelung sorgt dafür, daß eine Leistungsschaltung mit den Trennschaltern unmöglich ist. Außerdem ist der Erdungsschalter gegen die Drehstromschalter verriegelt.

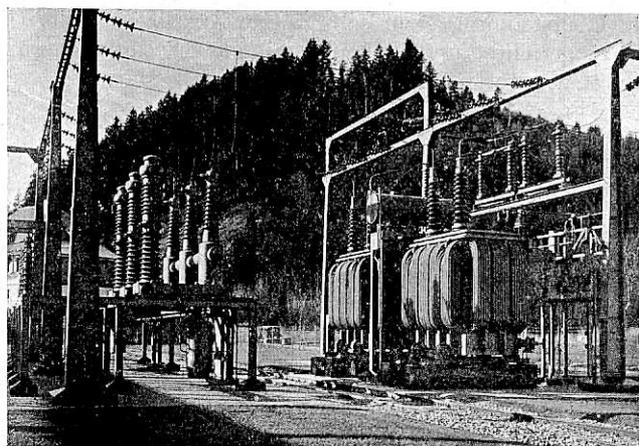


Abb. 5. Die Umspannanlage, im Vordergrund der Leistungsschalter und die beiden Umspanner.

Auf der Niederspannungsseite der Umspanner sind die beiden Phasen über je einen Trennschalter an je zwei 120 mm<sup>2</sup>-Einleiterkabel, die zur Verteilungsanlage führen (s. Abb. 4), und die beiden Nulleitungen an vier von den Streckengleisen zum Unterwerk führenden 95 mm<sup>2</sup>-Rückleitungskabel (Aluminiumkabel) angeschlossen.

Die Umspanner sind mit natürlicher Ölkühlung versehen und mit den notwendigen Überwachungseinrichtungen ausgerüstet. Die Trenn- und der Leistungsschalter sind auf Gerüsten aufgebaut, so daß sie nicht ohne weiteres zugänglich sind, während die Umspanner auf mit Fahrschienen versehenen Sockeln stehen. Die Abb. 5 zeigt die gesamte Umspannanlage.

*Verteilungsanlage.*

Durch die Verwendung von Zweiphasenstrom ist eine getrennte Speisung der Strecken diesseits und jenseits der Schutzstrecke erforderlich; aus betrieblichen Gründen und nicht zuletzt mit Rücksicht auf den zu erwartenden Spannungsabfall sind diese beiden Streckenabschnitte nochmals in je zwei voneinander unabhängig gespeiste Abschnitte unterteilt, so daß insgesamt vier Streckenabschnitte vorhanden sind. Entsprechend dieser Einteilung der Strecke besteht die Verteilungsanlage des Unterwerks aus vier Speisefeldern, denen über zwei am Gerüst aufgehängten Sammelschienen der Zweiphasenstrom zugeführt wird (s. Abb. 6).

Diese vier Speisefelder sind in ihrem Aufbau gleich und bestehen aus je einem Sammelschientrennschalter für jede

Phase, einem Hochleistungsexpansionsschalter (300 MVA Abschaltleistung), einem Stromwandler für die Strommessung, einem Speiseleitungstrennschalter und dem Speiseleitungskabel. Vor dem Kabelendverschluß ist eine Verbindung zur Erde über einen Erdungstrennschalter und einen Kathodenfallableiter zum Schutze gegen Überspannungen hergestellt. Ein diesen Speisefeldern ähnliches fünftes Feld ist als Prüffeld ausgebildet. Dieses Prüffeld ist mit einem Ölwiderrstand ausgerüstet und kann über eine Prüfsammelschiene und je einen Prüfschientrennschalter mit den übrigen Speisefeldern verbunden werden. Zum Anzeigen der Prüfstromstärke und der Blindleistung sind ein Strom- und Spannungswandler zusätzlich eingebaut. Über dieses Prüffeld kann also jeder Streckenabschnitt auf Kurzschluß geprüft, d. h. so lange unter Prüfspannung und Prüfstrom gehalten werden, bis der Fehler erkannt und abgeschaltet ist. Der Ölwiderrstand und die zugehörigen beiden Wandler lassen sich durch einen Trennschalter überbrücken, so daß das Prüffeld jederzeit als Ersatzspeisefeld eingesetzt werden kann.

Die Leistungsschalter sind wiederum in Verbindung mit einem Überstromrelais für selbsttätige Abschaltung bei Überstrom eingerichtet und stellen somit gleichzeitig Sicherungen für die Unterwerks- und Fahrleitungsanlage dar.

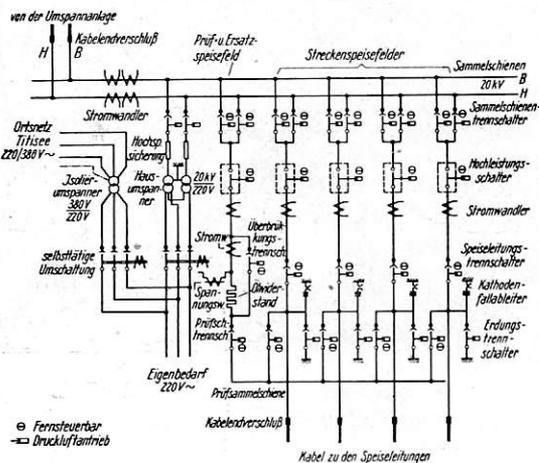


Abb. 6. Grundsätzliches Schaltbild der 20 kV-Verteilungsanlage.

Sämtliche Schalter dieser fünf Speisefelder werden ebenfalls mit Druckluft betätigt. Für jedes Feld sind die zugehörigen Druckluftventile in einem Schaltkasten vereinigt, so daß ohne Schwierigkeit eine gegenseitige Verriegelung möglich und eine Fehlschaltung ausgeschlossen ist. So läßt sich stets nur ein Sammelschientrennschalter einschalten. Es sind ferner Speiseleitungs- und Prüfschientrennschalter und die Freileitungs- gegen die Erdungstrennschalter gegenseitig verriegelt. Außerdem ist Vorsorge getroffen, daß keiner der Trennschalter unter Last geschaltet werden kann. Der Leistungsschalter wiederum kann nicht bedient werden, wenn nicht sämtliche Trennschalter in Endstellung sind; ehe also jede angefangene Schaltbewegung nicht zu Ende geführt oder rückgängig gemacht ist, kann im gleichen Speisefeld der Leistungsschalter nicht eingeschaltet werden.

Die Schalter und sonstigen Teile der Speisefelder sind ebenfalls auf dem Gerüst außer Reichweite aufgebaut.

#### Warte.

Ein wesentlicher Bestandteil des Unterwerkes ist die in einem besonderen Gebäude untergebrachte Warte mit ihren drei Schalttafeln. Auf der Hauptschalttafel befinden sich die Steuerschalter, mit denen mit Ausnahme der Erdungstrennschalter sämtliche Druckluftventile und somit sämtliche Freileitungsschalter der 20 kV Verteilungsanlage sowie der 110 kV-Leistungsschalter auf elektrischem Wege fernbedient werden

können. Diese Steuerschalter sind gleichzeitig als Quittungsschalter ausgebildet, so daß dann, wenn die Stellung des Steuerschalters mit der des Freileitungsschalters nicht übereinstimmt, ein Leuchtstreifen so lange Blinklicht zeigt, bis die Übereinstimmung hergestellt ist. Für die Erdungstrennschalter der Verteilungsanlage und für sämtliche Trennschalter der Umspannanlage, die nur in der Freiluftanlage bedient werden können, sind auf der Hauptschalttafel ebenfalls Quittungsschalter vorhanden, damit sich der Wärter jederzeit mit einem Blick über die Stellung der Freileitungsschalter unterrichten kann. Die Steuerschalter sind ferner elektrisch so in Abhängigkeit gebracht, daß eine Verriegelung verschiedener Schaltschranke erreicht wird. So können jeweils zwei parallel arbeitende Streckenspeiser nur an ein und dieselbe Phase gelegt werden. Ferner kann der Prüf- und Ersatzabzweig durch dessen Leistungsschalter nur dann zugeschaltet werden, wenn einmal an diejenige Phase angeschlossen ist, an der auch der zweite parallel arbeitende Streckenspeiser liegt und dann der entsprechende Speiseleitungsschalter ausgeschaltet ist. An die Prüfschiene kann stets nur eines der vier Speisefelder angeschlossen werden.

Die Hauptschalttafel enthält ferner über den Steuerschaltern die zugehörigen Zeigerinstrumente. Auf einer zweiten Schalttafel sind die Überstrom- und das Zeitrelais für die Leistungsschalter und Störungsklappen zum Anzeigen etwaiger Unregelmäßigkeiten an den Umspannern sowie je ein Spannungsstör-, Wirkleistungs- und Blindleistungsschreiber für jede Phase angebracht. Eine dritte Schalttafel enthält die für den Eigenbedarf erforderlichen Überwachungs- und Zeigerinstrumente sowie die Arbeitsverbrauchszähler der Reichsbahn und des Badenwerkes und je ein  $E^2$ - und  $J^2$ -Zähler für jeden Umspanner zur Messung der Umspannerverluste (der Arbeitsverbrauch wird niederspannungsseitig gemessen). In der Warte ist ferner ein Streckenschaltbild aufgestellt, so daß der Wärter auch jederzeit über die Stellung der Streckenschalter im Bilde ist.

#### Hilfseinrichtungen.

Der Strom für den Eigenbedarf des Unterwerkes wird den beiden 20 kV-Sammelschienen über zwei Hausumspanner entnommen, die in Scottschaltung verbunden aus dem Zweiphasenstrom Drehstrom von 220 Volt liefern. Außerdem ist das Unterwerk über einen Isolierumspanner an das Ortsnetz Titisee angeschlossen. Hausumspanner und Ortsnetz sind in der Weise miteinander gekuppelt, daß beim Ausbleiben der Spannung einer der beiden Phasen das Ortsnetz selbsttätig eingeschaltet wird; stehen die beiden Phasen wieder unter Spannung, so wird das Licht- und Kraftnetz des Unterwerkes vom Ortsnetz getrennt und an die Hausumspanner gelegt.

Die zur Bedienung der Schalter erforderliche Druckluft wird von einem Druckluftpresser erzeugt und in fünf Luftkesseln aufgespeichert. Die Druckluftverteilungsanlage ist als Ringleitung ausgebildet und an mehreren Stellen absperrbar, so daß schadhafte Stellen eingegrenzt werden können. Der Luftpresser arbeitet mit selbsttätiger Ein- und Abschaltung, sobald der Druck unter ein bestimmtes Maß gesunken ist bzw. die Kessel wieder aufgefüllt sind. Jeder Steuerschrank ist mit Notanschlüssen sowohl für die Betätigung der Steuerventile mit einem bewegbaren Notdruckluftzeuger, als auch für dessen Antrieb versehen. Den zur Fernsteuerung und Rückmeldung benötigte Gleichstrom (24 Volt) liefert ein Sammler, der über einen Umspanner und einen Trockengleichrichter gespeist wird.

Die Warte ist mit einem Erker versehen, der einen freien Blick auf die gesamte Freiluftanlage gewährt (s. Abb. 7). Im Wartengebäude befinden sich im Keller die Heizungsanlage, Lagerräume und die Kabelzuführungskanäle. Im Erdgeschoß sind Räume für einen Elektrokarren, Feuerlöschgeräte, einen

tragbaren Luftpresser zum Anschließen an die Schaltschranke, für den Hauptluftpresser und dessen Zubehörteile sowie kleinere Lagerräume. Im Obergeschoß sind neben der Warte drei Büroräume, ein Aufenthaltsraum für den Wärter und ein Raum für den Stromsammelr.

Für Zwecke der dem Unterwerk angegliederten Fahrleitungsmeisterei sind mit dem Wartengebäude eine Werkstätte mit den erforderlichen Werkzeugmaschinen und einem Kran sowie ein Lastkraftwagenschuppen zusammengebaut. Der Gleiskraftwagen und der Fahrleitungsuntersuchungswagen sind in einem besonderen Schuppen untergebracht. Durch die Werkstätte und die Freiluftanlage führt ein Anschlußgleis zum Bahnhof Titisee.

Zum Schutze der Anlage wurden sämtliche Apparate und Gerüste geerdet. Zu diesem Zweck wurden zwei als Ringleitung ausgeführte Bänderden und zwei Tränk-Erder verlegt, die untereinander mehrfach verbunden und außerdem an zwei bis ins Grundwasser reichende Brunnen-Erder angeschlossen sind.

In unmittelbarer Nähe des Unterwerkes wurde ein bahneigenes Wohnhaus für die Bediensteten des Unterwerkes und der Fahrleitungsmeisterei errichtet.

Beim Übergang zum vollelektrischen Zugbetrieb auf der jetzt elektrisierten Strecke wird die zweite Zuführungsleitung

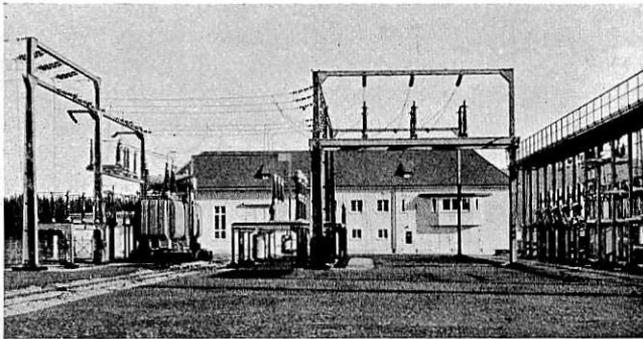


Abb. 7.

verlegt und die Umspannlage durch Aufstellen weiterer Umspanner und der zugehörigen Trenn- und Leistungsschalter erweitert werden. Beim Vollausbau bis Donaueschingen ist die Führung einer Speiseleitung bis Donaueschingen und eine besondere Speisung der Strecke Kappel-Gutachbrücke—Bonnendorf vorgesehen, wofür der Einbau des fünften und sechsten Speisefeldes erforderlich wird.

Die Versuchsfahrten haben gezeigt, daß beim gleichzeitigen Verkehren von mehreren Zügen auf der Steilstrecke Spannungsabfälle auftreten können, die über das für den ordnungsmäßigen Betrieb zulässige Maß ansteigen. Es ist daher beabsichtigt, im Unterwerk Titisee nachträglich einen selbsttätigen Spannungsregler aufzustellen, der wahlweise in die B- oder H-Phase eingeschaltet werden kann. Dieser Spannungsregler wird dann beim Absinken der Spannung in der betreffenden Sammelschiene unter 20 kV die Spannung auf 20 kV hoch- und beim Überschreiten von 23 kV die Spannung herabregeln. Der Spannungsregler ist auch von Hand bedienbar und soll neben den Scottumspannern aufgestellt werden. Die Anschlußtrennschalter an die Sammelschienen werden ebenfalls mit Druckluftantrieb versehen und von der Warte aus fernsteuerbar eingerichtet.

## B. Fahr- und Speiseleitungsanlagen.

### Tragwerk.

Beim Entwurf und der Ausführung der Fahrleitungsanlagen wurde weitgehend auf das Landschaftsbild Rücksicht

genommen. So wurden überall da, wo nur irgend möglich, hauptsächlich aber an den landschaftlich schönsten Stellen der Bahn, die Maste auf die Bergseite gestellt, um dem Fahrgast die Aussicht vom Zuge aus nicht zu beeinträchtigen. Auch die Anbringung der Maste an der 240 m langen Ravennabrücke, die mit dem Fahrdrabt nicht frei überspannt werden konnte, darf als glücklich bezeichnet werden.

Grundsätzlich wurde die auf anderen Strecken bereits bewährte Ausführung des Tragwerkes beibehalten. Sämtliche Maste und Ausleger sind aus Formeisen hergestellt. Auf Bahnhöfen wurden zur Aufhängung der Querseile, Aufsetzmaste, auf der freien Strecke Einsetzflach- und Einsetzwinkelmaste verwendet. Für die Ravennabrücke und einige wenige Stellen der Bahn mußten Sondermaste oder -ausleger entwickelt werden.

Das gebirgige Gelände stellte schon an die Mastgründung große Anforderungen. Der felsige Untergrund machte zahlreiche und für den Betrieb nicht ungefährliche Sprengungen notwendig. Auf der Dreiseisenbahn z. B. sind 16% des Erd-aushubes felsiges Gestein.

Zum Teil mußten steile Abhänge abgetragen oder Einschnitte in die Felswand gehauen werden (s. Abb. 8), um die Maste überhaupt stellen zu können. Auch das Gebirgswasser erschwerte die Mastgründung in kaum vorstellbarer Weise. Auf der Dreiseisenbahn wurden 330 und auf der Höllentalbahn 1127 Pumpstunden aufgewendet. Diese Pumpstunden mußten, da die engen Raumverhältnisse die Aufstellung einer Motorpumpe nicht gestattete, von Hand geleistet werden. Aus demselben Grund war auch die Verwendung von Betonmischmaschinen nur auf Bahnhöfen möglich, das heißt der weitaus größte Teil des insgesamt rund 7000 m<sup>3</sup> eingebrachten Betons mußte von Hand gemischt werden. Nicht erwähnt sind noch die Arbeiterschwerungen durch Schnee, Eis und Frost; liegt doch mehr als die Hälfte der Strecke in einer Höhenlage von über 800 m über Meereshöhe.

Insgesamt wurden 1868 Maste mit einem Gesamtgewicht von 1177 t gestellt. Das Gewicht der Ausleger beträgt rund 77 t und das der sonstigen Eisenteile 216 t. Es sind somit rund 1470 t eingebaut, das sind auf 1 km Streckenlänge rund 26,5 t und auf 1 km Gleislänge rund 16 t. In diesen Zahlen kommt die nachteilige Auswirkung des schmalen Stromabnehmers der Triebfahrzeuge deutlich zum Ausdruck.

### Fahrleitung.

Die Fahrleitung wurde trotz der Erhöhung der Spannung auf 20 kV grundsätzlich nach der Bauart der Einheitsfahrleitung ausgeführt. Da auf der Höllentalbahn die Fahrgeschwindigkeit höchstens 85 km/h beträgt, konnte auf eine elastische Ausführung der Fahrleitung verzichtet werden. Es ist also das Trageil fest verankert und nur der Fahrdrabt durch Gewichte nachgespannt. Das Trageil wird von den unbeweglich an den Masten befestigten Auslegern getragen; der Fahrdrabt selbst hängt mit Hängerseilen an dem Trageil. Auf mehrgleisigen Bahnhöfen ist Trageil und Fahrdrabt nicht mehr an Auslegern, sondern an über die Gleise gespannten Querseilen aufgehängt.

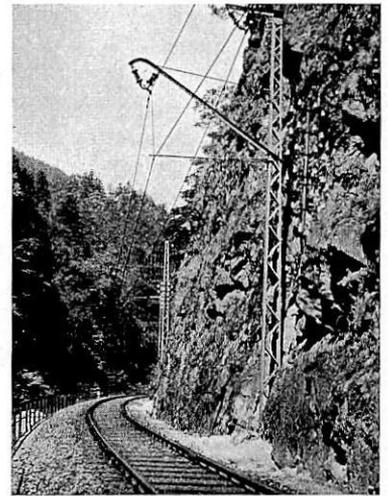


Abb. 8. Fahrleitungsmaste auf der Strecke Himmelreich—Hirschsprung in der Felswand.

Der Zickzack wird durch Seitenhalter aus Stahlrohr, die am Ausleger bzw. am Querseil angebracht sind, herbeigeführt.

Um im Bedarfsfall eine Störung in der Fahrleitungsanlage auf eine möglichst kurze Strecke beschränken zu können, ist die Fahrleitungsanlage elektrisch so aufgeteilt, daß die

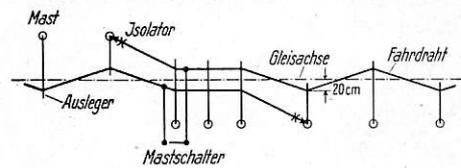


Abb. 9. Grundsätzliche Anordnung der elektrischen Streckentrennung.

Die Bahnstrecke von den freien Strecken getrennt werden können. Die Leitungsführung einer solchen Streckentrennung ist in Abb. 9 schematisch dargestellt. Da die Streckenschalter, mit denen die Fahrleitungsabschnitte aufgetrennt werden können, stets hinter dem Einfahrsignal liegen, vermag der Fahrdienstleiter oder der Stellwerkswärter, dem auch die Bedienung der Streckenschalter obliegt, ein elektrisches Triebfahrzeug von einem etwa abgeschalteten Bahnhof fernzuhalten. Die Fahrleitungsanlage der größeren Bahnhöfe sind nochmals in mehrere Gruppen unterteilt und über Schalter miteinander verbunden. Ladestraßen- und Lokomotivschuppengleise sind ebenfalls von den übrigen Gleisen elektrisch trennbar.

Die Abb. 10 zeigt eine Ausführung der Fahrleitungsanlage im Bahnhof Freiburg, wo wegen Platzmangel statt der Querseilaufhängung viergleisige Ausleger verwendet werden mußten. Abb. 11 und 12 läßt einige Ausführungen von Anklammermasten erkennen.

Eine durch die Stromversorgung mit 50 Hz. Wechselstrom bedingte Besonderheit der Höllentalbahn ist die Phasentrennstelle zwischen Hinterzarten und Titisee, die als Schutzstrecke, wie bereits oben gesagt, so ausgebildet ist, daß Triebfahrzeuge beim Übergang von einer auf die andere Phase keinen Phasenkurzschluß herbeiführen. Zu diesem Zweck wurden zwei elektrische Streckentrennungen hintereinander angeordnet und dadurch ein spannungsloses Fahrleitungsstück von 56 m Länge geschaffen. Da damit gerechnet werden muß, daß ein Triebfahrzeug unter dem spannungslosen Fahrleitungsstück zum Halten kommt, wurden zwei Mastschalter vorgesehen, mit denen die Phasentrennstelle unter Spannung gesetzt werden

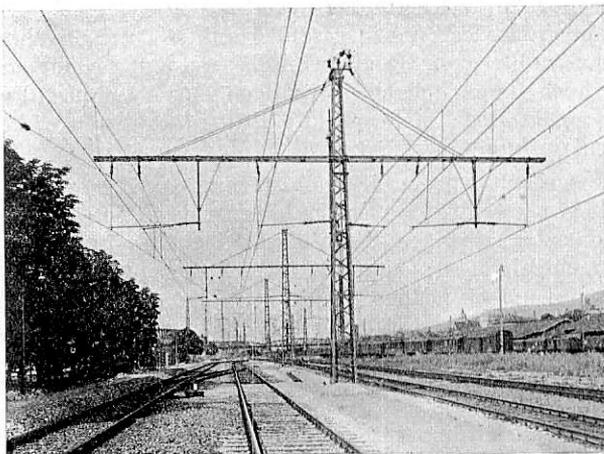


Abb. 10. Masten mit viergleisigen Auslegern im Bahnhof Freiburg.

kann. Die Bedienung der Schalter ist in einem solchen Falle Aufgabe des Lokomotivführers. Von einer gegenseitigen Verriegelung der beiden Schalter wurde abgesehen, weil angenommen werden konnte, daß eine Belehrung des Lokomotivpersonals darüber, daß nur der in der Fahrrichtung gelegene Schalter und niemals gleichzeitig beide Schalter eingeschaltet werden dürfen, vollauf ausreichend ist. Die Phasentrennstelle

wird dem Lokomotivführer durch die Signale El 1 und El 2 angezeigt.

Um etwa auftretende Stoßspannungen sicher ableiten zu können, wurden an verschiedenen Stellen, vor allem an den



Abb. 11. Anklammermaste an der Ravennabrücke

Enden der Fahrleitungsanlagen Kathodenfallableiter angeordnet.

Mit Rücksicht auf die erhöhte Fahrdrachtspannung wurde durchweg der Abstand der spannungsführenden Teile gegen Erde 400 mm gegenüber 300 mm bei 15 kV eingehalten. Obwohl für absehbare Zeit die Strecke weiterhin mit Dampflokomotiven befahren werden muß, wurde mit Ausnahme der Tunnel auf doppelte Isolation verzichtet. Dagegen erhielten die Isolatoren durch Vergrößerung der beiden äußeren Schirme eine etwas geänderte Ausführung. Die Aufhängung der Fahrleitung in den Tunneln machte ebenfalls eine wesentliche Abweichung von der sonst üblichen Bauart notwendig. In den sieben alten Tunneln reichten die ins Gewölbe eingebrochenen Nischen nur dazu aus, die Teile zur Aufhängung des Fahrdrachtes unterzubringen (s. Abb. 13). Das Tragseil mußte an den Tunnelenden abgefangen werden. Bei den beiden neuen

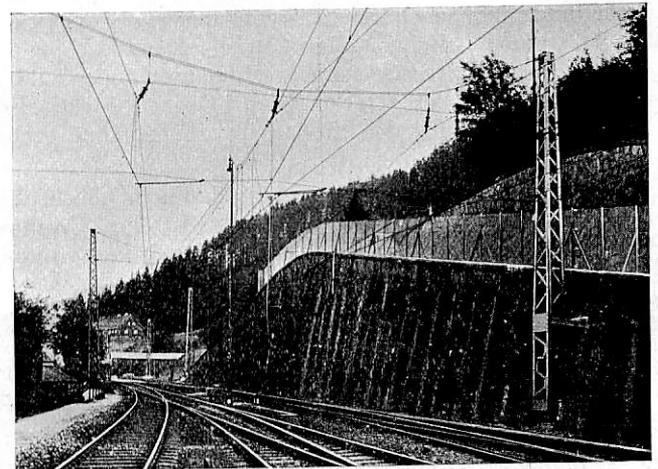


Abb. 12. Anklammermaste an einer Stützmauer im Bahnhof Neustadt.

Tunneln zwischen Freiburg und Wiehre dagegen gestattete der Querschnitt auch die Durchführung des Tragseiles durch das Tunnel.

Unter verschiedene Brücken konnte das Tragseil ebenfalls nicht hindurchgeführt werden; es wurde entweder am Bauwerk abgefangen oder da, wo eine Abfangung nicht möglich war,

aufgeschnitten und durch eine isolierte Verbindung aus Eisenkonstruktion, die unter der Brücke gleitend angeordnet wurde, wieder verbunden. Die Fahrdrathöhe ist im allgemeinen 6,25 m über Schienenoberkante, unter Brücken und in den Tunneln wurde bis auf 5,00 m, z. T. sogar bis auf das zulässige Maß von 4,95 m heruntergegangen.

Als Fahrdrath wurde Kupferleitung von 100 mm<sup>2</sup> Querschnitt über Hauptgleisen und von 80 mm<sup>2</sup> über Nebengleisen verwendet. Das Trageisil ist aus Bronze, und zwar für die Längstragseile mit 50 mm<sup>2</sup> Querschnitte und für die Quertragseile je nach der Spannweite 50, 70, 95 und 120 mm<sup>2</sup> Querschnitt.

Insgesamt wurden auf der Höllental- und Dreiseebahn rund 123 km Fahrleitung verlegt. Das eingebaute Gewicht beträgt zusammen 102 t Kupfer und 85 t Bronzeseil.

Zwischen Himmelreich und Hirschsprung wurde ein Abspannfeld mit Stahllaluminiumfahrdrath ausgerüstet, um über die Brauchbarkeit von Heimstoffen Erfahrungen sammeln zu können.



Abb. 13. Die Aufhängung des Fahrdrahtes im Tunnel.

Im Bw. Freiburg, dem die Ellok zur Unterhaltung zugeteilt sind, wurde zur Prüfung der Triebfahrzeuge eine Prüfanlage erstellt, die unmittelbar vom Fahrdrath über einen Einphasen-umspanner gespeist wird.

#### Speiseleitung.

Die von vier Speisefeldern des Unterwerkes abgehenden Kabel sind an zwei in unmittelbarer Nähe des Unterwerkes stehenden Fahrleitungsmasten hochgeführt. Von da erfolgt die Stromführung in Speiseleitungen, die als Freileitungen an besonderen Auslegern an den Fahrleitungsmasten aufgehängt und bis zu den Speisepunkten geführt ist. Die Dreiseebahn und die Strecke Phasentrennstelle bis Neustadt sowie die Steilstrecke (Phasentrennstelle—Himmelreich) sind einseitig gespeist. Die nach Freiburg—Wiehre führende vierte Speiseleitung, die den Abschnitt Freiburg—Himmelreich versorgt, mußte durch fünf Tunnel verkabelt werden. Mit Rücksicht auf die Verkehrsdichte dieses Abschnittes und, um Spannungsabfälle auf ein Mindestmaß zu beschränken, ist hier zweiseitige Speisung vorgesehen worden. Die Speiseleitungen sind über Schalter an die Fahrleitung angeschlossen. Je ein zusätzlicher Schalter gestattet eine Überbrückung der elektrischen Trennung der beiden aneinander stoßenden Abschnitte. Für die Speiseleitung wurde Stahllaluminiumseil mit 95 mm<sup>2</sup> Querschnitt bzw. Hochspannungseinleiterkabel aus Kupfer mit 120 mm<sup>2</sup> Querschnitt verwendet.

#### C. Kosten der Elektrisierung.

Für die Elektrisierung der Höllentalbahn war, da sie zu Versuchszwecken elektrisiert wurde, die Wirtschaftlichkeit in den

Hintergrund getreten. Nichtsdestoweniger bedeuten die rund 7 Millionen Mark, die in diesen Versuch bis jetzt hineingesteckt worden sind, einen erheblichen Beitrag zur Arbeitsbeschaffung. Rund 80% dieser Summe ist für Löhne zu rechnen.

#### Zusammenstellung der Baukosten.

	Baukosten insgesamt	Baukosten bezogen auf	
		1 km Gleislänge	1 km Streckenlänge
	<i>RM</i>	<i>RM</i>	<i>RM</i>
Fahrleitungsanlage . . . .	1 769 300	31 800	19 300
Unterwerk und Fahrleitungsmeisterei . . . .	858 800	15 500	9 400
Änderung der baulichen Anlagen . . . . .	1 778 900	32 000	19 400
Verkabelung der Fernmeldeanlagen . . . . .	508 400	9 200	5 600
Änderung der Licht- und Kraftanlagen . . . . .	76 500	1 400	800
Ergänzungen von Werkstättenanlagen . . . . .	33 900	600	400
Zusammen . . . . .	5 025 800	90 500	54 900
Dazu kommen:			
Anschlußfernleitung des Badenwerkes . rund	570 000		
4 Ellok . . . . . „	1 400 000		
Gesamtsumme . . . . .	6 995 800		

Der Anteil der Kosten für die einzelnen Arbeitsgebiete geht aus der Zusammenstellung der Baukosten hervor. An den Kosten, bezogen auf ein Strecken- bzw. Gleiskilometer kommt nochmals der Einfluß des engen Querschnittes der sieben alten Tunnel, der umfangreiche bauliche Änderungen erforderte und zur Verwendung eines schmäleren Stromabnehmers mit seinen Folgen zwang, deutlich zum Ausdruck. Die gesamte Bauzeit der Elektrisierung betrug von Frühjahr 1934 bis Herbst 1935 rund 20 Monate oder rund 5200 Arbeitstage, das sind rund 93,5 Arbeitstage für ein Strecken- und rund 57 Arbeitstage für ein Gleiskilometer. Auch in diesen beiden Zahlen spiegeln sich die bereits oben erwähnten verschiedenartigen Arbeitser schwerungen wieder.

Für Erdarbeiten wurde teilweise der freiwillige Arbeitsdienst eingesetzt. Die Hochbauten und die schwierigeren Umbauarbeiten, vor allem aber die Arbeiten in den Tunneln wurden an ortsansässige Unternehmer vergeben. Die Verkabelung der Fernmeldeanlagen führte Siemens & Halske aus, die gesamte Fahrleitungsanlage und den elektrischen Teil des Unterwerkes bauten die Siemens-Schuckert-Werke. Die Zuführungsleitung des Badenwerkes wurde in dessen Auftrag durch die Firma Brown, Boveri und Cie. erstellt.

#### Schlußbetrachtung.

Die erstmalige Unterspannungsetzung erfolgte am 18. Okt. 1935. Der Versuchsbetrieb wurde unmittelbar nach Anlieferung der einzelnen Ellok aufgenommen, und zwar ist die Krupplok Anfang Januar 1936, die BBC-Lok Ende Januar 1936, die SSW-Lok Anfang Februar 1936 und die AEG-Lok Mitte August 1936 in Freiburg eingetroffen. Die Lokomotiven wurden zunächst einer eingehenden Prüfung unterzogen und zu diesem Zweck nur in Probezügen eingesetzt. Mitte Juni 1936 wurden dann die Krupp- und die SSW-Lok zur Beförderung öffentlicher Züge zugelassen. Es folgte die BBC-Lok Anfang September und die AEG-Lok. Mitte Dezember 1936.

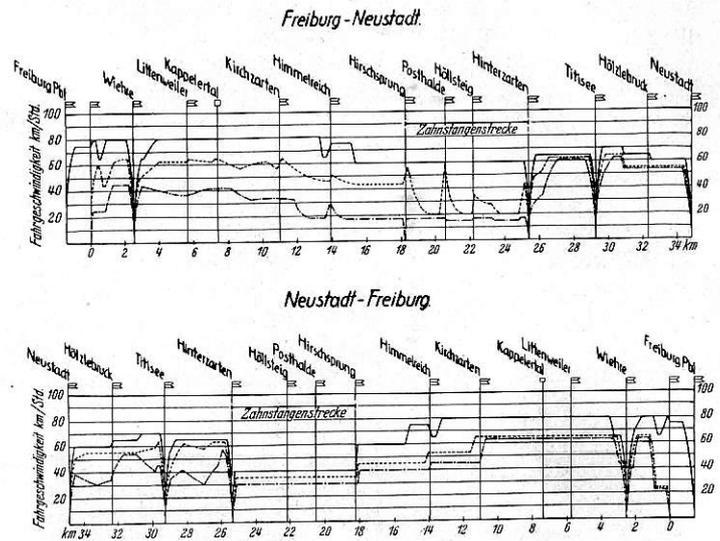
Wenn auch z. Z. eine Darstellung der bisherigen Betriebserfahrung noch verfrüht ist, so viel kann gesagt werden, daß

der Versuch, eine Bahn mit 50 Hz. zu betreiben, als geglückt zu bezeichnen ist. Daß die vier Ellok den an sie gestellten Bedingungen entsprechen, zeigte der bisherige Probetrieb und die sehr ausgedehnten Leistungs- und Abnahmemessfahrten, wozu ein eigens für die Höllentalbahn gebauter und aufs Beste ausgerüsteter Meßwagen zur Verfügung steht. Die Ausfälle der einzelnen Ellok, mit denen man auch rechnete, sind nicht ausgeblieben, waren aber in keinem Falle in einem grundsätzlichen Mangel oder Fehler des Prinzips oder im Wesen der neuartigen elektrischen Lokomotiven zu suchen.

Die Fahrleitungsanlagen und das Unterwerk Titisee sowie die Phasentrennstelle haben bis jetzt zu keinerlei nennenswerten Störungen Anlaß gegeben. Auch die Versorgung mit 50 periodigem Zweiphasenstrom mit seinen Besonderheiten hat keine Nachteile für das Drehstromnetz zeitig, im Gegenteil, nachträglich vom Badenwerk angestellte Versuche haben gezeigt, daß das Badenwerksnetz bis zu 15000 kW einphasig belastet werden kann, ohne daß die Symmetrie des Drehstromnetzes über das zulässige Maß hinaus gestört wird. Da im jetzigen Zustande einphasige Belastungen von rund 5000 kW auftreten und beim späteren Vollbetrieb 12000 bis 15000 kW zu erwarten sind, ist die damalige aus Vorsicht und mangels jeglicher Erfahrung gewählte Verwendung von Scottspannern heute nicht mehr als unbedingt erforderlich zu bezeichnen.

Obwohl die Höllentalbahn nur zu Versuchszwecken und nicht aus irgend welchen wirtschaftlichen, betrieblichen oder verkehrlichen Gründen heraus elektrisiert worden ist, hat der elektrische Zugbetrieb doch manche sichtbaren Verbesserungen gebracht. Abgesehen vom ruß- und rauchfreien Fahren konnte die Fahrzeit der elektrisch gefahrenen Züge erheblich verkürzt werden. Ein Eilzug z. B. kann elektrisch in 40 Min. von Freiburg nach Neustadt befördert werden, während er bei Dampfbetrieb 54 Min. benötigt. Die in Abb. 14 wiedergegebenen Fahrtschaulinien für einen Eilzug mit der alten Zahnradlok,

mit der Einheitslok Baureihe 85 und mit einer Ellok lassen den Vorteil des elektrischen Zugbetriebes in verkehrlicher Hinsicht deutlich erkennen. Für den Personenzug gilt ein ähnliches Verhältnis.



Es bedeuten: - - - - - für Lok VI b mit Zahnradlok,  
..... für Lok 85, ——— für Ellok

Abb. 14.

Fahrtschaulinien für einen Eilzug von Freiburg nach Neustadt.

Wann der elektrische Vollbetrieb auf den z. Z. elektrisierten Strecken aufgenommen werden wird, kann heute noch nicht gesagt werden, weil neben der Entscheidung, welche Lokomotivenbauart für eine Nachbestellung in Frage kommt, verschiedene andere Umstände mitsprechen, die noch nicht restlos geklärt sind. Ob und wann der Vollausbau bis Donauschingen kommen wird, ist ebenfalls noch völlig unklar.

## Zur Weiterentwicklung des DWV-Gleitachslagers.

Von techn. Reichsb.-Ob.-Insp. **Rellensmann**, Abt.-Leiter beim Reichsbahnausbesserungswerk Opladen.

Jedes Lager muß einwandfrei hergestellt, gewartet und erhalten werden. Nur der kleinere Teil der bei der Deutschen Reichsbahn vorkommenden Lagerstörungen und Heißläufer ist auf die Außerachtlassung dieses Grundsatzes zurückzuführen. Werkstätten- und Betriebsbeobachtungen sowie Versuche haben vielmehr gezeigt, daß die Bauart der bei den Wagen der Deutschen Reichsbahn vorherrschenden DWV-Gleitachslager im Hinblick auf die gesteigerte Betriebsbeanspruchung verbesserungsbedürftig geworden ist. Als Hauptursachen von Störungen sind zu nennen: Die Schmierung, besonders des Bundes, genügt nicht mehr. Der spezifische Bunddruck ist zu groß geworden. Das Schmieröl wird in zu geringem Umfange als Kühlmittel ausgenutzt. Das Achslagergehäuse „springt“ vorwiegend auf der Bundseite.

Es ist möglich, daß in absehbarer Zeit ein besser geeignetes Lagermetall gefunden und damit ein Fortschritt erzielt werden wird. Trotzdem ist aber der Versuch gerechtfertigt, andere Wege einzuschlagen.

Die nachstehend beschriebenen Untersuchungen wollen nicht nur die genannten Erkenntnisse, sondern auch die Tatsache bestätigen, daß eine in den Werkstätten sorgfältig durchgeführte Schäden- oder Verschleißbeobachtung wertvolle Beiträge zur Aufdeckung und Abstellung von Mängeln liefern kann. Weiter soll nachgewiesen werden, daß beim DWV-Gleitachslager außer der Heißlauf- auch die Verschleißfrage eine besondere Bedeutung hat. Diese Untersuchungen und die daraus abgeleiteten Folgerungen bilden die Grundlage für Vorschläge zur Beseitigung oder Abschwächung der genannten

Nachteile. Manche Erkenntnisse lassen sich verhältnismäßig leicht beim Neubau eines Lagers berücksichtigen; weit schwieriger ist aber die Lösung der Aufgabe, ein vorhandenes Lager unter Beibehaltung aller Lagerteile entsprechend zu verbessern.

### Bundreibung, Längen- und Tiefenverlust.

Der Ursprung der meisten Zerstörungskräfte verrät sich durch mehr oder weniger leicht erkennbare Spuren. In diesem Fall ist es zunächst die Längennutzung des Lagerschalenausgusses, die in der Werkstätte einen Rückschluß auf die Größe der Bundreibung zuläßt. Im Reichsbahnausbesserungswerk Opladen bot sich wiederholt Gelegenheit, diesen Längenverlust an Achslagerschalen der vierachsigen Reisezugwagen zu untersuchen. Die Beseitigung der Heißlaufursachen ist zwar bei den Güterwagen ebenso wichtig. Trotzdem ist es richtiger, von den Personenwagen mit Drehgestellen Görlitzer Bauart auszugehen, die, wie fast sämtliche Güterwagen, mit DWV-Gleitachslagern ausgerüstet sind. Die vierachsigen Reisezugwagen verkehren in bestimmten Zugläufen, ihre Laufleistung ist deshalb bekannt. Sie sind weniger starken Rangierstößen ausgesetzt, werden im allgemeinen im gleichen Werk und auch in kürzeren Untersuchungsabschnitten unterhalten. Die bei den Gleitachslagern dieser Wagen gemachten Beobachtungen sind deshalb in geringerem Umfange durch Zufälligkeiten beeinflusst.

Um einen Überblick über den Zustand der Achslagerschalen der nach den Schadgruppen „bahnamtliche Hauptuntersuchung“ und „Radsatzwechsel“ behandelten vierachsigen

Reisezugwagen zu erhalten, sind 400 dieser Lager untersucht und vermessen worden. Das Ergebnis zeigt die Zahlentafel 1. Die Wagen hatten seit der letzten Untersuchung oder dem letzten Radsatzwechsel einen Laufweg von durchschnittlich 51500 km zurückgelegt. Diese Laufleistung gilt auch für die in der Zeile a angeführten Lagerschalen. Die Werte der Zeile b stammen von Lagerschalen, deren Leistung etwa doppelt so groß ist, die also ohne Nacharbeit zweimal verwendet worden sind. Diese Trennung war praktisch einwandfrei möglich, weil die im RAW Opladen eingebauten Lagerschalen mit besonderem Merkmal versehen waren.

Bei 192 Lagern, d. h. 48%, genügte die Länge des Bn-Metallausgusses nicht mehr. Die neuen und die alten Lagerschalen sind daran im Verhältnis von etwa 1:2 beteiligt, d. h. ihrer Laufleistung entsprechend. Daraus kann bei großzügiger Beurteilung gefolgert werden, daß der Längenverlust im allgemeinen auf eine betriebsübliche Beanspruchung der Lager zurückzuführen ist und nicht überwiegend auf besondere Umstände, z. B. schiefe Federstellung, falsch eingestellte Wiegen, exzentrisch verlagerte oder ungleiche Radreifendurchmesser usw. Andernfalls müßte der Verschleißanteil bei den neuen Lagern (Zeile a) größer sein, da sich die genannten Fehler bekanntlich im ersten Teil der Laufzeit besonders auswirken. Diese Annahme wird bestätigt durch die Werte der Spalten 8 bis 11, wonach nur bei 5,5% der Lager das Werkgrenzmaß von 197,4 mm um mehr als 1,5 mm unterschritten ist. Die Spalten 13 bis 22 lassen erkennen, daß nur eine Lagerschale in der Laufflächentiefe nicht mehr werkgrenzmaßhaltig ist. Die in der Lauffläche für den Verschleiß zur Verfügung stehende Ausgußdicke genügt für eine bedeutend längere Laufzeit der Lager. Der Längenverschleiß bestimmt demnach die Lebensdauer der Lagerschale, wenn zunächst nur die vorgenannten Längen- und Tiefenverluste beachtet werden.

Die Zahlentafel 1 beruht auf der Untersuchung wahllos angefallener Lagerschalen. Bemerkenswert ist demgegenüber das Ergebnis von Verschleißversuchen, die im Laufe des Jahres 1932 in Opladen bei 24 D-Zugwagen mit genau vermessenen und genau bearbeiteten Drehgestellen planmäßig durchgeführt worden sind. Die Wagen liefen überwiegend auf Flachlandstrecken. Die Abb. 1 zeigt die Entwicklung der Abnutzung des Metallausgusses der Lagerschalen hinsichtlich der Eingußlänge und Eingußtiefe. Die Schaulinien sind aus den Mittelwerten nach 40000, 75000 und 100000 km Laufleistung von Opladen aufgestellt worden. Die Werte weichen bei beiden Metallarten, je für sich betrachtet, bei der Verwendung von Neu- oder Mischmetall wenig voneinander ab. Während der Längenverlust in den Fällen nach 100000 km Laufleistung zwischen 1,4 und 2,0 mm schwankt, liegt der Tiefenverlust innerhalb der weiten Grenzen von 0,45 und 1,2 mm. Nur die für das Lagermetall „Bn 2“ ermittelten Schaulinien sind mit den Werten der Zahlentafel 1 vergleichbar, da in beiden Fällen das verwendete Metall als praktisch gleichartig angesehen werden kann. Die Lagerschalen sind mit einer Länge von 199 mm eingebaut worden. Nach einem Verschleiß von 2 mm ergibt sich eine Länge von 197 mm. Das Werkgrenzmaß ist in diesem Falle demnach durchschnittlich nur um 0,4 mm überschritten. Aus den Schaulinien geht hervor, daß die Beanspruchung der Achslagerschalen in axialer Richtung besonders im ersten Teil der Laufzeit verhältnismäßig groß ist. Da auf der Notlaufseite des Lagers selten ein Verschleiß festzustellen ist, liegen die angegebenen Längenverluste fast ausschließlich auf der Bundseite des Lagers.

Die aus der Zahlentafel 1 und Abb. 1 hervorgehenden Zahlen können nicht übereinstimmen. Zur Erzielung eines eindeutigen, nach jeder Richtung hin vergleichsfähigen Ergebnisses ist nicht allein der Zustand des Fahrzeugs maßgebend. Ebenso wichtig ist die Beschaffenheit der Strecke,

Zahlentafel 1.  
Längen- und Tiefenverluste, festgestellt an 400 Achslagerschalen.

1	2		3	4	5						6				13	14	15						22						
	Zustand der beim letzten Achswechsel eingebauten Achslagerschalen	Anzahl der ausgebauten und vermessenen Lagerschalen			Werkgrenzmaß-Ausgußlänge (197,4 mm)		Größe und Häufigkeit des unter dem Werkgrenzmaß von 197,4 mm liegenden Längenverlustes						Werkgrenzmaß-Ausgußtiefe (71 mm)				Bis zur Erreichung des Werkgrenzmaßes hätte die Lauffläche noch abgenutzt werden können												
a			b	c	Stück	v. H.	noch nicht erreicht	unter-schritten	bis 0,5 mm	0,6 bis 1,0 mm	1,1 bis 1,5 mm	1,6 bis 2,0 mm	2,1 bis 2,5 mm	2,6 bis 3,0 mm	3,1 bis 3,4 mm	zusammen	noch nicht erreicht	über-schritten	bis 0,5 mm	0,6 bis 1,0 mm	1,1 bis 1,5 mm	1,6 bis 2,0 mm	2,1 bis 2,5 mm	2,6 bis 3,0 mm	3,1 bis 3,4 mm	Z			
	Neu ausgegossene	227																									150	77	36
Ohne Nacharbeit wieder verwendete	56,7	66,0	34,0	16,0	6,8	5,8	3,1	0,44	—	1,76	34,0	99,6	0,4	0,42	0,82	12,3	36,2	36,2	11,9	1,76	99,6	0,6 bis 1,0 mm	1,1 bis 1,5 mm	1,6 bis 2,0 mm	2,1 bis 2,5 mm	2,6 bis 3,0 mm	3,1 bis 3,4 mm	4	99,6
Summe a + b	400	208	115	49	22,4	18,1	10,4	1,54	1,76	11,5	115	173	0	2	6	61	67	34	3	0	173	0,6 bis 1,0 mm	1,1 bis 1,5 mm	1,6 bis 2,0 mm	2,1 bis 2,5 mm	2,6 bis 3,0 mm	3,1 bis 3,4 mm	0	173
	100,0	52,0	48,0	21,2	14,7	6,5	2,5	0,5	0,5	2	48	99,7	0,3	0,8	2	22,2	37,2	29	7,5	1	99,7	0,6 bis 1,0 mm	1,1 bis 1,5 mm	1,6 bis 2,0 mm	2,1 bis 2,5 mm	2,6 bis 3,0 mm	3,1 bis 3,4 mm	1	99,7

auf der die Wagen verkehren. Die kurvenreichen Bahnlinien wirken besonders ungünstig auf das Laufwerk der Fahrzeuge ein. Einen Beweis für diese bekannte Tatsache erbringen z. B. in Opladen die auf der Mosel-Eifelstrecke laufenden Wagen. Bei dem Vergleich ergibt sich aber das in beiden Fällen erkennbare Mißverhältnis in der Längen- und Tiefenabnutzung, das besonders hervorgehoben werden soll.

kurvenreichen Strecken verkehrenden Wagen, als zu groß bezeichnet werden. Es sind dem RAW Opladen derartige Wagen mit etwa gleich großen Spielen als Unruhigläufer vereinzelt zugeführt worden. Bei der nachfolgenden Untersuchung wurden folgende Ursachen ermittelt: Radreifen, Blatt-Tragfedern reiben am Drehgestellrahmen, Radreifen läuft gegen den Bremsdruckreglerhebel, scharfe Radreifen und starker Grat-

Lagermetall „Bn 1“  
(Mischung: 100% Neumetall)

Lagermetall „Bn 2“  
(Mischung: 65% Neu-, 35% Altmetall)

Lagermetall „Re 1“  
(Mischung: 100% Neumetall)

Lagermetall „Re 2“  
(Mischung: 30% Neu-, 90% Altmetall)

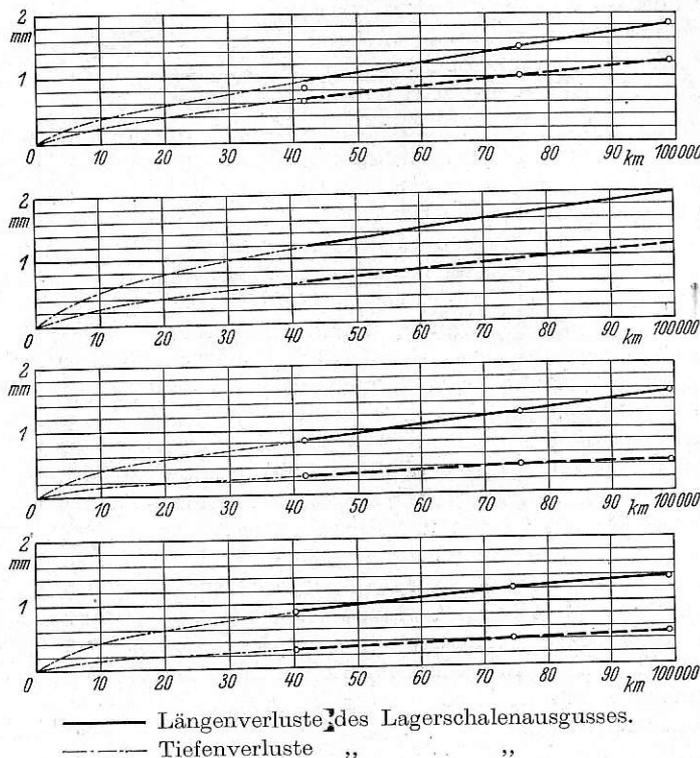
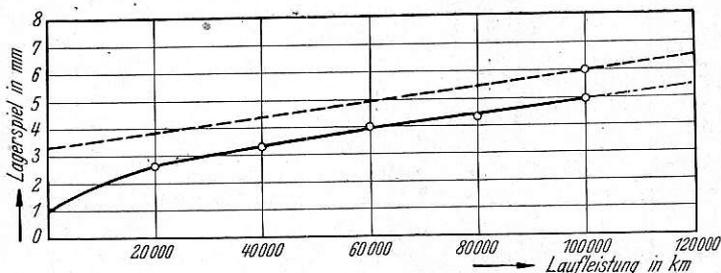


Abb. 1. Entwicklung der Längen- und Tiefenverluste bei der Verwendung von Bn- und Re-Metall für den Lagerschalenausguß. (Wagen liefen überwiegend auf Flachlandstrecken.)

Die untere ausgezogene Schaulinie der Abb. 2 läßt die Entwicklung der Lagerschalenspiele bei drei vierachsigen Wagen erkennen, die überwiegend auf einer kurvenreichen Bahnstrecke gelaufen sind. Das Anfangsspiel von 1,0 mm ist nach 100 000 km Laufweg auf 5,0 mm angewachsen. Der Längenverlust beträgt demnach 4,0 mm. Nach einem Laufweg von etwa 40 000 km

ansatz am Spurkranz. Bekanntlich kommt es häufig vor, daß schon bei dem vorgeschriebenen Lageranfangsspiel von 1,0 mm die Blatt-Tragfedern der Drehgestelle Bauart Görlitz II schwer am Drehgestellrahmen reiben. Es ist anzunehmen, daß diese Erscheinung bei zu großem Lagerspiel zunehmen wird.



Die große Bedeutung des axialen Lagerspiels steht außer Zweifel. Auf jeden Fall ist es wichtig, wenn das einmal vorgeschriebene, als richtig anerkannte Spiel möglichst lange erhalten bleibt. Das ist aber beim DWV-Gleitachslager nicht der Fall. Der Längenverschleiß kann selbst bei den auf kurvenarmen Strecken laufenden Wagen als etwa **doppelt so groß wie der Tiefenverschleiß** angenommen werden. Lediglich der betriebsübliche, normale Längenverschleiß ist zu groß, weil entweder der spezifische Bunddruck ein erträgliches Maß überschreitet oder aber die Bundschmierung unzulänglich ist. Beides wird der Fall sein.

Abb. 2. Entwicklung der Lagerspiele infolge Längenabnutzung des Metallausgusses bei Anfangsspielen von 1,0 und 3,4 mm. (Wagen liefen überwiegend auf kurvenreicher Strecke.)

**Härteverlust.**

und einem Spiel von etwa 3,4 mm wird die Schaulinie geradlinig, d. h. bei diesem Spiel hat das Lager genügend Luft; der normale betriebsübliche Längenverschleiß beginnt.

Die Zahlentafel 2 veranschaulicht das Gesamtergebnis der Härteuntersuchung. Bei 77,8% der Lagerschalen liegen die ermittelten Härtezahlen unter der unteren Härtegrenze von 24 kg/mm<sup>2</sup>, und zwar bezogen auf die Mittelwerte, die aus den auf der Bund- und Hohlkehle gemessenen Härten errechnet wurden. Der Prozentsatz erhöht sich auf 85,5%, wenn nur die Bundseite zugrunde gelegt wird. 68,3% der neu eingebauten Achslagerschalen haben nach etwa 50 000 km und 90% der zum zweiten Male verwendeten Lagerschalen nach etwa 100 000 km Laufleistung einen zu weichen Metallausguß. Ganz besonders beachtenswert ist die aus Spalte 3 zu erkennende Tatsache, daß 84,8% der untersuchten Lagerschalen auf

Die obere, gestrichelt gezeichnete Schaulinie wird sich unter der Annahme sonst gleicher Betriebs- und Fahrzeugverhältnisse voraussichtlich ergeben, wenn die Lager von vornherein das genannte Spiel von 3,4 mm erhalten würden. Das Endspiel wird nach 100 000 km theoretisch 6,0 mm betragen. Erfahrungsgemäß muß aber dieses Spiel, wenigstens bei den auf

Zahlentafel 2.  
Härteuntersuchung an 400 Achslagerschalen nach Brinell (10/500/3').

1		2	3	4	5	6						7	8	9	10	11	
Zustand der beim letzten Achswechsel eingebauten Achslagerschalen		Anzahl der ausgebauten und vermessenen Lagerschalen	Härte auf Hohlkehllseite größer als auf Bundseite	Härte auf Hohlkehllseite kleiner als auf Bundseite	Härte auf Hohlkehllseite gleich der auf Bundseite	Zugelassene Mindestbrinellhärte (24 kg/mm <sup>2</sup> ) des Bn-Metallausgusses											
						Bundseite		Hohlkehllseite		im Mittel		Bundseite		Hohlkehllseite		im Mittel	
						noch nicht erreicht	unterschritten	noch nicht erreicht	unterschritten	noch nicht erreicht	unterschritten	noch nicht erreicht	unterschritten	noch nicht erreicht	unterschritten	noch nicht erreicht	unterschritten
a	Neu ausgegossene	Stück	227	185	24	18	47	180	97	130	72	155					
	v. H.		56,7	81,5	10,6	7,9	20,7	79,3	42,7	57,3	31,7	68,3					
b	Ohne Nacharbeit wiederverwendete	Stück	173	154	11	8	11	162	30	143	17	156					
		v. H.		43,3	89,0	6,3	4,7	6,4	93,6	17,4	82,6	10,0	90,0				
c	Summe a + b	Stück	400	339	35	26	58	342	127	273	89	311					
		v. H.		100	84,8	8,8	6,4	14,5	85,5	31,7	68,3	22,2	77,8				

der Hohlkehllseite härter sind als auf der Bundseite. Im Vergleich zu dieser großen Anzahl müssen die Werte in den Spalten 4 und 5 überwiegend als Streuung bewertet werden, die bekanntlich beim Weichmetall besonders groß ist.

Aus der Zahlentafel 3 geht hervor, um wieviel Brinelleinheiten die Härte auf der Hohlkehllseite größer ist als auf der Bundseite.

Auch der Verlauf des Härteabfalls nach der Bundseite wurde an zwei besonders bemerkenswerten Lagerschalen untersucht. Die Härte zeigte sich von der Hohlkehle zum Bund stetig, wenn auch etwas unregelmäßig abnehmend von etwa 29 auf 17 bis 21 Brinelleinheiten. Die Annahme ist nahelegend, daß schon beim Ausgießen der Lagerschalen der klar erkennbare Härteabfall nach der Bundseite ganz oder teilweise entstanden sein könnte. Es sind deshalb auch neu gelieferte Lagerschalen daraufhin untersucht worden. Die ermittelten Werte ließen jedoch eher die gegenteilige Neigung erkennen. Hier ergab sich nämlich an der Hohlkehle eine Härte von ~ 30, an der Bundseite von 31 bis 32 Brinelleinheiten.

Das Ergebnis dieser Härteuntersuchung wird im allgemeinen wieder unterstrichen durch die bereits genannte ältere Versuchsreihe, auf der die in den Abb. 1 und 3 ange-

gebenen Werte beruhen. Die zu der Abb. 1 gemachten allgemeinen Bemerkungen gelten deshalb auch für die Abb. 3. Wie aus den beiden oberen Schaulinien hervorgeht, ist bei beiden Bn-Metallarten die untere Härtegrenze von 24 kg/mm<sup>2</sup> schon vor Erreichung der 50000 km-Laufgrenze überschritten. Dieses im Jahre 1932 festgestellte Ergebnis ist noch ungünstiger als das von der Untersuchung der 400 Lagerschalen herrührende. Das Regelmetall ist sehr gering enthärtet. Trotzdem ist der Längenverschleiß gegenüber dem Tiefenverschleiß außergewöhnlich groß (Abb. 1). Daraus kann wieder auf die größere Beanspruchung des Metallausgusses auf der Bundseite des Lagers geschlossen werden.

**Das Springen der Achslagergehäuse.**

Das Springen oder Verkanten der DWV-Achslagergehäuse ist eine seit Jahren bekannte, häufig auftretende Erscheinung.

Verfasser hat bereits vor längerer Zeit einen unter dem Achsschenkelbund angeordneten, in der Höhe verstellbaren Stoßfänger vorgeschlagen, der das Springen der Achslagergehäuse auf der Bundseite verhütet. Es sind 200 Wagen versuchsweise mit dieser Vorrichtung ausgerüstet worden.

Die Tatsache, daß die Achslagergehäuse bei stärkeren Stößen besonders auf der Deckelseite hochspringen und sich schräg auf das Lager setzen, ist für die Beurteilung der Not-

Zahlentafel 3.  
Härteunterschied zwischen Hohlkehll- und Bundseite des Bn-Metallausgusses.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Härte auf Hohlkehllseite größer als auf Bundseite in Br. E.																	Zusammen	
Br. E.	0,1 bis 0,5	0,6 bis 1,0	1,1 bis 1,5	1,6 bis 2,0	2,1 bis 2,5	2,6 bis 3,0	3,1 bis 3,5	3,6 bis 4,0	4,1 bis 4,5	4,6 bis 5,0	5,1 bis 5,5	5,6 bis 6,0	6,1 bis 6,5	6,6 bis 7,0	über 7,0			
a	Stück	6	16	21	20	28	18	20	8	9	12	7	9	3	2	6		185
	v. H.	2,6	7,05	9,30	8,8	12,3	8,0	8,8	3,5	4,0	5,3	3,05	4,0	1,3	0,9	2,6	81,5	
b	Stück	1	14	13	26	30	21	15	10	5	5	2	4	—	4	4	154	
	v. H.	0,6	8,2	7,6	15,0	17,5	12,2	8,8	5,7	2,8	2,9	1,1	2,2	—	2,2	2,2	89	
c	Stück	7	30	34	46	58	39	35	18	14	17	9	13	3	6	10	339	
	v. H.	1,75	7,5	8,5	11,5	14,5	9,75	8,75	4,5	3,5	4,3	2,25	3,25	0,75	1,5	2,5	84,8	

wendigkeit, eine Sicherung einzuführen, nicht allein maßgebend. Denn die Lagergehäuse können verhältnismäßig leicht in die alte Lage zurückgebracht werden. Es ist für diesen Zweck sogar eine besondere Vorrichtung entwickelt worden. Daß sich die Achslagergehäuse schräg wieder aufsetzen, ist vielmehr ein Grenzfall, der bei einiger Aufmerksamkeit des Wagnersaufsichtspersonals leicht erkannt werden kann. Die Fälle jedoch, in denen die Achslagergehäuse allein oder mit Lagerschalen sich vom Achsschenkel abheben und dann in die alte Lage zurückfallen, sind nicht ohne weiteres feststellbar.

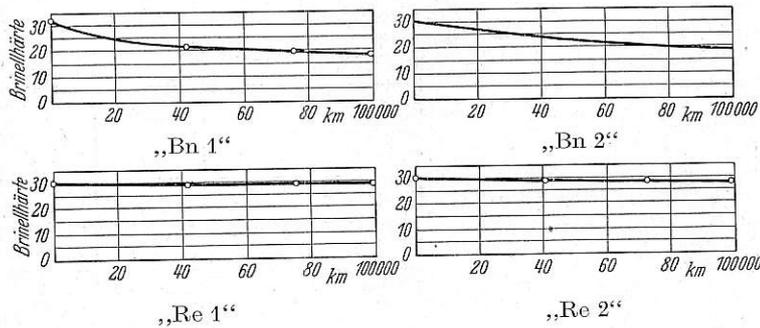


Abb. 3. Enthärtung des Metallausgusses.

Diese Fälle werden, da schon das Schrägsetzen häufig vorkommt, in bedeutend größerem Umfange zu verzeichnen sein. Es ist anzunehmen, daß die dadurch entstehenden Prellschläge sich ungünstig auf die Dauerhaltbarkeit der Achslager auswirken werden. Verfasser hat durch Versuche festgestellt, daß bereits beim Verschieben von Güterwagen im Werkstättenhof eines Wagenwerkes die Achslagergehäuse sich bis zu 10 mm vom Sitz abheben. Bei Personenwagen, selbst den vierachsigen, betrug dieses Maß etwa 2 bis 4 mm, sogar während der Zufahrt. Bei Rangierstößen, beim Befahren von Schiebebühnen usw. können die Achslagergehäuse mit oder ohne Lagerschalen noch bedeutend höher springen. Für diese Erscheinung liegt noch ein anderer Beweis vor. Bekanntlich waren früher bei den älteren Ölkästen mit über 45 mm hohen Rückwänden diese fast sämtlich eingedrückt, so daß sie auf 45 mm gekürzt werden mußten.

Beim Schrägsetzen des Achslagergehäuses kommt es vereinzelt vor, daß das Schmierkissen unter den Achsschenkelbund geschoben wird und beim Zurückdrücken des Gehäuses in die alte Lage diese Schräglage behält. Da der Schenkel dann nicht mehr genügend geschmiert wird, ist mit dem Heißlauf zu rechnen. Diese Schräglage des Schmierkissens ist äußerlich nicht zu erkennen und deshalb besonders gefährlich.

#### Schlußfolgerungen und Verbesserungsvorschläge.

Der Grenzfall, den der Heißlauf darstellt, ist für die Beurteilung der Notwendigkeit einer Verbesserung des bestehenden Zustandes nicht allein ausschlaggebend. Die Verschleißfrage ist ebenfalls wichtig. Heute muß der größere Teil der neu eingebauten Lagerschalen nach etwa 50000 km Laufweg wegen zu großen Längen- oder Härteverlustes ausgetauscht werden. Wenn es gelingen sollte, beide erheblich einzuschränken, könnten mit geringen Ausnahmen sämtliche Lagerschalen für den ganzen Untersuchungszeitraum der Wagen verwendet werden, d. h. eine Laufleistung von 100000 km erreichen. Dadurch ließen sich erhebliche Ersparnisse erzielen. Die unbrauchbaren Achslagerschalen müssen nämlich einer Gießerei übersandt, dort ausgeschmolzen, ausgegossen und den Verbrauchsstellen wieder zugeführt werden. Bei dieser Behandlung geht außerdem wertvoller Werkstoff verloren, der der Devisenbewirtschaftung unterliegt. Außerdem muß der Bestzustand nicht nur beim Lager,

sondern bei jedem Bauteil darin liegen, daß die Verschleißstellen zu gleicher Zeit das Grenzmaß erreichen. Das ist aber nach dem Ergebnis der angestellten Untersuchungen bei der DWV-Achslagerschale nicht der Fall.

Die neuen Vorschläge suchen dieser Forderung gerecht zu werden. Sie beruhen auf der vorher entwickelten Erkenntnis, daß auch bei den Wagenachslagern mit mechanischer Ölförderung vor allen Dingen der Bund erfaßt werden muß. Diese Notwendigkeit ergibt sich besonders zwingend aus der, soweit Verfasser bekannt, erstmalig genauer festgestellten Erscheinung, daß die Metallhärtung in der Nähe des Bundes am größten ist. Alle Anzeichen deuten darauf hin, daß die unzulässig große Wärmeentwicklung vom Bund ausgeht. Während bei fast allen bekannten Gleitachslagern mit mechanischer Schmierölförderung das geförderte Öl überwiegend dem Achsschenkel und dann erst mehr oder weniger erwärmt dem Bund zufließt, wird bei der neuen zusätzlichen Schmierölförderung bewußt der umgekehrte Weg eingeschlagen. Es bleibt sogar zu prüfen, ob es beim DWV-Lager überhaupt erforderlich ist, den Achsschenkel zusätzlich wesentlich mehr zu schmieren, wenn der Bund überflutet und gekühlt wird. Bei diesem nachträglich zu verbessernden Achslager spielt das nämlich eine Rolle im Hinblick auf die Abdichtung des Notlaufs.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen Ausführungsbeispiele, deren Einzelteile konstruktiv noch durchgebildet werden müssen. Grundsätzlich ist das polstergeschmierte Achslager mit zusätzlicher mechanischer Schmierölförderung gewählt worden, dessen Vorteile kürzlich beschrieben worden sind\*). Verfasser hat, ohne mit dieser Feststellung die Priorität des Leitgedankens der Veröffentlichung anzweifeln zu wollen, unabhängig von dieser in gleicher Richtung liegende Versuche angestellt, ohne dabei eine Ölschleuder zu verwenden.

Bei der Ausführung nach Abb. 4 bleiben sämtliche Teile des DWV-Gleitachslagers erhalten, selbst der Deckel und Ölbehälter.

Unter dem Achsschenkelbund steht, im Ölbehälter ein-

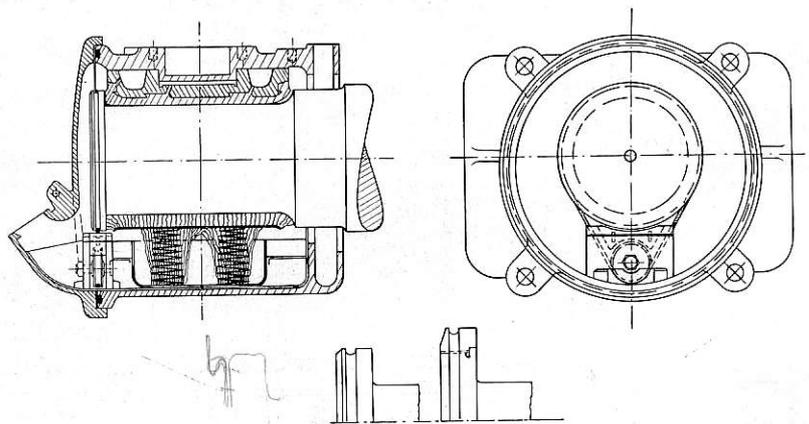


Abb. 4. DWV-Gleitachslager mit Fangbock und Schlauchfeder-Bundschmierung.

geklemmt, ein durch Zwischenlagen in der Höhe verstellbarer Fangbock mit einer dreh- und seitlich verschiebbaren Scheibe. Als Fördermittel dient entweder eine Kette, ein aufgerauhtes Band aus ölbeständigem Gummi oder besser noch eine Schlauchfeder. Dieses elastische Band umspannt den größten Teil des Bundumfangs und wird deshalb sicher mitgenommen. Der Fangbock verhütet das Springen des Achslagergehäuses und dadurch eine Beschädigung der Schmiervorrichtung oder das Herausspringen der Schlauchfeder aus der Führung. Die Schlauchfeder ist besonders gut zum Öltransport geeignet, da

\*) Vergl. Zobel und Nagel, Glasers Ann., Bd. 121, S. 204, (1937).

die durch die Federwindungen bedingte große Oberfläche ein reichliches Anhaften des Öls gewährleistet. Wie ein Standversuch ergeben hat und ein Vergleich der Lichtbilder Abb. 5

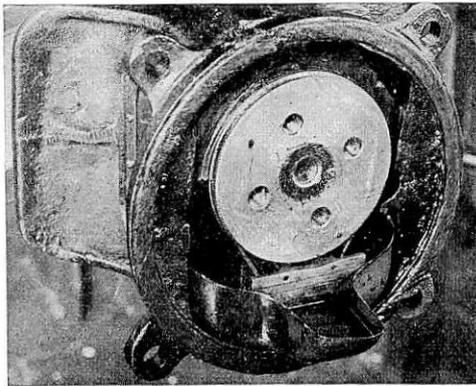


Abb. 5. Gleitachslager nach Abb. 4 mit stillstehender Achswelle.

und 6 erkennen läßt, ist die Förderleistung dieser Schmier- vorrichtung überraschend groß. Bei genügendem Öl-vorrat zieht sich vom Ölsumpf bis zur Bundoberkante ein breites Ölband bzw. eine Ölgardine, so daß sogar die innere Bund- fläche von unten her geschmiert und auch die bundseitige Kante des Polsters getränkt wird (vergl. die Färbung des Bundes und der Achslagergehäusewandung auf beiden Bildern). Außerdem fließt ein Teil des geförderten Öls von oben her in den Lagerspalt, während der Rest gegen den Deckel geschleudert und gekühlt wird. Wie der in größerem Maßstab gezeichnete Bund erkennen läßt, wird dessen Haltbarkeit und Lebensdauer durch das Einstechen der für die Aufnahme einer Schlauchfeder von 3 bis 4 mm Durchmesser erforderlichen Rille praktisch nicht beeinflusst. Auch der außerdem dargestellte, für die Bundvergrößerung vorgesehene, später beschriebene Ring kann ohne weiteres mit einer Rille versehen werden. Es ist auch möglich, eine geformte Blechkappe vor den Bund zu schrauben, um das Einstechen der Rille zu vermeiden.

Für die neue Schmierung kann erforderlichenfalls auch ein Vorsetzgehäuse mit größerem Öl-vorrat (Dauer- oder Zeit- schmierung) verwendet werden (Abb. 7). Gegen den Bund ist

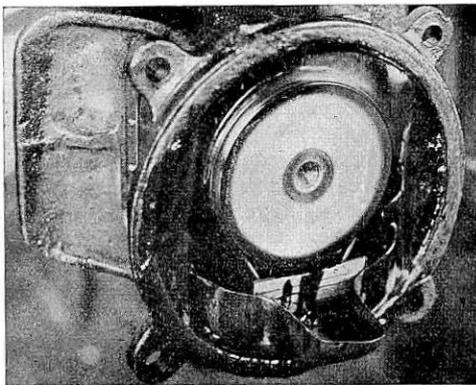


Abb. 6. Gleitachslager nach Abb. 4 mit umlaufender Achswelle bei etwa 500 Umdr./Min. (vergl. Färbung der Gehäusewandung und des Bundes auf beiden Bildern.)

ein Scheibenring geschraubt, über den die Schlauchfeder läuft. Gleichzeitig wird der Bund durch diesen Ring vergrößert. Da auch der Metallausguß auf der Bundseite der Lagerschale eine entsprechend größere Anlauffläche erhält, wird der spezifische Flächendruck an dieser Stelle wesentlich herab- gesetzt. Die in der genannten Veröffentlichung vorgeschlagenen

seitlich im Vorsetzgehäuse angeordneten Fangrinnen, die das Öl dem Polster zuleiten, können hier ebenfalls vorgesehen werden, falls das erforderlich sein sollte. Dasselbe gilt übrigens für die Vorrichtung nach Abb. 5. Die dem Bund zugeführte Ölmenge kann durch die Anordnung von Leitblechen geregelt werden.

Bei einem Gleitachslager, das von vornherein auf die neue Schmierung zugeschnitten wird, kann der Ölsumpf mit der Laufrolle unmittelbar unter dem Bund vorgesehen werden, so daß die Bundverlängerung fortfallen kann.

Eine weitere Verbesserung ist die Vergrößerung der Bund- fläche durch einen aufgesetzten Ring (Abb. 8), mit dem Ziele, den spezifischen Flächendruck bei seitlichem Anlauf zu ver- ringern. Die Abb. 8 läßt erkennen, daß beim DWV-Lager dies möglich ist, selbst wenn der Deckel beibehalten wird. Der Ring ist durch eine Schraube gesichert und außen abgeschragt, so daß nicht zu befürchten ist, daß bei Achslagern für Güter- wagen beim seitlichen Verschieben des Gehäuses der Deckel gegen den aufgeschraubten Ring stoßen kann, wenn die Grenz- maße für die einzelnen Lagerteile ungünstig zusammentreffen. Der Ring hat noch zwei Bohrungen, um ihn mit einem Zapfen- schlüssel auf- und abschrauben zu können. Wie der oben links in größerem Maßstab gezeichnete Bund zeigt, legt sich der

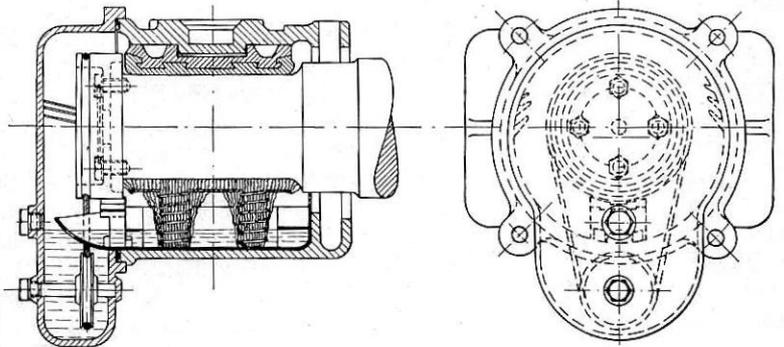


Abb. 7. DWV-Gleitachslager mit Vorsetzgehäuse und über Bund- verlängerung laufender Schlauchfeder.

vermittels Feingewinde aufgeschraubte Ring gegen einen An- satz und erhält dadurch immer denselben Sitz zum Bund. Außerdem wird durch den Anschlag das Gewinde begrenzt, so daß die innere Bundfläche frei bleibt von dem spiralförmigen Gewinde- auslauf.

Die vorhandenen Lagerschalen können nach Vergrößerung der auf der Stirnseite befindlichen Schwalben- schwanznut ohne weiteres mit größeren Stirnflächen versehen werden. Dabei ist auf die Herstellung genügend großer Ölkeile und Hohlkehlen Wert zu legen. Bereits bei leichtem Bunddruck ver- schleißt das Metall, so daß der nicht ausreichend abgerundete und abge- schrägte Übergang von der Lauffläche zur Stirnfläche verschwindet. Der Bunddurchmesser kann beim vorhan- denen DWV-Lager von 145 mm auf 160 mm vergrößert werden. Bei einem Schenkeldurchmesser von 115 mm wird dadurch die Bundfläche von 6126 mm<sup>2</sup> auf 9719 mm<sup>2</sup> ver- größert, d. h. um etwa 60%.

Eine derartige Versuchsausführung mit vergrößertem Bund ist bereits im November 1936 vorgenommen worden\*).

\*) Dieser Vorschlag und auch die neue Lagerschmierung sind zum DRP. angemeldet worden.

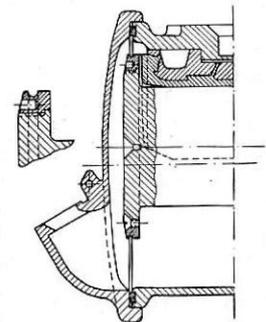


Abb. 8.

DWV-Gleitachslager, dessen Achsschenkel- bund durch einen auf- geschraubten Ring ver- größert ist.

Wichtig ist noch die Frage, wie sich die neue Schmierung im Winter verhalten wird, wenn das Öl erstarrt ist. Zur Klärung dieser Frage ist die vorher gereinigte Schlauchfeder im Ölsumpf festgeklemmt worden, so daß sie bei der Drehung des Achsschenkels in der ebenfalls entfetteten Bundrille schleifen mußte. Dieser Versuch wurde auf mehrere Stunden ausgedehnt. Irgendwelche Störungen zeigten sich nicht. Vor allen Dingen

war ein Verschleiß der gehärteten Schlauchfeder oder der Bundrille nicht festzustellen. Der Versuch berechtigt zu der Annahme, daß im Winter bei erstarrtem Öl das Schmierpolster den Achsschenkel wie bisher schmieren wird. Sobald nach kurzer Zeit die Lagertemperatur gestiegen und das Öl wieder dünnflüssig geworden ist, wird die Schlauchfeder die zusätzliche Schmierung wieder aufnehmen.

## Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen.

Am 14./15. September 1938 fand in Dresden die **Hauptversammlung des Vereins MEV** statt. Die letzte Hauptversammlung — Vereinsversammlung genannt — hat im September 1935 in der Schweiz, in Lugano, stattgefunden.

An der Tagung nahmen die Leiter oder Vertreter aller Vereinsmitglieder teil, nämlich aller Reichsbahndirektionen einschließlich des Reichsverkehrsministeriums, Abwicklungsstelle Österreich, und der Reichsbahn-Zentralämter Berlin und München, aller wichtigeren deutschen Privatbahnen (auch des Landes Österreich), der Königl. Ungarischen Staatseisenbahnen und verschiedener ungarischer Privatbahnen, der Niederländischen Eisenbahnen, der Dänischen, Norwegischen, Schwedischen Staatsbahnen und der Schweizerischen Bundesbahnen.

Bei der Tagung wurde der Geschäftsbericht der Geschäftsführenden Verwaltung des Vereins (Reichsbahndirektion Berlin) entgegengenommen. Vor allem aber erstatteten die Ständigen Ausschüsse des Vereins — Verwaltungs-Ausschuß, Personenverkehrs-Ausschuß, Güterverkehrs-Ausschuß, Wagen-Ausschuß, Technischer Ausschluß und Preis-Ausschuß — der Vereinsversammlung Bericht über die in den letzten drei Jahren geleisteten Arbeiten, die auf die Vereinheitlichung und Fortbildung des Eisenbahnwesens in allen seinen Fachgebieten gerichtet sind. Weiter hatte die Vereinsversammlung über verschiedene von dem zuständigen Ausschuß vorbereitete

Satzungsänderungen zu beschließen und eine Reihe anderer Geschäfte der Rechnungslegung und von Ersatzwahlen für die Ständigen Ausschüsse zu erledigen. In die Tagesordnung waren einige fachliche Vorträge (über den Schnellverkehr mit Triebwagenzügen in Dänemark, über die Beschleunigung des Güterverkehrs mittels Dampflokomotiven und über das Filmwesen der Eisenbahnen) eingeschaltet.

Die Versammlung wurde von dem Präsidenten der Geschäftsführenden Verwaltung des Vereins, Reichsbahndirektionspräsident Dr. Marx, geleitet. Der Herr Reichsverkehrsminister und Generaldirektor der Deutschen Reichsbahn Dr. Dorpmüller begrüßte die Versammlung bei der Eröffnung und wies in seinen Ausführungen u. a. darauf hin, daß bei solchen Riesenunternehmen, wie es die Deutsche Reichsbahn darstellt, durch die Zentralisierung gewisser Aufgaben (z. B. Fahrzeugbeschaffung) gegenüber der Wirkung des Wettbewerbs kleiner selbständiger Netze die Möglichkeit einer gewissen Einseitigkeit gegeben sei, betonte aber, daß bei den derzeitigen Vertretern eine solche Gefahr nicht zu befürchten sei. — Auch der geschäftsführende Staatssekretär im Reichs- und Preußischen Verkehrsministerium Kleinmann und eine Reihe weiterer führender Persönlichkeiten aus dem Reichsverkehrsministerium statteten der Vereinsversammlung ihren Besuch ab und nahmen an dem zu Ehren der Teilnehmer von der Deutschen Reichsbahn gegebenen Festabend teil.

## Rundschau.

### Allgemeines.

#### Die Eisenbahn St. Dié—Markirch und ihr Vogesen-Tunnel.

Bis zum Jahre 1928 bestanden nur zwei Eisenbahnverbindungen zwischen dem Elsaß und Frankreich: im Norden die Eisenbahn Straßburg—Nancy über Zabern und im Süden die Eisenbahn Mülhausen—Belfort. Mindestens ebensowohl aus politischen Gründen wie um einem Verkehrsbedürfnis zu genügen, hat Frankreich in den Jahren 1920 bis 1929 vier Entwürfe für Durchstiche durch die Vogesen bearbeiten lassen, nämlich die Eisenbahnen St. Dié—Saales und St. Dié—Markirch im Norden und St. Maurice—Wesserling und Cornimont—Metzeral im Süden. Von diesen ist die zweigleisige Eisenbahn St. Dié—Saales im Oktober 1928 eröffnet worden. Bei 24 km Länge durchbricht sie das Gebirge in einem 1,6 km langen Tunnel. Sie stellt eine gerade Verbindung zwischen der Gegend von Epinal und Straßburg und dadurch mit dem Rhein her, eine Verbindung, die bis dahin nur auf dem Umweg über Lunéville—Saarburg—Zabern möglich war. Von besonderer Bedeutung für den Verkehr wäre die Eisenbahn St. Maurice—Wesserling, die bei 15 km Länge mit einem 8,3 km langen Tunnel die Entfernung Epinal—Mülhausen um 52 km verkürzen und eine neue Verbindung der Schweiz mit Frankreich, Belgien und den Niederlanden herstellen würde. Ihr Bau wurde im Jahre 1931 begonnen, aber wegen großer Schwierigkeiten, die sich unerwarteterweise seiner Durchführung entgegenstellten., im Jahre 1935 wieder eingestellt. Der Bau der Eisenbahn Cornimont—Metzeral, die 23 km lang wird und die Entfernung zwischen Colmar und Epinal um 102 km verkürzen wird, ist noch nicht in Angriff genommen.

Auf der Eisenbahn St. Dié—Markirch, die hier behandelt werden soll, ist am 8. August 1937 in Gegenwart des Präsidenten der Republik der Betrieb eröffnet worden. Ihre Bedeutung liegt

in der Herstellung einer Verbindung zwischen Schlettstadt und Nancy, die sie gegen den früheren Zustand um etwa 60 km verkürzt. Sie ist 12,1 km lang, wovon 6872 m im Tunnel liegen. Etwa 12 km von St. Dié entfernt zweigt sie von der Strecke St. Dié—Saales—Straßburg ab, führt dann etwa 3,5 km in einem Flußtal aufwärts, durchdringt das Gebirge in dem erwähnten Tunnel und mündet 1,7 km vom östlichen Tunnelmund entfernt in Markirch in die Eisenbahn Schlettstadt—Markirch ein. Ihr höchster Punkt liegt auf 438 m Seehöhe im Tunnel. Die Eisenbahn ist eingleisig, der Tunnel ist jedoch für zwei Gleise ausgebrochen, so daß der zweigleisige Ausbau jederzeit ohne Schwierigkeiten möglich ist. Die größte Steigung ist 1:56 im Freien und 1:71,5 im Tunnel. Der Tunnel liegt in seinem Hauptteil in einer Geraden; nur am Ostende mündet er in einer ungefähr 500 m langen Krümmung von 500 m Halbmesser aus. Das Gleis steigt in ihm von Westen her auf 935 m Länge unter 1:1000 und fällt dann unter 1:71,5 bis zu der genannten Krümmung, in der das Gefälle auf 1:77 ermäßigt ist.

Der Oberbau besteht im Freien aus 18 m langen Schienen von 46 kg/m Gewicht. Im Tunnel sind je drei Schienen von 55 kg/m Gewicht zu Stücken von 72 m Länge verschweißt. Die Abzweigungsverweiche haben Halbmesser von 1000 m, so daß sie mit 100 km Stundengeschwindigkeit durchfahren werden können.

Dem Bau des Tunnels mußten umfangreiche Vermessungsarbeiten vorausgehen. Sie hatten zusammen mit der Sorgfalt bei der Ausführung den Erfolg, daß die Abweichung der Achsen beim Zusammenstoß der von beiden Enden vorgetriebenen Tunnelteile nur 190 mm betrug; in der Höhe machte der Fehler sogar nur 12 mm aus. Der eigentliche Tunnelbau begann auf der Ostseite am 27. Juni, auf der Westseite am 28. Oktober 1933. Mit geringen

Abweichungen, die durch den Gebirgsdruck verursacht wurden, ist der Tunnel auf seiner ganzen Länge mit Hilfe eines Sohlstollens als Richtstollen hergestellt worden, der dann nach oben erweitert wurde, worauf vom First aus der weitere Ausbruch vorgenommen wurde. Zum Antrieb aller Werkzeuge diente Druckluft, als Sprengmittel Dynamit. Der Ausbruch wurde von Hand verladen; der Versuch, ein Förderband dazu zu verwenden, erwies sich als unzweckmäßig. Abgefördert wurde er in Wagen von 2,3 m<sup>3</sup> Fassungsraum auf Gleisen von 60 cm Spurweite mit 20 bis 25 kg/m schweren Schienen auf Eichenholzschwellen. Als Zugkraft diente auf der Ostseite Druckluft und elektrischer Strom. Auf der Westseite dienten zur Abförderung des Ausbruchs Zugmaschinen mit Schwerölantrieb. Ihre Abgase wurden durch Reinigung unschädlich gemacht, und zwar mit solchem Erfolg, so daß die Luft nach Vorüberfahrt eines solchen Motors nicht mehr als 0,5% Kohlenoxyd enthielt.

Der Tunnel ist auf seiner ganzen Länge mit Beton in 0,40 bis 0,85 m Dicke ausgemauert. Der Ausbau wurde in Abschnitten von 6 m Länge vorgenommen. Er begann mit zwei seitlichen Mauern von 1,2 m Höhe als Widerlager für das Scheitelgewölbe. Vor diesen Mauern wurden die Schalungsgerüste, bestehend aus I-Trägern von 20 cm Höhe aufgestellt. Das Scheitelgewölbe wurde aus sieben Schichten von Granit- oder Betonquadern von 0,4 zu 0,2 zu 0,2 m Größe mit einer Öffnung am Scheitel hergestellt, die mit Beton ausgefüllt wurde. Die Betonquader wurden außerhalb des Tunnels geformt; der Beton wurde durch Rütteln verdichtet und wies nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit von 230 bis 275 kg/cm<sup>2</sup> auf. Frühestens 14 Tage nach Einbringen des als Schlußstein dienenden Betons wurde die Schalung entfernt.

Zwischen der seitlichen Ausmauerung und den erwähnten, als Widerlager für das Scheitelgewölbe dienenden Mauern wurde ein 5 cm breiter Spalt gelassen, der nach dem Erhärten des Betons mit Zementmörtel ausgefüllt wurde.

Der Beton besteht aus 350 kg Eisenportlandzement, 400 l Sand und 800 l Schotter je m<sup>3</sup>. Er wurde in elektrisch angetriebenen Mischern mit 0,75 m<sup>3</sup> Fassungsraum im Tunnel hergestellt. Es arbeiteten immer zwei Mischer gleichzeitig in einem Abstand von 200 bis 400 m, der vordere für das Gewölbe, der nachfolgende für die seitliche Ausmauerung. Nachdem diese fertiggestellt war, rückte der hintere Mischer vor und lieferte den Beton für das Gewölbe.

Zur Abführung des Wassers aus dem Tunnel diente ein Gerinne von Halbkreisform und 60 cm Tiefe, ebenfalls aus Beton.

Beim Vortrieb des Sohlstollens zeigte sich, daß die Luftwärme 16° nicht überstieg; es bedurfte also keiner künstlichen Kühlung der Luft, und die zugeführte Frischluft brauchte nur den Ersatz der verbrauchten Luft zu bilden. Beim weiteren Verlauf der Arbeiten stieg die Wärme im allgemeinen nicht über 19°, nur das Abbinden des Betons hatte eine Steigerung um 6° zur Folge. Auf der Ostseite arbeiteten zwei Gebläse, die je 128 PS erforderten. Die Luftleitung wurde bis an die Stollenbrüst geführt, hatte aber alle 50 m Ventile, durch die die zurückliegenden Arbeitsstellen mit Frischluft versorgt wurden. Ähnlich ging die Lüftung auf der Westseite vor sich, bis hier, 875 m vom Tunnelmund entfernt, ein 42 m hoher Lüftungsschacht angelegt wurde. Hier wurde dann für den fallenden Teil des Tunnels eine vereinigte Druck- und Sauglüftung eingerichtet. Beim Durchschlag des Tunnels stellte sich alsbald ein Luftzug ein, der aber in seiner Richtung wechselte. Die eben erwähnte Saugleitung wurde daher so ausgebaut, daß sich dauernd ein Luftstrom von 15 m<sup>3</sup>/Sek. auf den Schacht zu bewegte. Hierdurch wurde sehr erheblich an Kraft für den Betrieb der Lüftung gespart.

Der größte Tagesfortschritt beim Vortrieb des Sohlstollens betrug 12 m auf der Westseite und 11,7 m auf der Ostseite, die durchschnittliche 12,72 m. Das Gebirge bereitete dem Tunnelbau keine besonderen Hindernisse. Es besteht aus Granit und Gneis von gewöhnlicher Härte.

Im ganzen sind bei dem Tunnelbau 435 000 m<sup>3</sup> Fels ausgebrochen worden; dabei wurden 216 800 kg Dynamit verbraucht. Es wurden 100 000 m<sup>3</sup> Beton mit 34 000 t Zement hergestellt. Der Kraftverbrauch betrug 12,9 Millionen kWh. Im Tagesdurchschnitt wurden 1266 Arbeiter beschäftigt. Wernekke.

### Viergleisiger Ausbau einer französischen Eisenbahn.

Die Strecke Paris—Lyon ist von Paris bis zum Bahnhof St. Florentin viergleisig mit Ausnahme eines 23 km langen Stückes

zwischen den Bahnhöfen Villeneuve la Guyard und Sens, welches zweigleisig ist, jedoch einen so starken Verkehr aufnehmen muß, daß ein viergleisiger Ausbau dieses Stückes notwendig wurde. Die Strecke Paris—Villeneuve la Guyard besteht auf dem nach letzterem Bahnhof zu liegenden Teile tatsächlich aus zwei Linien, die getrennt an beiden Ufern der Seine zweigleisig entlang geführt sind und erst in der Nähe des Bahnhofs Villeneuve la Guyard zusammenlaufen.

Bei Zusammenführung der beiden zweigleisigen Strecken in eine zweigleisige Strecke am Bahnhof Villeneuve la Guyard war es schon früher als notwendig angesehen worden, die beiden inneren Gleise zur Vermeidung einer schienengleichen Kreuzung derselben mittels Brücke zu kreuzen (Abb. 1).

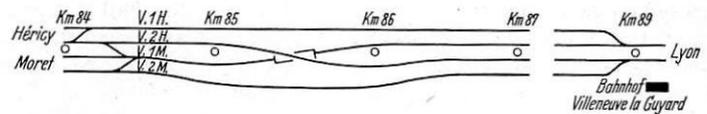


Abb. 1. Bestehende Zusammenführung der beiden zweigleisigen Strecken.

Es handelte sich nunmehr um die Aufgabe, den viergleisigen Ausbau so zu gestalten, daß zwei zweigleisige Bahnen in eine viergleisige Bahn derart eingeführt wurden, daß auf letzterer die beiden Gleise der gleichen Fahrriechtung nebeneinander liegen. Abb. 2 zeigt die gewählte Ausführung, bei welcher ebenfalls zur Vermeidung schienengleicher Kreuzungen der Gleise zwei weitere Kreuzungsbauwerke, im ganzen also drei vorhanden sind. Die beiden inneren Gleise der viergleisigen Strecke dienen dem Schnellverkehr.

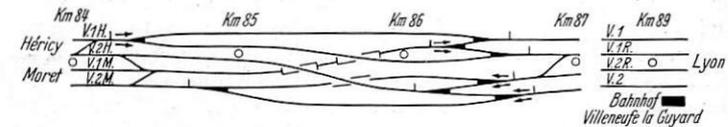


Abb. 2. Übergang der beiden zweigleisigen Strecken in eine viergleisige Eisenbahn.

Die wichtigsten Erdarbeiten bestanden in einer Verbreiterung eines 3 km langen und bis 20 m hohen Einschnitts im Kreidefelsen in der Nähe von Pont sur Yonne, um den Platz für die beiden weiteren Gleise freizumachen. Besonders schwierig war die Aufgabe, Schäden an den zahlreichen Wohngebäuden zu vermeiden, welche in der Nähe der Böschungsoberkante längs der Bahnstrecke errichtet sind. An manchen Stellen hat daher die neue Böschung eine steile Neigung 3:1, vereinzelt sogar bis 10:1 erhalten. Sonst ist möglichst eine Neigung 1:1 gewählt. Da der Kreidefelsen nicht wetterbeständig ist, so ist derselbe bei steilen Neigungen mit Mauerwerk verkleidet; bei den flacheren Neigungen ist eine Abdeckung mit Mutterboden als ausreichend angesehen.

Die Verbreiterung der übrigen Einschnitte im Kreidefelsen ist ohne Besonderheiten ausgeführt. Die Dammschüttung ist entweder mit dem gewonnenen Kreideboden und einer Überdeckung desselben durch Kiesabraum oder mit Kiesboden aus dem Flußtal der Yonne erfolgt.

Die Brücken sind größtenteils Betonbauwerke; eine kleinere Brücke hat eisernen Überbau erhalten. Einige Brücken sind als Gewölbe ausgeführt. Pfeiler, Widerlager und Gewölbe sind mit Bruchsteinen verkleidet.

Wie erwähnt, dienen die beiden mittleren Gleise dem Schnellverkehr und haben schweren Oberbau. Es können jedoch im Bedarfsfalle auch die beiden anderen Gleise für Schnellverkehr mit der gleichen Geschwindigkeit benutzt werden. Die Bettung besteht teils aus Kies aus dem Yonnetal, teils aus Steinschlag. Unter der Bettung befindet sich noch eine Lage von Sand aus dem Yonnetal. Die von Zügen durchfahrenen einfachen Weichen sind als symmetrische Weichen mit einer Neigung 1:20 ausgeführt und gestatten eine Geschwindigkeit von 120 km/h.

Entsprechend dem Ausbau der Sicherungsanlagen auf der ganzen Strecke ist auch beim viergleisigen Ausbau selbsttätige Blockanlage mit Tageslichtsignalen in Ausführung, wobei eine Anzahl kleiner Stellwerke in Fortfall kommen. Sr.

Rev. gén. Chem. de Fer. vom 1. November 1937.

### Neubau einer verfallenen Eisenbahn.

Im Jahre 1902 ging D. H. Moffat, ein amerikanischer Geldmann, daran, eine Eisenbahn von Denver nach Salt Lake City zu bauen, um eine bessere Verbindung zwischen Chicago und San Francisco zu schaffen. Die neue Eisenbahn begann bei Utah Junction etwa 6,5 km von Denver entfernt; sie erreichte im Jahre 1904 Arrow, 121 km von Denver entfernt, nachdem sie unterwegs im Rollinspaß auf 3456 m Seehöhe das Felsengebirge überschritten hatte. Sie mußte sich dabei durch eine enge Schlucht winden, was auf den ersten 72 km den Bau von 29 Tunneln und zahlreiche Krümmungen von 110 m Halbmesser nötig machte. Moffat wollte das Gebirge untertunneln, dazu reichten aber die Mittel nicht aus, und die Eisenbahn wurde mit Steigungen von 1:25, von denen sich eine auf 43,5 km erstreckt, über den Paß geführt. Damit waren aber die Gelder erschöpft, der Bau wurde eingestellt und erst 1907 wieder aufgenommen. Nach wiederholter Zwangsverwaltung nahm sich die Denver & Rio Grande West-Eisenbahn der notleidenden Unternehmung an und erwarb im Jahre 1928 das Recht, ihre Züge über die Moffat-Eisenbahn zu leiten. Hier war mittlerweile der nach dem Förderer des Werks genannte Moffattunnel, 9,8 km lang, mit den nötigen Anschlüssen als Ersatz für die Strecke über den Rollinspaß gebaut worden. Der Bau hatte 18 Millionen Dollar gekostet, dreimal so viel wie veranschlagt. Die beiden Portale des Tunnels liegen auf 2806 m und 2770 m Seehöhe; die Strecke steigt in ihm von Westen her unter 1:125 und 1:110, von Osten her unter 1:330, die Leitung des Verkehrs durch den Tunnel bedeutete also eine sehr erhebliche Verminderung des zu überwindenden Höhenunterschieds. In Orestod, 206 km von Denver entfernt, nähert sich die Moffat-Eisenbahn bis auf 76 km der Denver & Rio Grande West-Eisenbahn in Dotsero, und während der Weg von Denver bis Salt Lake City unter Benutzung von Moffats Eisenbahn 1200 km lang ist, hätte er auf 920 km gekürzt werden können, wenn eine Schienenverbindung zwischen Orestod und Dotsero vorhanden gewesen wäre. Ihrem Bau standen zwar sehr erhebliche Geländeschwierigkeiten im Wege, die Verkürzung der Entfernung zwischen Denver und Salt Lake City und damit zwischen Chicago und San Francisco hielt man aber doch für wertvoll genug, um an ihre Überwindung zu gehen, und im Jahre 1934 konnte der Betrieb auf der Abkürzungstrecke eröffnet werden. Sie hat günstige Steigungsverhältnisse, außer Neigungen unter 1:330 und 1:200 kommt nur an einer Stelle eine Steigung von 1:140 vor.

Unter Benutzung des Moffat-Tunnels und der Abkürzungstrecke Orestod—Dotsero ist die Fahrzeit der Personenzüge um 9 Std. 40 Min., die der Güterzüge um 8 Std. verkürzt worden.

Die mißlichen wirtschaftlichen Verhältnisse der Moffat-Eisenbahn, die schließlich bis Craig, 410 km von Denver entfernt, ausgedehnt worden war, hatten zur Folge, daß die Eisenbahn verfiel. Die Strecke war eingleisig, Kreuzungs- und Überholungsgleise waren nur in weiten Abständen und in kürzerer als Zuglänge vorhanden. Die Personenzüge fuhren mit 40 km Stunden-geschwindigkeit und hatten trotzdem immer Verspätung. Die Güterzüge hatten überhaupt keinen festen Fahrplan. Als im Jahre 1922 ein Felssturz die Strecke sperrte, war es sehr zweifelhaft, ob der Betrieb überhaupt wieder aufgenommen werden würde, und es dauerte 90 Tage, ehe dies geschah.

Die Übernahme der Moffat-Eisenbahn durch die Denver & Rio Grande West-Eisenbahn, die im übrigen ein 4300 km langes Netz betreibt, hat die Folge gehabt, daß die Eisenbahn, ihrer Bedeutung für den Ost-West-Verkehr entsprechend, instand gesetzt worden ist. Das alte Gleisbett bestand nur in der eingeebneten Erdoberfläche ohne Schotter. Nunmehr ist die Eisenbahn mit einer vulkanischen Asche beschottert, von der behauptet wird, sie werde in ihrer Eignung als Gleisschotter von keinem anderen Gestein übertroffen. Die Neigungsverhältnisse sind berichtigt und verbessert worden. Die verfaulten Schwellen sind durch getränkte, die Schienen von 40 kg/m Gewicht, die bis 30 Jahre und länger im Gleis gelegen hatten, sind durch neue von 50 kg/m Gewicht ersetzt worden. Zwei Drittel der alten Holzbrücken sind durch Dämme mit Durchlässen ersetzt worden oder durch Streckenverlegungen entbehrlich geworden.

Die scharfen Krümmungen sind beseitigt worden. Es bestehen jetzt nur noch zwei Bogen von 110 m Halbmesser. Alle Krümmungen sind mit Übergangsbogen und Überhöhung versehen

worden. Die zugelassene Geschwindigkeit beträgt im allgemeinen 100 km in der Stunde für Personenzüge und 65 km für Güterzüge. An einigen Stellen muß allerdings die Fahrgeschwindigkeit immer noch ermäßigt werden, doch geht dieses Maß nie unter 43 km in der Stunde herunter. Obgleich die Fahrzeiten jetzt halb so lang sind wie in der Zeit des Verfalls, wird der Fahrplan eingehalten.

Die hölzerne Auszimmerung des Moffat-Tunnels ist durch Beton ersetzt worden, wodurch Unterhaltungskosten von 100 000 Dollar im Jahre erspart werden. Überhaupt sind die Unterhaltungskosten bei dem jetzigen Zustand der Bahn nur halb so hoch wie früher.

Ungefähr 230 km von Denver entfernt steht auf einer Fläche von 16 ha als Schotter geeignetes Gestein in geradezu unerschöpflicher Menge an. Die Wand ist auf eine Länge von 240 m in 60 m Höhe zur Schottergewinnung angeschnitten. Bei einer Sprengung wurden hier beispielsweise gegen 100 000 m<sup>3</sup> Fels gelöst, der an Ort und Stelle zu Schotter verarbeitet wird. Die Einrichtungen sind so getroffen, daß sieben Mann täglich 18 Wagen oder 800 t Schotter laden können.

Ein Trupp von acht Mann stopft täglich eine Strecke von etwa über 900 m. Der Luftverdichter für den Antrieb der Druckluftgeräte wird in der Mitte der Tagleistungstrecke aufgestellt; zu ihm gehört eine 450 m lange Rohrleitung, die, dem Fortschritt der Arbeit entsprechend, verkürzt und dann wieder verlängert wird. Gegenüber der Benutzung eines fahrbaren Luftverdichters der bei Vorüberfahrt jedes Zugs aus dem Gleis ausgehoben werden muß, werden bei dieser Anordnung sehr erhebliche Ersparnisse an Arbeitszeit und damit an Kosten erzielt.

Die alten leichten Schienen sind, wie schon erwähnt, nach und nach durch 50 kg/m schwere Schienen der von den Eisenbahnen der Vereinigten Staaten vereinbarten Regelform ersetzt worden. Beim Verlegen der neuen Gleise werden gute Tagesleistungen erreicht; so hat ein Trupp von 63 Mann an einem zehnstündigen Arbeitstag, zehnmal durch vorüberfahrende Züge gestört, 1890 m Gleis erneuert. Ein Aufseher war dabei mit einem tragbaren Fernsprecher an die Leitung der Zugabfertigung angeschlossen, so daß er immer über die Anordnungen der Zugleitung unterrichtet war.

Bei der planmäßigen Ausstattung der ganzen Strecke mit getränkten Schwellen erreichte man in den beiden letzten Jahren eine Jahresleistung von je 172 000 Schwellen. Die Schwellen bestehen aus verschiedenen einheimischen Holzarten und werden in einer Tränkanstalt am Anfang der Strecke getränkt. Bis zu einer Seehöhe von 3000 m waren die Schwellen in solchem Zustande, daß ihre Weiterverwendung nicht in Frage kam; über dieser Höhe hatten sie sich so gut gehalten, daß viele von ihnen getränkt und wieder eingebaut werden konnten. Beim Auswechseln der Schwellen arbeiten Trupps von 24 Mann, die im Durchschnitt 1,1 Schwellen in der Arbeitsstunde einbauen.

Bei Instandsetzung der Gleise sind auch die Krümmungsverhältnisse verbessert worden; es gibt nur noch drei Stellen, wo der Halbmesser der Gleise kleiner als 145 m ist. Am Ostende der Strecke ist mit ungefähr 300 000 m<sup>3</sup> Schüttung auf 5 km Länge das Gleis um 6 m gehoben worden, wodurch eine Steigung von 1:82 und eine Straßenkreuzung in Schienenhöhe beseitigt wurden. An anderer Stelle wurde eine Steigung unter 1:40 auf 1:55 ermäßigt, indem ein Einschnitt um 1,4 m vertieft wurde. Die Güterzüge können infolgedessen an dieser Stelle gegen früher um fünf Wagen verstärkt werden. An einer Stelle mit besonders ungünstiger Linienführung sind auf 3 km Länge die Krümmungsverhältnisse so verbessert worden, daß die Mittelpunktswinkel jetzt um 421° kleiner sind als vorher. Die neue Strecke schneidet dabei die alte sechsmal. Es bedurfte dabei der Bewegung von 300 000 m<sup>3</sup> Massen.

Zur Erleichterung des Zugverkehrs sind in Abständen von durchschnittlich 8 km Kreuzungs- und Überholungs-gleise für 100 Wagen gebaut worden.

Der Bau der bekannten hölzernen Bockbrücken — trestle works — wurde bekanntlich beim Bau vieler amerikanischen Eisenbahnen einer Dammschüttung vorgezogen. Die Moffat-Eisenbahn enthielt 272 solche Bauwerke von zusammen rund 6600 m Länge. In dem trockenen Klima jener Gegend waren die Holzbrücken stark durch Feuer gefährdet, und außerdem war ihr baulicher Zustand so, daß sie hohe Unterhaltungskosten erforderten. Sie sind daher durch Dämme mit Durchlässen ersetzt worden. An 175 Brücken von zusammen gegen 5 km Länge waren diese Arbeiten im Herbst 1937 beendet, drei solche Brücken wurden durch

Streckenverlegung entbehrlich, und die verbleibenden führen zum Teil über Wasserläufe, die zu groß sind, um von einem Durchlaß aufgenommen zu werden. Von diesen sind einige mit Stahl ausgebaut worden, andere haben Beton Gründungen erhalten usw. Bei den kleineren wird zunächst der Durchlaß, meist bestehend aus stählernen Wellrohren, hergestellt. Die kleinsten Durchlässe haben ein 30 cm weites Rohr, bei den größeren geht man bis zu zwei Rohren von 1,83 m Durchmesser.

Die Moffat-Eisenbahn führt durch 52 Tunnel von zusammen 17,15 km Länge. Der längste ist der schon erwähnte Moffat-Tunnel mit 9,8 km, die anderen sind 24 m bis 527 m lang. Von diesen sind 4443 m mit Mörtel ausgespritzt worden, 5560 m sind mit Beton ausgekleidet worden, 3817 m haben eine Auskleidung mit alten Hölzern erhalten, und 3448 m stehen ohne Auskleidung. Das bei der Auskleidung mit Holz verwendete Holz ist ungetränkt und mindestens 34 Jahre alt; es ist zum Teil in gutem Zustand, bedarf aber zum Teil der Erneuerung, die bereits in Angriff genommen ist.

Auch sonst sind zahlreiche Ausbaurbeiten und Verbesserungen vorgenommen worden. Die Anlagen zur Bekohlung der Lokomotiven und deren Versorgung mit Speisewasser sind neu geschaffen worden; die Bahnwärterhäuser, an denen bisher nichts geschehen war, sind gründlich überholt worden. Die Eisenbahn

führt durch Gelände, in dem es zur Zeit ihres Baues keine Ortschaften gab; der Weidebetrieb in jener Gegend machte es aber nötig, Anlagen zur Verladung von Vieh zu schaffen. Diese waren mittlerweile verfallen und sind erneuert worden. Das Fernsprechnetz und Telegraphennetz ist neu gestaltet worden. Viele von diesen Neuerungen bedeuten nicht nur eine Erleichterung für Betrieb und Verkehr, sondern haben auch eine Verminderung der Kosten zur Folge.

Die vorstehend geschilderten Verbesserungen bezogen sich auf die Strecke Denver—Orestod; in der nächsten Zeit soll auch die Strecke Orestod—Craig ähnlich durchgearbeitet werden. Weiter ist beabsichtigt, im Moffat-Tunnel elektrische Zugförderung einzurichten, weil bei dem heutigen Verkehr, der bis 32 Züge an einem Tag geht, die (im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1930, S. 340 beschrieben) Lüftung nicht mehr ausreicht. Wenn aber einmal der Tunnel für elektrischen Betrieb ausgerüstet wird, so wird man wohl auch auf der anschließenden Strecke zu dieser Betriebsform übergehen. Einige Brücken müssen noch verstärkt werden, ehe die schwersten Lokomotiven die Strecke befahren können. Aber immerhin ist die Eisenbahn, die hoffnungslos verfallen schien, schon jetzt auf einen Stand gebracht, wie er für einen wohlgeordneten Betrieb bei anderen Eisenbahnen der Vereinigten Staaten auch vorhanden ist.

Wernecke.

## Lokomotiven und Wagen.

### Selbstölendes Achslager.

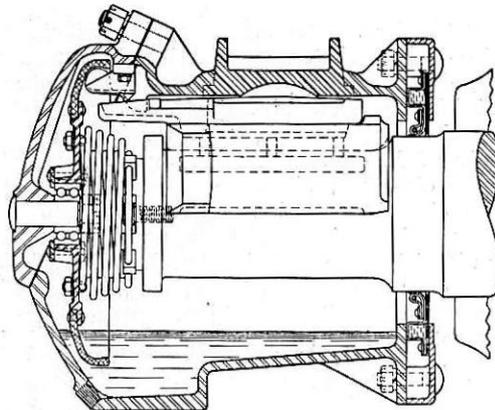
Das in der Textabbildung dargestellte Lager wird von der National Bearing Metals Corporation in St. Louis hergestellt und ist für hohe Geschwindigkeiten bestimmt. Von den sonst gebräuchlichen Achslagern unterscheidet es sich in erster Linie durch das Fehlen eines Schmierpolsters; statt dessen wird das Öl durch eine mit der Achse umlaufende Scheibe vom Grund des Achslagers nach oben gefördert und fließt dann von dort aus der Lagerfläche zu.

Das Achslagergehäuse besteht aus Stahlguß. Es besitzt in seinem oberen Teil einen Einsatz aus Manganstahl, der außen den Schwanenhalshebel und innen in einer kugelförmigen Pfanne ein freieinstellbares Zwischenstück aufnimmt, das wieder auf der Lager- schale aufsitzt. Das Lager selbst ist aus Rotguß mit Weißmetallausguß hergestellt und umfaßt den Achsschenkel über einen Winkel von 180°. Die Ölförderscheibe ist mittels eines Kugellagers am Deckel des Achslagergehäuses drehbar gelagert; sie trägt auf ihrer der Achse zugewandten Seite zwei entgegengesetzt gewickelte, ineinander sitzende Schraubenfedern. Diese greifen mit ihren freien Enden in ein an der Stirnseite der Achse angeordnetes Kupplungsstück ein und nehmen so die Scheibe bei der Umdrehung mit. Die gesamte Ölfördereinrichtung ist also am Deckel der Achsbüchse angeordnet; bei Störungen ist es nur nötig diesen abzunehmen — was durch Lösen von drei Schrauben geschieht — und ihn gegebenenfalls samt den angebauten Teilen zu ersetzen.

Das Öl wird von der unten in den Ölvorrat eintauchenden Scheibe mitgenommen, oben an einer Nase abgestreift und über das Zwischenstück dem Lager zugeführt. Was überschüssig gefördert wird, fließt sofort wieder über die Außenfläche der Lager- schale nach dem Vorratsraum zurück. Die von der Scheibe geförderte Ölmenge ist so reichlich, daß beispielsweise bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h weniger als  $\frac{1}{20}$  der geförderten Menge für die Schmierung nötig war. Das bei diesen hohen Geschwindig-

keiten überfließende Öl dient damit zugleich als erwünschtes Kühlmittel. Auch das Anfahren soll keine Schwierigkeiten machen; nach einer halben Radumdrehung soll eine genügende Anfangsschmierung vorhanden sein.

Lager dieser Bauart sind auf dem Prüfstand langdauernd mit Umdrehungszahlen gelaufen, die einer Geschwindigkeit von 320 km/h entsprechen, und dabei Außentemperaturen bis zu



Selbstölendes Achslager.

— 40° C ausgesetzt worden. Sie sollen sich dabei sehr gut bewährt haben. Insbesondere wird der Ölverbrauch als sehr gering angegeben, was zum Teil wohl auch auf Rechnung der gut ausgebildeten Abdichtung an der Innenseite zu setzen sein dürfte. So sind die Achslager unter zwei sechssachsigen Schnellzugwagen 40000 km gelaufen, ohne daß nach dieser Zeit Öl nachgefüllt werden mußte.

R. D.

(Rly. Age 1937.)

## Elektrische Bahnen.

### Verbunderregte Motoren für Nutzbremung.

Die Nutzbremung wurde bisher hauptsächlich bei Lokomotiven für lange Rampenstrecken angewendet, in erster Linie um eine bestimmte Höchstgeschwindigkeit im Gefälle zu sichern. Das eigentliche betriebliche Abbremsen war weniger wichtig. Die wesentlichen Bestandteile der Systeme waren eine niedervoltige Erregermaschine für die Hauptstrompole der Fahrmotoren und eine Reihe stabilisierender Widerstände.

Seit einigen Jahren wird nun die Nutzbremung auch zur Betriebsbremsung von Vorortzügen verwendet, um die Be-

schleunigungsarbeit wieder zu gewinnen. Von den verschiedenen Systemen hat sich bisher nur der verbunderregte Motor unter gewissen Voraussetzungen durchgesetzt. Nach der bekannten Beziehung ist die Bewegungsenergie  $\frac{1}{2} m v^2$  gleich der mechanischen Arbeit von Bremskraft mal Bremsweg. Der eine Teil dieser Bremskraft wird von den Lokomotiv- und Fahrwiderständen gebildet, der andere ist entweder voll oder nach Abzug einer allenfallsigen mechanischen Bremskraft nur teilweise zur Rückgewinnung verfügbar. Die Verhältnisse liegen bei gleichmäßig angenommenen Kräften etwa so:

Verzögerung	Lokomotiv- und Fahrwiderstand	Verfügbare Bewegungsenergie
0,4 m/sec <sup>2</sup>	7 kg/t ohne mechanische Bremse	85 v. H.
0,8 „	7 „ „ „ „	92 „
1,2 „	7 „ „ „ „	95 „
0,4 m/sec <sup>2</sup>	45 kg/t mit mechanischer Bremse	0 v. H.
0,8 „	45 „ „ „ „	51 „
1,2 „	45 „ „ „ „	67 „

Diese Zahlen zeigen deutlich die beiden Grundbedingungen für wirtschaftliche Rückgewinnung, nämlich hohe Verzögerungen und Vermeiden mechanischer Bremsen. Die erste hängt von körperlichen Empfindungen ab. Den Fahrgast stört jedoch weniger

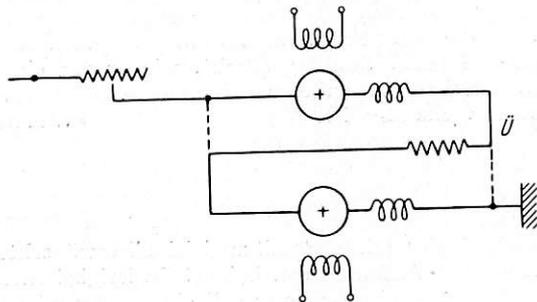


Abb. 1. Zwischenschritte bei Reihenparallelschaltung.  
1. Zunächst ohne die gestrichelte Verbindung,  
2. dann mit der gestrichelten Verbindung.

die absolute Größe der Verzögerung, als vielmehr ihre Änderungen. Man kann also die Bremskräfte zwar hoch wählen, muß aber dann dafür sorgen, daß sie eine gleichmäßige Verzögerung ergeben. Ferner soll die Nutzbremse bis herunter zu den niedrigsten noch lohnenden Geschwindigkeiten möglich sein. Nahe dem Stillstand kann dann ohne fühlbaren Verlust die mechanische Klotz- oder Schienenbremse einsetzen, die wegen der genauen Zielhalte des Vorortverkehrs ohnedies nötig ist. Drittens dürfen die Kennlinien der Motoren, besonders bei Mehrfachzügen, nicht mehr als  $\pm 2\frac{1}{2}\%$  voneinander abweichen, so daß sich einschließlich 5% Drehzahlspiel bei neuen oder abgenutzten Radreifen insgesamt nicht mehr als 10% gegenseitige Arbeitsunterschiede ergeben. Das Verhalten von Verbundmotoren ist nun dabei sehr günstig. Bei Reihen-

parallelschaltung ist allerdings ein sonst nicht erforderlicher Zwischenschritt über einen Übergangswiderstand  $\bar{U}$  nötig, der etwaige Differenzströme abführt und Kurzschließen eines der Motoren vermeidet. Die Zwischenstellungen sind aus Abb. 1 ersichtlich, der Widerstand  $\bar{U}$  ist bei der Ausgangsreihenschaltung und bei der End-Parallelschaltung ganz abgeschaltet.

Die Zugkraft-Geschwindigkeits-Kennlinien dieser Verbundmotoren erfüllen die obengenannten Forderungen — gleichmäßige Bremskraft über weiten Geschwindigkeitsbereich — bei Weglassen der Kleingeschwindigkeiten — nahezu vollkommen. Abb. 2 zeigt eine solche Kennliniengruppe für einen Straßenbahntriebwagen; für Vollbahnen mit höheren Geschwindigkeiten oder für Oberleitungsomnibusse — hier allerdings meist ohne Parallelschaltung — ergibt sich grundsätzlich der gleiche Verlauf.

Die Nockensteuerungen, die die Anfahrzugkräfte und die Bremskräfte regeln, und die selbsttätige Druckluft-Anfahrerschaltung sind dabei von üblicher Bauart. Die Umstellung von Fahrt auf Bremsung erfolgt nur durch eine einzige Hebelbewegung und das zusätzliche Einschalten eines Überspannungsschutzes. Statt der Rückgewinnung kann ohne Schwierigkeit eine Widerstandsbremse eingebaut werden. Doch das empfiehlt sich nicht. Denn am Gewicht der Bremsklötze wird nicht viel gespart, weil die Luftbremse wegen der notwendigen genauen Zielhalte doch nicht entbehrt werden kann.

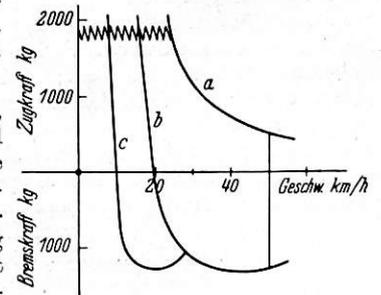


Abb. 2. Fahr- und Bremskennlinien.  
a Ein Motor bei schwachem Feld einzeln,  
b ein Motor bei starkem Feld einzeln,  
c zwei Motoren bei starkem Feld in Reihe.

Ein Hauptvorteil des Verbundmotors ist der, daß bei Übergang auf Bremsung keine Trenn- und Überbrückschaltungen vorgenommen zu werden brauchen. Die Rückgewinnung setzt unverzüglich ein, wenn die Erregung leicht verstärkt wird, ohne irgendwelche sonstigen Schaltvorgänge. Obwohl ein eigener kleiner Erregerstromerzeuger für den Nebenschluß nötig ist, wird die ganze Hilfsausrüstung und die Steuerungsgetriebe doch kleiner als bei jeder anderen Art der Rückgewinnung. Die verbreitete Ansicht, daß sich die angegebenen Kennlinien nicht für Mehrfachzüge eignen, ist nicht richtig. Sie haben sich im Gegenteil schon in mehreren Nutzbremsanlagen bewährt. Die Entwicklung ist allerdings noch nicht abgeschlossen. Sch-1.  
(Electr. Traction Okt. 1937.)

## Verschiedenes.

### 50jähriges Bestehen der Accumulatoren-Fabrik Aktiengesellschaft.

Eine der deutschen industriellen Großunternehmen, die „Afa“ feiert in diesem Jahre ihr 50jähriges Bestehen, da am 1. Januar 1888 in dem von Ad. Müller gegründeten Unternehmen in Hagen in Westfalen die Fabrikation der von Planté erfundenen, von Tudor verbesserten Bleiakumulatoren aufgenommen wurde.

Anläßlich des Jubiläums hat die Firma eine stattliche, in Schrift, Bild und Papier hervorragend ausgestattete Festschrift herausgegeben. Sie zeigt den Entwicklungsgang von den kleinen Anfängen bis zur jetzigen Weltfirma und die Leistungen des Unternehmens und gibt ein Zeugnis dafür, wie durch das emsige Schaffen weitsichtiger und unternehmungsfreudiger Männer aus kleinen Anfängen ein Großunternehmen und ein wichtiges Glied der deutschen Elektrizitätsindustrie geworden ist.

## Berichtigungen.

- Die in Heft 12 vom 15. Juni 1938 beschriebene „Diselelektrische Lokomotive von 4400 PS Leistung für die Rumänischen Staatsbahnen“ ist entgegen der auf Seite 234 gemachten Angabe mit einer Druckluftbremse ausgerüstet, die von der Knorr-Bremse A.G. (nicht von Westinghouse) geliefert wurde.
- Im gleichen Heft soll auf Seite 306, linke Spalte, Zeile 14 von oben statt „Schwellenabstand“ . . . „Abstand“ gelesen werden.

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Der Wiederabdruck der in dem „Organ“ enthaltenen Originalaufsätze oder des Berichtes, mit oder ohne Quellenangabe, ist ohne Genehmigung des Verfassers, des Verlages und Herausgebers nicht erlaubt und wird als Nachdruck verfolgt.