

# 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

15. August 1938

Heft 16

## Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen.

### Preisausschreiben

des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen.

- A. für Erfindungen und Verbesserungen**, die für das Eisenbahnwesen von erheblichem Nutzen sind,  
**B. für hervorragende schriftstellerische Arbeiten** aus dem Gebiete des Eisenbahnwesens.

Preise können im Betrage von 1500 bis zu 7500 Reichsmark im Gesamtbetrage von 30000 Reichsmark verliehen werden. Über die Zuerkennung von Preisen entscheidet der Preisausschuß des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen im Laufe des Jahres 1941.

#### Bedingungen des Wettbewerbs:

##### *A. für Erfindungen und Verbesserungen*

1. Die Erfindungen und Verbesserungen müssen ihrer Ausführung oder Erprobung nach in die Zeit vom 1. Januar 1934 bis 31. Dezember 1939 fallen.
2. Bevor Erfindungen oder Verbesserungen zum Wettbewerb eingereicht werden, müssen sie von einer zum Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen gehörigen Eisenbahnverwaltung erprobt sein. Der Antrag auf Erteilung eines Preises muß durch diese Verwaltung unterstützt sein. Gesuche um Begutachtung oder Erprobung von Erfindungen oder Verbesserungen sind daher nicht an die Geschäftsführende Verwaltung des Vereins, sondern unmittelbar an eine dem Verein angehörende Eisenbahnverwaltung zu richten.
3. Die Bewerbungen müssen in Druck- oder wenigstens in gut lesbarer Maschinenschrift eingesandt werden.
4. Die Bewerbungen müssen durch Beschreibung, Zeichnung, nötigenfalls Modelle usw. so übersichtlich erläutert werden, daß über die Beschaffenheit, Ausführbarkeit und Wirkungsweise der Erfindung oder Verbesserung ein sicheres Urteil gefällt werden kann. Bewerbungen, die Mängel in dieser Richtung aufweisen oder Zweifel zulassen, können zurückgewiesen werden. Die Beschreibungen, Zeichnungen und sonstigen Anlagen gehen in das Eigentum des Vereins über.
5. Bewerbungen, die nicht in deutscher Sprache eingereicht werden, ist eine deutsche Übersetzung in doppelter Ausfertigung beizufügen.
6. Der Verein hat das Recht, die mit einem Preise bedachten Erfindungen oder Verbesserungen zu veröffentlichen.
7. Die Zuerkennung eines Preises schließt die Nachsuchung oder Ausnutzung eines Patenten durch den Erfinder nicht aus. Jeder Preisbewerber ist jedoch verpflichtet, die aus etwa erworbenen Patenten herzuleitenden Bedingungen anzugeben, die er für die Anwendung der Erfindungen oder Verbesserungen durch die Vereinsverwaltungen beansprucht.
8. Preise für Erfindungen und Verbesserungen werden nur dem Erfinder zuerkannt, nicht aber dem, der die Erfindung oder Verbesserung zum Zwecke der Verwertung erworben hat.
9. Die Bewerbungen sind in der Zeit

vom 1. April 1939 bis 31. Januar 1940

an die Geschäftsführende Verwaltung des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen, Berlin W 9, Köthener Straße 28/29, einzureichen.

##### *B. für schriftstellerische Arbeiten*

1. Die schriftstellerischen Arbeiten müssen ihrem Erscheinen nach in die Zeit vom 1. Januar 1934 bis 31. Dezember 1939 fallen.
2. Die schriftstellerischen Arbeiten, für die ein Preis beansprucht wird, müssen in zwei Stücken eingereicht werden, sie gehen in das Eigentum des Vereins über.
3. Schriftstellerischen Arbeiten, die nicht in deutscher Sprache eingereicht werden, ist eine deutsche Übersetzung in doppelter Ausfertigung beizufügen.
4. Preise für schriftstellerische Arbeiten werden nur dem Verfasser, nicht aber dem Herausgeber eines Sammelwerkes zuerkannt.
5. Die Bewerbungen sind in der Zeit

vom 1. April 1939 bis 31. Januar 1940

an die Geschäftsführende Verwaltung des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen, Berlin W 9, Köthener Straße 28/29, einzureichen.

Berlin, im Juli 1938, W 9, Köthener Straße 28/29

**Geschäftsführende Verwaltung des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen.**

## Neuartige Maschinenanlagen für Verbrennungstriebwagen.

Von Reichsbahnrat Dr. Friedrich, Stettin.

Hierzu Tafel 23.

Von der Deutschen Reichsbahn wurden in den Jahren 1936 und 1937 ein dieselhydraulischer Aussichtstriebwagen mit zweimal 180 PS Antriebsleistung und eine Anzahl 360 PS dieselhydraulischer Nebenbahntriebswagen, von denen insgesamt 30 Stück demnächst fertiggestellt werden, in Betrieb genommen.

Die Maschinenanlagen dieser Wagen werden im nachfolgenden beschrieben. Die Hauptdaten sind:

	360 PS dieselhydraulischer Triebwagen	2 × 180 PS dieselhydraulischer Aussichtstriebwagen
Länge des Wagens über Puffer . . . . .	21,41 m	22,24 m
Drehzapfenabstand . . .	14,47 „	14,50 „
Höhe des Fußbodens über SO . . . . .	1070 mm	1200 mm
Zahl d. Sitzplätze 2./3. Kl.	8/51	—/60
Sitzplätze 3. Klasse im Einstiegraum und im Gepäckraum . . . . .	6	—
Achsstand des Maschinendrehgestells . . . . .	3,6 m	—
Achsstand des Laufdrehgestells . . . . .	3,0 „	3,0 m
Treib- und Laufraddurchmesser . . . . .	0,9 „	0,9 „
Dienstgewicht des Wagens, betriebsfertig, unbesetzt u. vollbesetzt	37/43 t	43/49 t
Größte Geschwindigkeit	90 km/h	120 km/h
Dieselmotorleistung . . .	400 PS bei 900 U/min	2 × 180 PS bei 1500 U/min
Leerlaufdrehzahl . . . . .	500 U/min	600 U/min
Zylinder: Anzahl . . . . .	6	8
Bohrung/Hub	220/300 mm	128/180 mm
Steuerung . . . . .	elektrisch, Lieferer BBC, Mannheim	pneumatisch, Lieferer DWK, Kiel
Bremse . . . . .	Druckluft-Klotzbremse Knorr	Druckluftscheibenbremse der Bergischen Stahlindustrie (Steuerventile der Firma Knorr)
Heizung . . . . .	ölgefeuerte Frischluftheizung, Bauart Klatte	ölgefeuerte Frischluftheizung, Bauart Klatte

### I. Gesamtanordnung der Maschinenanlagen.

#### a) 360 PS dieselhydraulischer Triebwagen.

Abb. 1, Taf. 23, zeigt die Gesamtanordnung der Maschinenanlage und ihren Einbau im Triebwagen. Im Maschinendrehgestell ist gegen das eine Wagenende zu der Tragrahmen mit dem Dieselmotor nachgiebig in drei Punkten in Gummi gelagert. Der Dieselmotor überträgt über eine elastische Voith-Maurer-Kupplung, die Zwischenwelle und eine nachgiebige Stiftenkupplung die Kraft auf das Flüssigkeitsgetriebe, das in der anderen Drehgestellhälfte in drei Punkten gelagert ist. Von den zwei Hauptwellen des Flüssigkeitsgetriebes werden über Gelenkwellen und über die Wendeachsantriebe die Achsen angetrieben. Bei der vorgesehenen Anordnung der Maschinenanlage war der Einbau in das Drehgestell erforderlich, weil bei Verwendung des Flüssigkeitsgetriebes eine un-

mittelbare Kraftübertragung auf die Achsen notwendig ist und bei Anordnung des Dieselmotors und Getriebes im Wagenkasten die Gelenkwellen zwischen Getriebe und Wendeachsantrieben zu große Ausschläge erhalten hätten. Außerdem ermöglichte die Anordnung im Drehgestell die sehr geringe Fußbodenhöhe von 1175 mm über SO, die im übrigen Wagenteil sogar noch auf 1070 mm abgesenkt werden konnte. Damit werden die Einstiege niedrig und bequem, was insbesondere für die Nebenbahnen mit niedrigen Bahnsteigen wichtig ist. Von dem Kurbelwellenende des Dieselmotors gegenüber dem Schwungrad wird über Keilriemen der Lüfter des ebenfalls im Drehgestell sitzenden Motorschmierölkühlers angetrieben. Auf Grund der Betriebserfahrungen mit Weißmetallagern und mit Bleibronzelagern, die einen dünnen Weißmetallausguß hatten, wurde die Ausrüstung der 360 PS- und der 180 PS-Motoren mit stahlarmierten Bleibronzelagern beschlossen. Die Verwendung dieser Lager machte die Anordnung eines Ölkühlers notwendig. Um die Beeinflussung der verschiedenen Kühlanlagen (Motorwasserkühler, Motorschmierölkühler, Flüs-

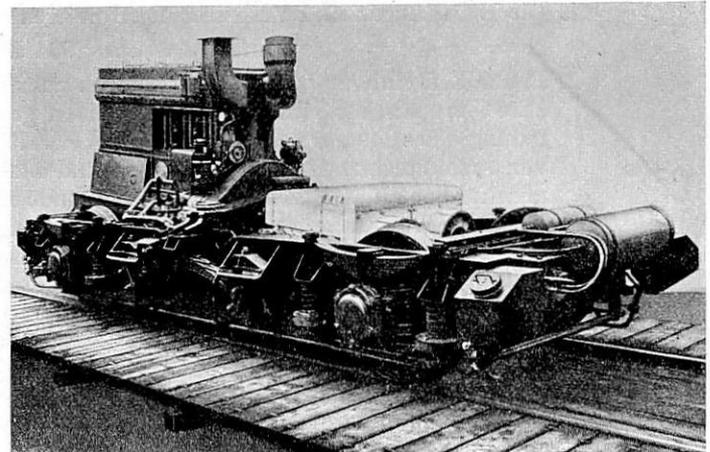


Abb. 1. Maschinendrehgestell des 360 PS-Triebwagens.

sigkeitsgetriebeölkühler) tunlichst zu vermeiden, wurde der Schmierölkühler, abweichend von bisherigen Bauarten, im Drehgestell vorne angeordnet. Die gefürchtete Verringerung der Kühlwirkung bei Fahrt mit hinten liegendem Maschinendrehgestell konnte durch Anordnung von seitlichen Luftleitblechen, die die am Wagen entlangstreifende Luft dem Kühllüfter zuführen, nahezu hintangehalten werden. Bei Rückwärtsfahrt wird die Schmieröltemperatur nur um 5 bis 7° C höher als bei Vorwärtsfahrt, was bei der reichlichen Bemessung des Kühlers nicht ins Gewicht fällt. Da der Platz im Maschinendrehgestell beschränkt und ein doppelter im Öl laufender Zahnradwinkeltrieb schwierig unterzubringen war, wurden erstmals bei größeren Reichsbahntriebswagen für den Ventilatorantrieb Gummikeilriemen gewählt. Der Sicherheit halber sind zwei Riemen vorhanden, von denen jeder die 1,3fache Lüfterleistung übertragen kann. Der Riementrieb hat eine selbsttätig nachspannende dritte Rolle.

Der Dieselmotor wird mittels zweier 15 PS 110 V Bosch-Anlässe gestartet, die an beiden Seiten des Motors angebaut sind und mit ihren Ritzeln auf einem Zahnkranz auf dem Schwungrad treiben. Die 8 kw 110 V BBC-Lichtmaschine im Drehgestell und die Lüfter des am Wagenkasten angebauten Wasserkühlers erhalten ihren Antrieb über Gelenkwellen vom Flüssigkeitsgetriebe her.

Die Abgase des Dieselmotors werden über ein bewegliches Rohrstück und durch den auf dem Wagendach angeordneten

Auspufftopf ins Freie geleitet. Der Auspufftopf ist nach MAN-Bauart als Tonfilter durchgebildet und dämpft das Auspuffgeräusch vollständig. Die Frischluft saugt der Motor über große Luftfilter, Bauart Juwil, durch schlitzartige Öffnungen seitlich im Wagendach an. Hierdurch erhält der Motor stets staubfreie und kühle Luft. Zwei Brennstoffbehälter mit einem Inhalt von je 350 l sind im Maschinenraum unter dem Wagendach aufgehängt. Die Behälter reichen bei Fahrt mit Steuerwagen für einen Fahrtbereich von über 400 km aus. In der Mitte des Wagenkastens sind unter dem Wagenfußboden der Wärmeaustauscher und die übrigen Bauteile der ölgefeuerten Heißluftheizung, Bauart Klatte, Bremen, der Sammlerkasten und die Luftbehälter untergebracht. Das zweite Drehgestell ist ein reines Laufgestell. In ihm ist nur der elektrisch angetriebene Knorr-Luftpresser eingebaut.

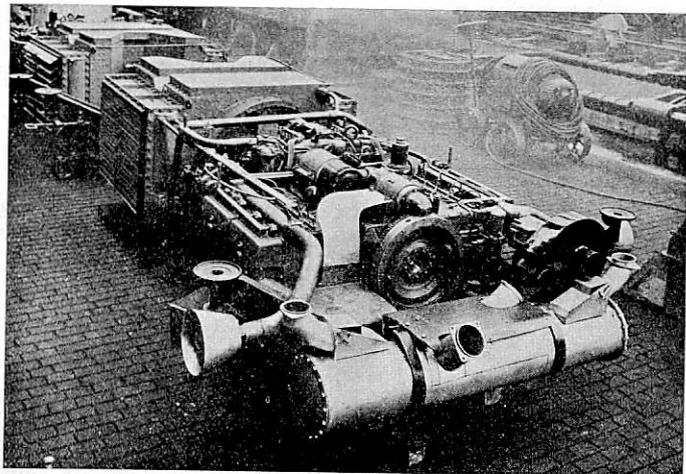


Abb. 2. Maschinentragrahmen des Aussichtstriebwagens.

b) 2 × 180 PS dieselhydraulischer Aussichtstriebwagen.

Die grundsätzliche Anordnung der Maschinenanlagen des Aussichtstriebwagens ist aus Abb. 3, Taf. 23, zu entnehmen. In der Mitte sind unter dem Wagenfußboden der Brennstoffbehälter, der Stromspeicher und die Luftbehälter untergebracht. Die Anordnung der beiden 180 PS-Maschinenanlagen zu beiden

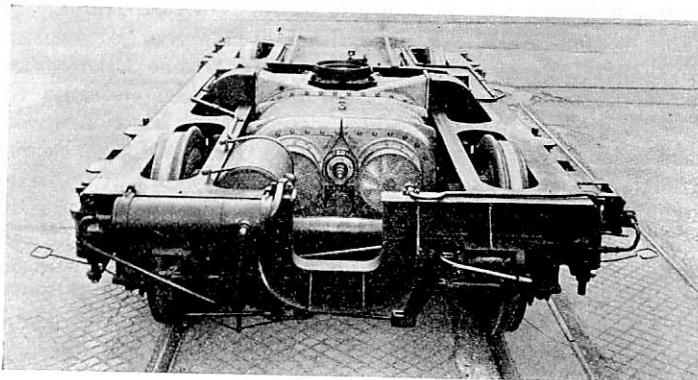


Abb. 3. Drehgestell des Aussichtstriebwagens.

Seiten dieser Teile ist vollkommen symmetrisch. Die federnd über Gummipuffer besonderer Bauart an vier Punkten am Wagenkasten aufgehängten Maschinentragrahmen tragen den Dieselmotor sowie den Wasser- und Schmierölkühler, dessen Lüfter über eine nachgiebige Zwischenwelle von der Schwungradgegenseite des Dieselmotors angetrieben wird (Abb. 2, Taf. 23 und Textabb. 2). Die Dieselmotoren werden mit 15 PS-Bosch-Anlassern für 24 V gestartet. Eine 1400 W-Bosch-Lichtmaschine wird von jedem Motor über die Steuerräder angetrieben. Auf den Tragrahmen sitzen auch noch die Luft-

presser, die mechanisch über eine Gelenkwelle von den Lüftern aus angetrieben werden, ferner die Abgasschalldämpfer. Diese sind zugleich als Wärmeaustauscher für die Heißluftheizung durchgebildet. In dem einen ist außerdem noch ein Ölbrenner eingebaut, damit auch bei stehenden Motoren die Heißluftheizung arbeitet, z. B. beim Vorheizen. Besondere Schwierigkeiten bereitet die einwandfreie Abführung der Abgase der Dieselmotoren und des Ölbrenners. Da der Aussichtstriebwagen ein Rollverdeck besitzt, konnten die Abgase nicht, wie üblich, über das Dach geführt werden. An jeder Wagenlängsseite sind von einem bis zum anderen Wagende Auspuffkanäle vorhanden. Durch Klappen, die unmittelbar hinter den Schalldämpfern in den Auspuffleitungen sitzen und zusammen mit der Fahrtwendeschtaltung durch Druckluft betätigt werden, werden die Abgase jeweils nach dem hinteren Wagende geführt und dort ins Freie ausgestoßen. Für die Abgase des Ölbrenners der Zusatzheizung sind eigene Abgasleitungen vorgesehen.

Von der Schwungradseite der Dieselmotoren werden die in den Drehgestellen liegenden Doppelturbogetriebe über Voith-Maurer-Kupplungen und Gelenkwellen angetrieben (Textabb. 3). Von den Doppelturbogetriebe geht der Antrieb auf die Achswendegetriebe, die je auf den äußeren Achsen der Drehgestelle sitzen.

## II. Dieselmotoren.

a) 360 PS-MAN-Motor stehender Bauart.

Der 360 PS-MAN-Motor ist ein kompressorloser Dieselmotor stehender Bauart mit sechs Zylindern von 220 mm Bohrung und 300 mm Hub in Reihe (Abb. 4). Er arbeitet im Viertakt nach dem Vorkammervorbrennungsverfahren. Das Vorkammervorbrennungsverfahren wurde gewählt, weil es eine weiche und unempfindliche Verbrennung ergibt. Hervorzuheben sind der ruhige, bei warmer Maschine nahezu klirrfreie Gang der Maschine bei allen Belastungszuständen, auch bei Verwendung von Braunkohlen-dieselöl und der niedrige Voll-last-Brennstoffverbrauch von 170 g/PSch.

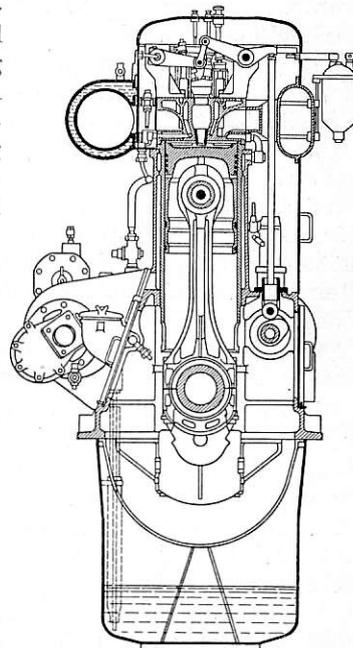


Abb. 4.

360 PS MAN.-Dieselmotor.  
Querschnitt.

Die sechs Zylinder sind gemeinsam mit dem Kurbelgehäuse in einem Graugußblock vereinigt. Die durch die Zünddrucke entstehenden Zugkräfte werden von Ankern aus Sonderstahl aufgenommen. Diese Bauart ist von den Schiffsdieselmotoren übernommen. Sie gestattet eine einwandfreie Übertragung der Zünddrucke auf das Gehäuse. Die Verwendung der gegen einseitiges oder teilweises Tragen empfindlichen stahlarmierten Bleibronzelager erfordert aber nicht nur ein in den senkrechten Ebenen der einzelnen Zylinderachsen, sondern auch ein in der Achse der Kurbelwelle steifes Gehäuse. Die Versteifung in dieser Richtung kann durch einen kräftigen Motortragrahmen unterstützt werden, was bei den vorliegenden Motoren durchgeführt wurde.

Das Kurbelgehäuse hat seitlich große Öffnungen, so daß das Triebwerk zugänglich ist; insbesondere können Pleuel- und Kurbelwellenlager einzeln ausgewechselt werden. Bei genügend genauer Fertigung der Lagerschalen wird man auch

bei Verwendung von Bleibronzelagern von diesem Vorteil Gebrauch machen können.

In das Zylindergehäuse sind auswechselbare Laufbuchsen aus Sondergußeisen eingesetzt. Die Ölwanne aus Stahlblech ist als unterer Abschluß des Motors mit dem Gehäuse verschraubt. Sie dient als Ölbehälter für das von den Schmierstellen abfließende Öl. Jeder Zylinder hat einen abnehmbaren Zylinderkopf. Die Zylinderköpfe haben je zwei Einlaß-, zwei Auslaßventile, eine Vorkammer und eine Indizierbohrung. Das Kühlwasser wird zwangsläufig durch die Zylinderköpfe geführt. Auf eine sorgfältige Wasserführung mit besonderem Zufluß von der Kühlwasserpumpe her wurde geachtet, um eine Ribbildung in den Köpfen zu vermeiden. Die Vorkammer sitzt in der Mitte des Zylinderkopfes; der Zerstäubertrichter aus hochwertigem hitzebeständigem Baustoff ist in den Vorkammerboden eingeschraubt. Nach oben ist die Vorkammer durch ein Formstück, in dem die Brennstoffeinspritzdüse und die Glühkerze sitzen, abgeschlossen. Die stehend angeordneten Ein- und Auslaßventile werden von einer im Zylindergehäuse unten liegenden Nockenwelle über Rollen, Stößel und Kipphebel gesteuert. Die Nockenwelle wird von der Kurbelwelle schwungradseitig durch Stirnräder angetrieben. Die Kurbelwelle ist aus Sonderstahl in einem Stück gefertigt. Die Lagerstellen sind nach dem Doppelduroverfahren gehärtet. Auf jedem Schenkel der Kurbelwelle ist ein Gegengewicht aufgeklemmt. Dadurch konnten die Lagerdrücke wesentlich herabgesetzt werden.

Die Kurbelwelle ist siebenfach in stahlarmierten Bleibronzegleitlagern gelagert. Die Pleuellager sind ebenfalls stahlarmierte Bleibronzelager. Die Bauart der Bleibronzelager wurde, was Einbauspiel, Schmieröltaschen und -bohrungen, Verklüftung der Stahllagerschalen und Ausführung mit hohem Bund (gegen Einziehen der beiden Lagerschalenhälften), ferner, was Ausführung in Feinstbohrung betrifft, auf ausgedehnten Prüfstandsdauerläufen von der MAN und der Lagerlieferfirma (Hohenzollernhütte) in Zusammenarbeit mit der Reichsbahn entwickelt. Im Zusammenhang mit der Ausrüstung mit stahlarmierten Bleibronzelagern mußten die Motoren Ölpumpen für Förderung einer wesentlich größeren Schmierölmenge gegen höheren Druck, große Elektron-Feinfilter mit 8/100 Spaltweite und Schmierölkühler erhalten. Ein Vorteil dieser Lagerbauart ist nach den bisherigen Erfahrungen, daß die Lager, wenn anfangs keine Störungen auftreten, ohne weitere Schwierigkeiten hohe Laufleistungen erreichen.

Die Kolben sind aus Leichtmetall gegossen. Um Erfahrungen zu sammeln, werden teils Aluminium-Silizium-, teils Aluminium-Kupfer-Kolben verwendet. Das Verdichtungsverhältnis beträgt 16,7:1. Jeder Kolben hat vier Kolben- und drei Ölabbstreifringe. Der Ölverbrauch des Motors beträgt 2,5 g/PS<sub>h</sub> bei Vollast. Die Schmierung ist als Zwangsumlaufschmierung durchgebildet. Eine Zahnradpumpe saugt das von den Triebwerksteilen tropfende Öl aus der Wanne ab und drückt es durch den Ölkühler und das Feinfilter in die Kurbelwellen- und Pleuellager. Vor dem Schmierölkühler sitzt zur Überbrückung bei kaltem Öl ein Kurzschlußventil. In der Ölleitung hinter dem letzten Kurbelwellenlager ist ein Öldruckschalter vorhanden, der bei Absinken des Schmieröldruckes unter einem bestimmten Wert den Dieselmotor selbsttätig über den Füllungsversteller stillsetzt.

Die Zylinder und die Zylinderköpfe sind wassergekühlt. Das Kühlwasser wird mittels einer Kreiselpumpe, die über Stirnräder von der Kurbelwelle aus angetrieben wird, in Umlauf gesetzt. Das aus dem Motor austretende heiße Kühlwasser fließt einem Temperaturregler zu, der es entweder unmittelbar in das Ausgleichgefäß oder in den Kühler leitet, von dem aus es ebenfalls in das Ausgleichgefäß strömt. Von dort aus fließt es der Kühlwasserpumpe und dem Motor zu.

Damit bei gering belastetem Motor in der kalten Jahreszeit, wenn der Temperaturregler nur eine geringe Wassermenge zum Kühler freigibt, die Kühler nicht einfrieren, werden die Lüfterflügel über elektromagnetische Kupplungen in Abhängigkeit von der Temperatur des von den Kühlern abströmenden Wassers gesteuert.

Der Motor hat Bosch-Einzelbrennstoffpumpen, die durch eine besondere Nockenwelle angetrieben werden, und Füllungsregulierung, d. h. der Führer stellt die jeweils nötige Motorleistung unmittelbar durch Veränderung der Brennstoffmenge ein, die in die Zylinder durch die Brennstoffpumpen eingespritzt wird. Vom Fahrschalter am Führerstand wird der durch einen Elektromotor angetriebene elektrische Füllungsversteller beeinflusst, der seinerseits die Füllungsverstellung auf mechanischem Wege bewirkt. Zusätzlich ist noch ein Regler vorhanden, der ein Absinken des Motors unter die Leerlaufdrehzahl und ein Überschreiten der höchstzulässigen Drehzahl verhindert. Da die Verstellung der Boschpumpen von Null- auf Vollfüllung sehr gering ist, muß auf genaues spiel-freies Arbeiten des Reglers Wert gelegt werden; die Regler haben daher Nadellagerung erhalten.

#### b) 180 PS-DKW-Dieselmotor liegender Bauart.

Der Motor ist ein von deutschen Werken in Kiel gelieferter kompressorloser Dieselmotor liegender Bauart (Boxer-anordnung, d. h. je vier Zylinder gegenüberliegend). Er arbeitet im Viertakt nach dem Lanova-Luftspeicher-Verbrennungsverfahren. Die Bauart des Motors wurde im einzelnen schon beschrieben\*). Sowohl der Motor in einem zweiachsigen Versuchstriebwagen, als auch die beiden Motoren des Aussichtstriebwagens haben sich im bisherigen Betrieb bewährt. Sie erreichten bis jetzt Laufleistungen von nahezu 100000 km ohne größere Störungen, was für eine vollkommene Neukonstruktion immerhin beachtlich ist. Allerdings wurden bei der Entwicklung die umfangreichen Erfahrungen der Reichsbahn auf dem Gebiet der Triebwagenmotoren verwertet. Auch der bei liegender Bauart befürchtete Ölmehrverbrauch konnte, soweit die Kolben und Ölabbstreifringe in Ordnung sind, nicht festgestellt werden.

### III. Kraftübertragung.

Als mit der Konstruktionsentwicklung der 360 PS-Triebwagen begonnen wurde und die Art der Kraftübertragung gewählt werden mußte, stand als allein im längeren Dauerbetrieb für derartige Leistungen erprobt die elektrische Übertragung zur Verfügung. Die ersten hydrodynamischen Getriebe von 150/200 PS-Leistung waren erst kurze Zeit in Betrieb. Doch hatten schon die Versuchsfahrten und der praktische Betrieb gezeigt, daß auch diese Bauart in ihrem Aufbau kräftig, in der Bedienung einfach, insbesondere gegen Bedienungsfehler ziemlich unempfindlich, und in der Betriebsunterhaltung anspruchslos ist, wie dies für den Eisenbahnbetrieb erwünscht ist. Bei der Wahl der hydraulischen Kraftübertragung für die 360 PS-Triebwagen war insbesondere auch die Überlegung maßgebend, daß durch die Gewichtsersparnis, die die neue Übertragung bringen würde, ein Teil des Mehrgewichtes des langsamlaufenden Dieselmotors, was das Gesamtgewicht der Maschinenanlage betrifft, wieder aufgehoben würde. Ein Teil der Ersparnis entfällt dabei auf das Gewicht der Übertragung selbst, während sich weitere Gewichtsersparnisse am Wagenteil dadurch ergeben, daß das zweite Drehgestell nur mehr als Laufgestell, nicht als Motordrehgestell für die Bahnmotoren durchgebildet werden muß. Um bei der hydraulischen Übertragung über den gesamten Geschwindigkeitsbereich etwa den gleichen Übertragungsgrad\*\*) wie bei der elektrischen zu er-

\*) Siehe ZVDI, Bd. 81, Nr. 20 vom 15. Mai 1937.

\*\*) Übertragungsgrad = Wirkungsgrad × Ausnutzungsfaktor (siehe ZVDI, Bd. 79, Nr. 42 vom 19. Oktober 1935).

reichen, wurde von der Firma Voith unter Beteiligung der Firma Maybach in Zusammenarbeit mit der Reichsbahn das sogenannte Doppelturbogetriebe entwickelt (Abb. 4, Taf. 23 und Textabb. 5). Das Doppelturbogetriebe besitzt vier hydraulische Kreisläufe und arbeitet in drei Geschwindigkeitsbereichen. Im Anfahrbereich (von 0 bis 60%  $V_{max}$ ) arbeiten zwei als Drehmomentenwandler (Anfahrwandler) Ia und Ib ausgebildete Kreisläufe (Abb. 4, Taf. 23, Ia und Ib), im Bereich mittlerer Geschwindigkeiten (von 60 bis 80%  $V_{max}$ ) und im Bereich der höchsten Geschwindigkeiten (von 80 bis 100%  $V_{max}$ ) arbeitet jeweils nur je ein Kreislauf; diese beiden Kreisläufe können entweder als Flüssigkeitskupplungen oder als Marschwandler, d. h. als Drehmomentwandler 1:1 ausgebildet sein (II und III). Die Primärteile\*) je eines Anfahrwandlers und einer Flüssigkeitskupplung (Marschwandler) sitzen je auf einer Welle, die von der gemeinsamen Antriebswelle über Zahnräder angetrieben werden (2, 3 und 13). Da für eine bestimmte Leistung ein um so kleineres, also auch

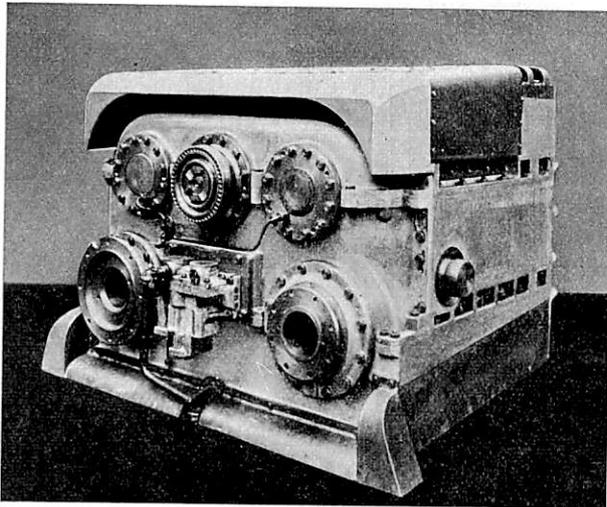


Abb. 5. Voith-Doppelturbogetriebe.

leichteres und billigeres Turbogetriebe verwendet werden kann, je höher die Drehzahl der Schaufelräder der Turbokreisläufe ist, sind die Zahnräder als Übersetzung ins Schnelle ausgebildet. Die Sekundärteile je eines Anfahrwandlers und einer Kupplung (Marschwandler) sitzen ebenfalls je auf einer gemeinsamen Welle (10 und 20). Beim Doppelturbogetriebe für Einachs-antrieb (Aussichtstriebwagen) sind die beiden Wellen wieder über Zahnräder mit der eigentlichen Abtriebswelle verbunden. Beim Doppelturbogetriebe für Zweiachs-antrieb (360 PS-Triebwagen) arbeitet jede Welle über eine gesonderte Unter-setzung auf die erste und zweite Abtriebswelle (12 und 23). Die Abtriebsuntersetzungen sind sowohl beim Getriebe für Ein- als auch für Zweiachs-antrieb nicht gleich; dadurch wird erreicht, daß die eine Flüssigkeitskupplung (Marschwandler) im mittleren Geschwindigkeitsbereich, die andere in höherem arbeitet. Beim Doppelturbogetriebe für Zweiachs-antrieb wird durch die Verwendung von zwei Wandlern im Anfahrbereich außerdem noch die vorteilhafte hydraulische Trennung des Antriebes der beiden Achsen erreicht.

Die einzelnen Kreisläufe des Getriebes werden für die Kraftübertragung erst dadurch wirksam, daß sie mit Flüssigkeit gefüllt werden; das Öl wird von einer Pumpe gefördert, die es aus dem unten am Getriebe befindlichen Behälter ansaugt. Das Füllen der einzelnen Kreisläufe je nach der erreichten Fahrgeschwindigkeit wird durch eine am Getriebe

\*) Grundsätzliches über die Wirkungsweise der hydro-dynamischen Getriebe (siehe ZVDI, Bd. 79, Nr. 42 vom 19. Oktober 1935).

angebaute selbsttätige Steuerung bewirkt; vom Führerstand aus wird nur das Fahren mit Füllung oder ohne Füllung (Freilauf) geschaltet.

Bei der Übertragung der Leistung von den treibenden Schaufelrädern an die Flüssigkeit und von der Flüssigkeit wieder an die getriebenen Schaufelräder entstehen Verluste; in den Zahnräderübersetzungen, in den Wälzlager und durch Luftventilation in den leerlaufenden Kreisläufen entstehen weitere Verluste. Zur Abführung der so entstehenden Verlustwärme mußten besondere Kühleinrichtungen vorgesehen werden. Die Erfahrungen mit den 180 PS-Getrieben des Aussichtstriebwagens hatten gezeigt, daß bei größeren Leistungen die dort angewandte Röhrenkühlung durch oben und unten in das Getriebegehäuse eingegossene Luftkanäle nicht genügen würde. Bei den 360 PS-Getrieben wurden deshalb oben auf der ganzen Breite zwei Kühlelemente angeordnet; unten wurden die Röhren durch Rippen ersetzt. Zwei auf den Primärwellen sitzende Ventilatoren fördern, ähnlich wie bei den Getrieben des Aussichtstriebwagens, die Kühlluft.

Als Betriebsflüssigkeit für die Turbogetriebe wird ein dünnes Sonderöl verwendet, das gleichzeitig zur Schmierung der Zahnräder und der Wälzlager dient. Bei den Zahnrädern wird es durch besondere Düsen unmittelbar in die Nähe der Eingriffe gespritzt.

Die bisherigen guten Betriebserfahrungen mit den Turbogetrieben können dahin zusammengefaßt werden, daß die eigentlichen hydraulischen Kreisläufe nahezu keine Schwierigkeiten bereiteten, daß aber die Bewährung der hydrodynamischen Getriebe wesentlich von der Betriebssicherheit und vom einfachen Aufbau des mechanischen Teiles dieser Getriebe abhängen wird.

Die selbsttätige hydraulische Steuerung hat sich von Anfang an bewährt. Die Umsteuerungen erfolgen, wenn die zeitliche Überdeckung zwischen Entleeren der einen Kreisläufe und Füllen der anderen Kreisläufe nicht zu knapp eingestellt ist, weich und für die Fahrgäste unmerkbar. Dadurch, daß das Umschalten von der niederen zur höheren Fahrstufe bei einer etwas größeren Geschwindigkeit (bei den 360 PS-Triebwagen von Anfahrwandler auf Kupplung I bei 51 km/h) geschieht, ist die Schaltung stabil. Auch wenn bei einer bestimmten Steigung und Füllungseinstellung die Steuerung öfters auf- und abschaltet, ist dies im Wageninnern nicht zu bemerken. Die Einstellung der Umschaltunkte, die durch Spannen von Federn geändert werden kann, verstellt sich während längerer Betriebszeit nicht.

Die Achswendegetriebe haben den Zweck, die von dem Flüssigkeitsgetriebe abgegebene Antriebskraft des Dieselmotors auf die Treibachsen zu übertragen und dabei dem Triebwagen die gewünschte Fahrtrichtung zu geben (Textabb. 6). Das auf der Treibachse sitzende Voith-Achswendegetriebe ist in einem kräftigen Stahlgußgehäuse untergebracht; das Gehäuse ist zweiteilig, so daß es leicht von der Achse abgenommen werden kann. Um die eigentliche Wendeschaltung kleiner halten zu können, um ferner in der Lage der Antriebswelle unabhängig zu sein von der Lage der Treibachse, sitzt das Wendegetriebe auf einer Vorgelegewelle, die über eine Stirnraduntersetzung auf die Treibachse arbeitet. Das Wendegetriebe besteht in bekannter Weise aus einem Ritzel, das auf zwei Kegelräder treibt. Mittels einer verschiebbaren Muffe wird jeweils eines der Kegelräder mit der Vorgelegewelle verbunden. Bei der Durchbildung der Wendeachs-antriebe wurden die bisherigen Erfahrungen der Reichsbahn mit ähnlichen Getrieben, insbesondere was Anordnung der Zahnräder und Wälzlager betrifft, verwertet. Die Fahrversuche zeigten noch, daß die Klauen der Wendemuffe und die Gegenklauen der Kegelräder hinterschliffen werden müssen, da sonst die Muffe zum Ausrücken neigt. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Durch-

bildung der Umschaltvorrichtung für die Wendemuffe zugewendet. Normal erfolgt die Umschaltung durch Druckluft; doch wurde eine Sicherung vorgesehen, die ein Ausrücken der Wendemuffe während der Fahrt verhindert, auch wenn aus irgendeinem Grunde die Druckluft auf dem Umschaltkolben entweicht. Die Umschaltvorrichtung sieht nur zwei Stellungen der Wendemuffe vor: Vorwärts- und Rückwärtsfahrt. Dies hat den Zweck, die beiden Endstellungen zu sichern, sowie während des Stillstandes des Wagens ein Drehen des Sekundärteils des Flüssigkeitsgetriebes durch Luftreibung an den Primärteilen zu verhindern. Nur für besondere Fälle (z. B. Schleppfahrt des Triebwagens mit fremder Kraft) ist es möglich, die Getriebeanlage dadurch von der Treibachse zu trennen,

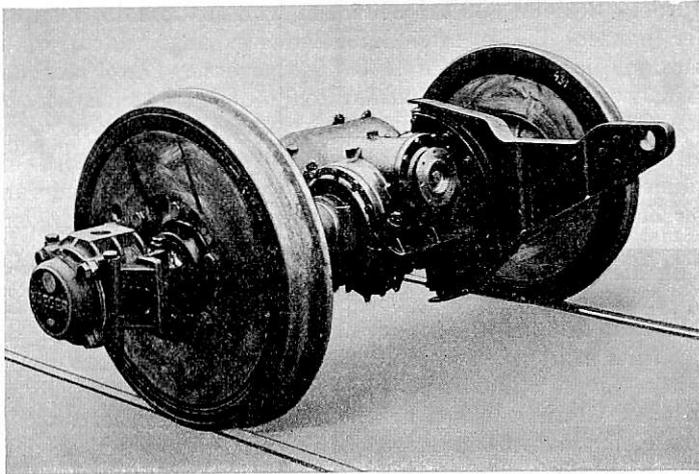


Abb. 6. Voith-Wendeachs Antrieb.

daß die Umschaltvorrichtung von Hand in Mittelstellung gebracht wird. Zur Schmierung der Zahnflanken der Kegelräder über Spritzdüsen, sowie zur Schmierung einzelner Wälzlager, deren Ölversorgung nicht durch das im Gehäuse umhergeschleuderte Öl gewährleistet erscheint, ist eine in beiden Drehrichtungen arbeitende Zahnradpumpe vorhanden.

#### IV. Hilfseinrichtungen, Steuerung und Führerstände.

Die Hilfsbetriebe und Hilfseinrichtungen der Maschinenanlagen wurden sorgfältig durchgebildet, weil ein störungsfreier und wirtschaftlicher Triebwagenbetrieb wesentlich auch davon abhängt, daß alle diese Einrichtungen auf die Dauer bei geringer Wartung einwandfrei arbeiten. Für verschiedene Einrichtungen wurden auf Grund früherer Betriebserfahrungen neue Apparate entwickelt und vorab prüfstandsmäßig eingehend erprobt.

Mehrfach konnte bei den beiden Triebwagenbauarten, jedesmal unter Verwendung eines anderen Betätigungssteiles,

ein von der Firma Brown Boveri & Co., Mannheim entwickeltes elektrisches Schaltgerät verwendet werden, und zwar: als Druckschalter für die Luftpumpensteuerung, als Abschalter für Dieselmotor und Flüssigkeitsgetriebe bei Sifa- oder Notbremsbetätigung, als Motorschmieröldruck-Kontrollschalter und zusammengebaut mit einem Thermostaten als Schalter für die elektromagnetischen Lüfterkupplungen.

Neu entwickelt wurden für die 360 PS-Triebwagen auch die elektromagnetischen Lüfterkupplungen (Lieferer Bamag, Dessau), die gestatten, die Lüfterflügel von der Antriebswelle abzutrennen und damit die Wirkung des Motorkühlwasserkühlers nahezu auf Null herabzusetzen.

Eine übersichtliche und zugängliche Verlegung der elektrischen Leitungen und der Druckluftleitungen wurde bei beiden Wagenbauarten erstrebt. Die elektrischen Schaltapparate wurden gut zugänglich in Kästen im Maschinen- oder Gepäckraum untergebracht. Sämtliche elektrische Schalttafeln können seitlich aufgeklappt werden, so daß die Klemmstellen zugänglich sind und einzelne Schalter ohne Schwierigkeiten ausgetauscht werden können.

Der Bauart und der Befestigung der zahlreichen beweglichen Schläuche für Wasser, Dieseltreibstoff, Schmieröl wurde ebenfalls besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Für Wasser wurden für die größeren Durchmesser gekordelte Gummischläuche vorgeschrieben, für die Befestigung dieser Schläuche an Stelle von Schlauchbindern dreiteilige Klemmen, die eine allseitige gleichmäßige Anpressung gewährleisten. Für Dieseltreibstoff und Schmieröl haben sich bis zu etwa 30 mm Durchmesser Schläuche aus Kunststoff der Polyvinylalkoholgruppe bewährt; als Befestigung wird eine verbesserte Klemmverschraubung verwendet. Für größere Durchmesser eignen sich vor allem Bunaschläuche, die mit kräftigen zweiteiligen Klemmen befestigt werden.

Die Steuerung der 360 PS-Triebwagen, die von der Firma Brown Boveri & Co. durchgebildet wurde, ist eine elektrische Fernsteuerung, die gestattet, mit Trieb- und Steuerwagen und auch im Doppelzug, also mit zwei Trieb- und zwei Steuerwagen in beliebiger Zusammenstellung zu fahren. Die eine oder die beiden Maschinenanlagen werden dabei vom Führer am ersten Führerstand nicht nur gesteuert, sondern auch überwacht, so daß für die Bedienung des Triebwagenzuges oder -doppelzuges nur ein Mann notwendig ist. Für Steuerung und Überwachung sind elektrisch vollständig getrennte Leitungen vorhanden, so daß auch beim Versagen irgendeiner Überwachungseinrichtung der Wagen noch bedient und die Fahrt unter gewissen Vorsichtsmaßnahmen zu Ende geführt werden kann. Diese Maßnahme hat sich im praktischen Betrieb gut bewährt.

Bei der Durchbildung der Führerstände wurde darauf gesehen, diese bei kleinem Raumbedarf übersichtlich und leicht bedienbar zu gestalten.

## Die Entwicklung der Oberbauberechnung.

Von Ing. Ch. H. J. Driessen, Bahn- und Baudirektor der Niederländischen Eisenbahnen.

Bevor ich auf einige Äußerungen von Ing. Dr. Robert Hanker, Wien, in seinem im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1938, Heft 3 unter obenstehender Aufschrift erschienenen Artikel näher eingehe, ist es notwendig zwei Fehler, die in diesem Artikel vorkommen, zu berichtigen.

Auf Seite 50 findet man Abb. 15, die angeblich der Zusammenstellungen und den Abbildungen in der Niederschrift 108 des Technischen Ausschusses entnommen wurde. Dies geschah für die Linien, die die Ergebnisse der Berechnungen nach Zimmermann, nach Winkler und nach der Achsstandformel darstellen, richtig. Die Linie aber, die die Ergebnisse der Messungen darstellt, ist falsch eingezeichnet und gibt für

alle Achsen Werte, die 3 bis 4 kg/cm<sup>2</sup> zu niedrig sind, so daß die Abweichungen zwischen den beobachteten und den nach der Achsstandformel berechneten Werten größer angegeben sind, als es richtig wäre.

Nebenbei sei bemerkt, daß als Beispiel eine Versuchsreihe für eine Geschwindigkeit von 45 km/h gewählt wurde, eine Geschwindigkeit, die im allgemeinen für die Berechnung des Oberbaues gar nicht maßgebend ist. Ein ganz anderes Bild bekommt man, wenn man die Werte für eine Versuchsreihe bei 90 km/h Geschwindigkeit einträgt, wie dies in Abb. 1 geschehen ist, mit Versuchen der Reihe II der Zahlentafel 2 auf Seite 49.

Die Abb. 8 und 9 auf Seite 48 wollen den Eindruck er-

wecken, als ob man nur bei einer Oberbauberechnung nach der Achsstandformel zu „unhaltbaren Vorstellungen“ kommt. Aus Abb. 2 geht hervor, daß bei der Laststellung für eine Einzelachse, auch wenn man die Senkung der Querschwellen berücksichtigt, die sich nicht mehr senkenden Querschwellen sich bis ins Unendliche von ihrer Unterlage abheben. Es ist einleuchtend, daß dies einfach eine Folge davon ist, daß man das Eigengewicht des Oberbaues nicht berücksichtigt, ferner daß man annimmt, daß die Schwellen auf die Schienen nur nach

Heft 7, Seite 118 geschrieben: „Aus der Einflußlinie des Momentes für einen Punkt in der Mitte zwischen zwei Schwellen ist ja deutlich zu ersehen, daß der Einfluß einer an dieser Stelle stehenden Achse weit überragend ist und der Einfluß der benachbarten, einige Belastungsfelder weiter stehenden Achslasten nur sehr gering ist.“

Ich war der Ansicht, daß es unnötig ist, diese Behauptung zahlenmäßig zu beweisen, werde aber, wo Ing. Dr. Hanker die Einwendung gemacht hat, die Zahlen bringen, und zwar an der

Hand seiner für diesen Zweck sehr willkommenen eigenen Formel im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1938, Heft 3, Seite 58 und 59, welche Formeln ja aus der Momentenlinie entwickelt sind und die also den Beweis für meinen obenstehenden Ausspruch bringen können.

Die Berechnungen sind durchgeführt für die Schiene NP 46, wofür  $I = 1560 \text{ cm}^4$ ; weiter ist angenommen  $E = 2200000$ ,  $l = 60 \text{ cm}$ ,  $C = 10$ ,  $b_1 = 25 \text{ cm}$  und  $\ddot{u} = 55 \text{ cm}$ . Mit diesen Zahlen findet man  $L = 74 \text{ cm}$ .

Die von Hanker auf Seite 59 seines Aufsatzes gegebene Vorschrift anwendend: „Alle links und rechts von  $P_0$  liegenden Radlasten ( $P_1, P_2, P_3$  usw.), die zwischen  $1,57 L < a < 3,75 L$  liegen (Abb. 25), verkleinern das Moment  $M_0$  unter der Last  $P_0$  und sind gemäß Gl. II) zu berücksichtigen, ...“ hat man für die zu betrachtenden Belastungen außer der Last  $P_0$ , unter welcher das Moment  $M_0$  zu berechnen ist, beiderseits nur höchstens eine Last zu berücksichtigen.

Für die Lokomotive des Belastungszuges auf den Niederländischen Probestrecken (Heft 3, Abb. 12, Seite 49) ergibt sich das größte Moment  $M_0$  unter der hinteren Triebachse zu  $M_0 = 118600 \text{ kg/cm}$ . Wenn alle Achsen zu  $16 \text{ t}$  angenommen wären, würde das Moment  $M_0 = 118000 \text{ kg/cm}$  sein, einen Unterschied also von  $600 \text{ kg/cm}$  oder  $0,5 \%$ .

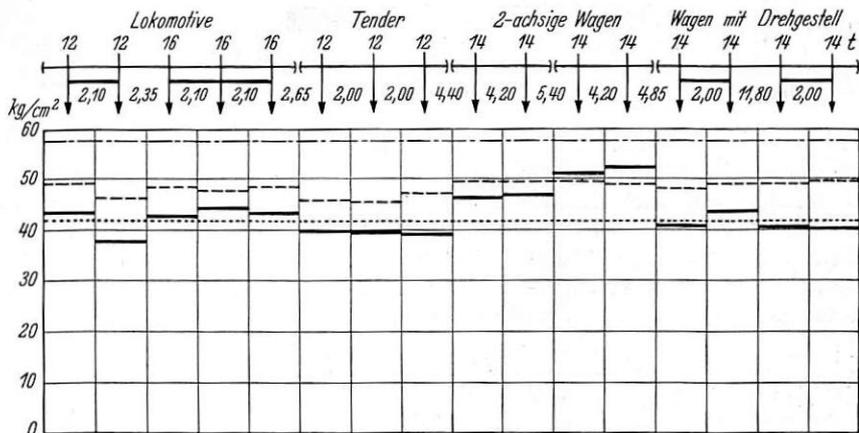


Abb. 1. Ergebnisse der Spannungsmessungen: Schienenbeanspruchungen in  $\text{kg/cm}^2$ , bezogen auf  $1 \text{ t}$  Achsdruck.  $V = 90 \text{ km/h}$ .  
— Ergebnisse der Messung — Achsstandformel  
- - - Berechnung Zimmermann ····· Berechnung Winkler.

oben gerichtete Kräfte ausüben, wie es auch Herr Hanker tut. Auch wenn man die Senkung der Querschwellen berücksichtigt, muß es an irgend einer Stelle einen Berührungspunkt geben, wo die Tangente einen gewissen Winkel mit der Waagerechten macht; außerhalb dieses Punktes ist das gewichtlose und unbelastete Gleis selbstverständlich gerade bis ins Unendliche. Auch bei der Längsträgerberechnung kommt, wie man leicht einsehen wird, dieser Fall vor. Die Abb. 8 und 9 auf Seite 48 sind also sehr täuschend.

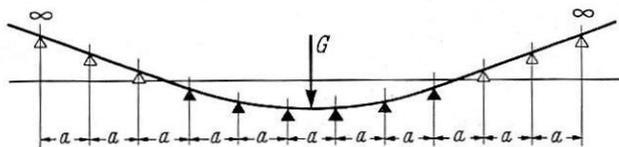


Abb. 2. Biegelinie bei Belastung durch eine Einzelachse unter Zugrundelegung einer Unterlageziffer.

Herr Ing. Dr. Robert Hanker hat gegen die Berechnung mit der Achsstandformel vier Einwände, die hier näher besprochen werden sollen:

1. Die bei den verschiedenen Fahrzeugen vorkommenden, tatsächlichen Achsstände sollen nicht einwandfrei erfaßt werden.

Diese Behauptung ist ebenso richtig wie die, daß bei keiner Oberbauberechnung jeder einzelne Einfluß einwandfrei erfaßt wird. Es ist nur die Frage, ob die Annäherung im Einklang steht mit der nötigen und gewünschten Genauigkeit. Hierzu ist zu bemerken, daß die zwei Achsstände anschließend an die betrachteten Achse ganz genau in der Berechnung nach der Achsstandformel einbezogen sind. Ob die folgenden Achsstände etwas größer oder kleiner sind, ist belanglos, da der Einfluß des von der betrachteten zweitentfernten Achse auf das Moment vernachlässigt werden kann.

2. Die Berücksichtigung des gegenseitigen Einflusses ungleich großer Lasten ist nicht möglich.

Zu der Annahme, daß alle Lasten gleich groß sind, habe ich in meinem Aufsatz im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1937,

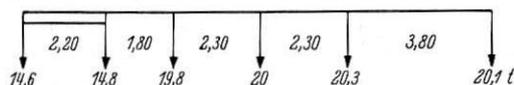


Abb. 3. Lok 2 C 1 der Deutschen Reichsbahn.

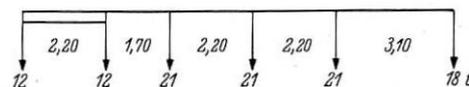


Abb. 4. Lok 2 C 1 der Italienischen Staatsbahnen.

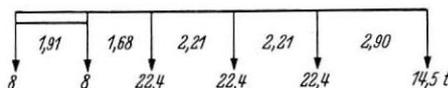


Abb. 5. Lok 2 C 1 der London & North Eastern Railway.

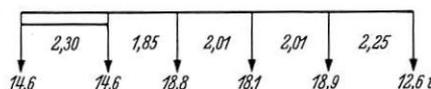


Abb. 6. Lok 2 C 1 der Französischen Nordbahn.

Eine gleiche Berechnung ergibt für die Lokomotive, die den Probezug auf den Oldenburgischen Strecken gefahren hat (Heft 3, Abb. 13, Seite 49) das größte Moment unter der hinteren Laufachse zu  $M_0 = 137400 \text{ kg/cm}$ . Wenn alle Achsen zu  $17 \text{ t}$  angenommen werden, findet man  $M_0 = 136500 \text{ kg/cm}$ . Der Unterschied ist  $900 \text{ kg/cm} = 0,7\%$ .

Bei der Lokomotive, die auf den Sächsischen Strecken gefahren hat (Heft 3, Abb. 14, Seite 49) findet man für die hintere Triebachse in dem einen Fall  $M_0 = 118700 \text{ kg cm}$ , in dem anderen  $M_0 = 119400 \text{ kg cm}$ ; der Unterschied ist  $0,6\%$ .

Es gibt zwar Lokomotiven, bei denen der Unterschied in den Achslasten viel größer ist als bei den drei angeführten Beispielen, aber auch bei der Untersuchung dieser Lokomotiven (Abb. 3, 4, 5 und 6) ergibt sich nicht, daß es notwendig sei die ungleiche Achsbelastung in die Berechnung einzubeziehen. Bei den ersten drei dieser Lokomotiven nämlich findet man das größte Moment unter der hinteren Triebachse; da aber der Achsstand einerseits in allen drei Fällen größer ist als  $3,75 L = 277,5$  cm, sind im ganzen nur zwei Achsen zu berücksichtigen, welche Achsen ein gleiches oder annähernd gleiches Gewicht haben. Bei der Lokomotive der Französischen Nordbahn (Abb. 6) ergibt sich das größte Moment ebenfalls unter der hinteren Triebachse, der aber auf 225 cm (also um einen Schwellenabstand kleiner als 277,5 cm) eine Laufachse folgt. Das größte Moment berechnet sich zu  $M_0 = 133000$  kg/cm. Wenn alle Achsen zu 18,9 t angenommen wären, würde das Moment  $M_0 = 128300$  kg/cm sein, so daß sich ein Unterschied von 4700 kg/cm oder 3,5% ergibt.

Die französische Lokomotive ist in dieser Hinsicht die ungünstigste, die ich gefunden habe. Vielleicht bestehen Lokomotiven, die einen noch etwas größeren Unterschied

$$M_0 = \frac{(3 m n - m - n) (3 m n + 3 m - n - 2) + (3 m - 2) (9 m n^2 - 3 n^2 - 3 m - 2 n + 2)}{16 \{3 m n - (m + n)\} (3 m n + 3 m - n - 2)} G_1 a + \frac{(3 m - 2)^2 (n - 1)}{16 \{3 m n - (m + n)\} (3 m n + 3 m - n - 2)} G_2 a$$

Wendet man diese Formel bei der Lokomotive des Belastungszuges auf den Niederländischen Probestrecken (Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1938, Heft 3, Abb. 12) an, so hat man zu rechnen mit:  $G_1 = 8000$ ,  $G_2 = 6000$ ,  $m = \frac{210}{60} = 3,5$ ,

$n = \frac{265}{60} = 4,42$  und  $a = 60$ , wobei man findet:

$$M_0 = 0,210 \times 8000 \times 60 + 0,008 \times 6000 \times 60 = 103640 \text{ kg/cm.}$$

Wenn alle Achsen gleiches Gewicht haben, ergibt sich:  $M_0 = 0,210 \times 8000 \times 60 + 0,008 \times 8000 \times 60 = 104640$  kg/cm, so daß der Unterschied 1000 kg/cm oder 1,0% ist.

Für die einen größeren Unterschied ergebende Lokomotive der Französischen Nordbahn (Abb. 6) sind die Zahlen:  $G_1 = 9450$ ,

$$G_2 = 6300, \quad m = \frac{201}{60} = 3,35, \quad n = \frac{225}{60} = 3,75 \text{ und } a = 60, \text{ wo-}$$

bei sich ergibt:

$$M_0 = 0,206 \times 9450 \times 60 + 0,009 \times 6300 \times 60 = 120200 \text{ kg/cm}$$

und bei gleich schweren Achsen:

$$M_0 = 0,206 \times 9450 \times 60 + 0,009 \times 9450 \times 60 = 121900 \text{ kg/cm.}$$

Der Unterschied ist 1700 kg oder 1,4%. Ich übersehe nicht, daß die zweite Triebachse in der Berechnung zu 18,9 t angenommen ist, während sie in der Wirklichkeit 18,1 t wiegt, welcher Unterschied jedoch nur von geringem Einfluß ist.

Auch aus der Betrachtung der Achsstandformel geht also hervor, daß es ganz überflüssig ist, mit ungleichen Achslasten zu rechnen.

3. Die Nichtberücksichtigung der Senkung der Querschwellen sollte zu Annahmen führen, die mit der Wirklichkeit nicht in Einklang zu bringen sind.

Zu dieser Einwendung habe ich zu Beginn dieser Erwiderung schon einiges gesagt. Noch ist zu bemerken, daß bei jeder Oberbauberechnung Annahmen gemacht werden müssen, die nicht mit der Wirklichkeit in Einklang stehen. Man braucht nur an die Annahme zu denken, daß Schienen und Schwellen ein ideales Auflager haben. Eins ist ganz klar: eben weil man solche Annahmen machen muß, ist eine große Genauigkeit bei einer Oberbauberechnung, die den praktischen Bedürfnissen entsprechen soll, unnötig und man soll sich bei der Feststellung der zulässigen Spannungen und des zulässigen Schwellendrucks nur auf die Erfahrung beziehen.

ergeben, doch immer wird der Prozentsatz verhältnismäßig gering sein, da sich das größte Moment fast immer unter der hinteren Triebachse findet, weil dieser erst in großem Abstand eine Laufachse folgt. Auch wenn diese Achse viel leichter ist als die Triebachse, ist der große Achsstand Ursache, daß der Einfluß des Gewichtsunterschiedes sich wenig fühlbar macht.

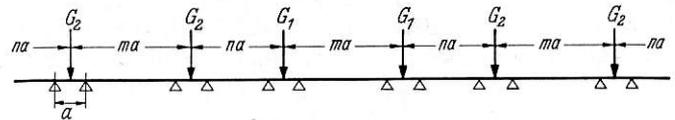


Abb. 7. Laststellung zur Bildung einer Achsstandformel mit ungleichen Lasten.

Schon aus obigem geht hervor, daß der Fehler, der durch die Annahme von gleich großen Lasten gemacht wird, in bezug auf die Genauigkeitsgrenzen einer Oberbauberechnung zugelassen werden kann. Es ist indessen sehr gut möglich, eine Achsstandformel für ungleich große Lasten zu schaffen. Für den Belastungsfall, der in Abb. 7 dargestellt ist, ergibt sich für das Moment  $M_0$  unter der Last  $G_1$  die recht schöne Formel:

$$M_0 = \frac{(3 m n - m - n) (3 m n + 3 m - n - 2) + (3 m - 2) (9 m n^2 - 3 n^2 - 3 m - 2 n + 2)}{16 \{3 m n - (m + n)\} (3 m n + 3 m - n - 2)} G_1 a + \frac{(3 m - 2)^2 (n - 1)}{16 \{3 m n - (m + n)\} (3 m n + 3 m - n - 2)} G_2 a$$

4. Die günstige Wirkung der Nachbarlasten auf das Moment von beiderseits eingespannten Achsen soll gegenüber der Wirklichkeit zu klein erscheinen, was mit der Nichtberücksichtigung der Unterlageziffer zusammenhängen soll.

Es ist erfreulich, daß Hanker durch seine Formeln die sich aufzwingende Möglichkeit bietet, die Berechnung nach der Achsstandformel zu vergleichen mit einer Berechnung, bei der die Unterlageziffer berücksichtigt ist.

Für die Lokomotive der Abb. 3 ist unter Zugrundelegung der Achsstandformel mit  $a = 60$  cm bei der hinteren Triebachse  $m = \frac{230}{60} = 3,84$ ,  $n = \frac{380}{60} = 6,34$  und also das Moment  $M = 0,224 G a$ . Da das Moment ohne den Einfluß der Nachbarachsen  $0,250 G a$  wäre, so ist der Einfluß dieser Achsen 0,026  $G a$  oder 10,4%.

Führt man für diese Lokomotive die Berechnung mit den Hankerschen Formeln durch, die unter Zuziehung einer Unterlageziffer aufgestellt sind, so findet man bei einem Gleis aus Schienen NP 46, mit den für die Schwellen und den Schwellenabstand oben angegebenen Maßen und mit  $C = 10$  einen Einfluß der Nachbarachsen von 6,7%, also weniger als bei der Achsstandformel, bei der die Unterlageziffer nicht berücksichtigt ist.

Bei der Lokomotive der Abb. 4 berechnet sich der Einfluß der Nachbarachsen mit der Achsstandformel auf 11,6% und mit den Hankerschen Formeln auf 8,2%, während diese beide Zahlen für die Lokomotive der Abb. 5 sind: 12% und 8%, also auch in diesen Fällen einen größeren Einfluß bei der Achsstandformel.

Für die Lokomotive der Abb. 6 zeigt sich als Einfluß der Nachbarachsen bei der Achsstandformel 14%, bei den Hankerschen Formeln 15,5%; hier ist also der Einfluß bei Berücksichtigung einer Unterlageziffer etwas größer.

Für Wagen, deren Untersuchung oft nötig wird, wenn die Frage zu beantworten ist, ob gewisse Ladungen über eine bestimmte Strecke befördert werden können, ergibt sich bei größeren Achsständen als denen der zweiachsigen Wagen der Probezüge gar kein rechnermäßiger Einfluß der Nachbarachsen bei Zugrundelegung der Hankerschen Formeln, während

dieser Einfluß bei der Achsstandformel bei Achsständen von 420 und 540 cm noch 6,4% ist.

Man kann also feststellen, daß bei Berücksichtigung einer Unterlageziffer der Einfluß der Nachbarachsen im allgemeinen weniger bewertet wird, als wenn diese Ziffer nicht in der Berechnung einbezogen wird.

Hanker meint (Seite 52), daß für die absoluten Werte der Unterlageziffer Zahlen gefunden sind, die höher sind, als bisher angenommen, weil die Werte bei einer Belastung bestimmt sind, die höher ist als der tatsächliche Schienendruck auf der Schwelle und weil anzunehmen ist, daß die Einsenkungen nicht ganz verhältnismäßig den Belastungen sind, sondern die Senkungen mit zunehmender Belastung eine kleinere Zunahme aufweisen. Er beruft sich für die letzte Behauptung auf ein Referat von v. Gruenewaldt über die bekannten amerikanischen Oberbauuntersuchungen (Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1929, Seite 105, Abb. 14). Nun schreibt v. Gruenewaldt auf der angegebenen Seite: „Für ein gut unterhaltenes Gleis ergibt sich, daß die Beziehung zwischen der Belastung und der entsprechenden Senkung nahezu geradlinig ist.“ Man ersieht auch aus der genannten Abbildung, daß wohl bis 5000 lb (die Belastungen wurden bis 25000 lb gesteigert) die Senkung verhältnismäßig größer ist, was aber, wie man leicht einsieht, eine Folge davon ist, daß bei der ersten Belastung die unvermeidlichen Lücken zwischen Schiene und Schwellen (die Senkungen wurden an der Schiene gemessen) und zwischen Schwelle und Schotterbett ausgeschaltet werden. Über einer Belastung von 5000 lb sind, wie v. Gruenewaldt schreibt, die Linien nahezu gerade, sowohl wenn die Messungen vor als auch nach dem Unterstopfen der Schwellen vorgenommen wurden. Die Einwendung Hankers gegen die absoluten Werte der Unterlageziffer ist also unrichtig.

Zu der Berechnung der relativen Werte der Unterlageziffer schreibt Hanker, daß diese Werte viel zu groß ermittelt sind, da die Senkungen der unbelasteten Schwellen in größerer Entfernung von der belasteten Schwelle sehr bald viel kleiner werden. In Wirklichkeit geht aus der Abb. 17 des Hankerschen Artikels (dieselbe wie Abb. 29 meines Artikels im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1937, Heft 7) hervor, daß die Senkungen der unbelasteten Schwellen nahezu geradlinig in weiterer Entfernung von der belasteten Schwelle langsam abnehmen, wie man aus den hier übernommenen Zahlen einsehen wird: Senkung der belasteten Schwelle 2,30 mm, der folgenden Schwellen 1,98 mm, 1,56 mm, 1,22 mm und 1,13 mm.

## Die Ergänzung der Hauptsignale durch besondere Zeichen.

Von Reichsbahnbauassessor Dr.-Ing. Gerhard Chaussette, Dresden.

In nachstehender Abhandlung wird ein Überblick über die seit der grundlegenden Abänderung der Hauptsignalbedeutung im Jahre 1930 als notwendige Ergänzungen des Hauptsignals eingeführten besonderen Zeichen gegeben. Dabei werden die Gründe dargelegt, die zur Einführung dieser Zeichen Anlaß gegeben haben. Es werden nur die dem Hauptsignal heute beigegebenen dauernden Zeichen behandelt, nicht aber die nur vorübergehend aufgestellten Zeichen bei Bauarbeiten usw., da sich bei diesen nichts Grundsätzliches geändert hat.

Bis zum Jahre 1930 hatte das Hauptsignal nach der Signalordnung von 1907 die Grundbegriffe „Halt“, „Fahrt frei“ und den Wegebegriff, der durch die Zahl der Flügel vermittelt wurde. Es bedeutete das einflügelige Signal „Fahrt frei in das durchgehende Hauptgleis“ und das mehrflügelige Signal „Fahrt frei in ein abzweigendes Gleis“. Das dreiflügelige Signal diente nur zur weiteren Unterscheidung der Fahrwege innerhalb einer Gruppe abzweigender Fahrten. Es fehlte dem Hauptsignal jedoch der heute so außerordentlich wichtige Geschwindigkeitsbegriff.

Zu der Behauptung, daß die Werte der berechneten relativen Unterlageziffer viel zu hoch sind, wird ein vermeintlicher Beweis „ad absurdum“ geführt, indem angenommen wird, daß die Senkung der Schwelle B gleich oder nahezu gleich der von Schwelle A wäre und die Senkung der Schwelle C wäre gleich Null oder nahezu gleich Null gewesen; dann hätte sich rechnermäßig die relative Unterlageziffer  $C = \infty$  ergeben. Hierzu ist zu bemerken, daß Gleise, bei denen die Schwellen derartig ungleiche Senkungen zeigen, nicht vorkommen und daß jedenfalls die Unterlageziffer nicht für solche Fälle ermittelt wurde. Im übrigen ist es, um zu einer Unterlageziffer  $C = \infty$  zu kommen, gar nicht nötig und sogar falsch anzunehmen, daß die Senkung der Schwelle C gleich Null oder nahezu gleich Null ist. Richtig wäre anzunehmen, daß alle Schwellen sich um ein gleiches Maß — ob dies viel oder wenig ist, ist belanglos — senken; die gegenseitige Senkung der Schwellen ist dann gleich Null und dieses Verhältnis wird in einer Oberbauberechnung, bei der mit einer Unterlageziffer gerechnet wird, ausgedrückt durch  $C = \infty$ .

Ich habe, damit diese Erwiderung nicht zu lang wird, im Vorgehenden nur einige Punkte aus dem Hankerschen Artikel behandelt, die unbedingt berichtigt werden müssen. Zum Schlusse möchte ich nur noch die Frage stellen, wie in der Praxis, wenn mit einer Unterlageziffer gerechnet werden soll, die Bodenbeschaffenheit einbezogen werden soll. Soll man auf Strecken mit schlechterem Untergrund einen schwereren Oberbau verlegen? Soll man für diese Strecken eine Auswahl der Lokomotiven und Wagen machen? Oder soll man an diesen Stellen langsamer fahren? Kein Eisenbahner würde einen dieser Wege einschlagen wollen.

Auch ich bin überzeugt, daß die wissenschaftliche Erforschung des Oberbaues auch in bezug auf seine Berechnung nicht abgeschlossen ist. Die Achsstandformel gründet sich auf die jetzigen Kenntnisse; sie ist wegen der Nichtberücksichtigung der Unterlageziffer kein Rückschritt, weil erkannt worden ist, daß dieser Ziffer ein viel zu großer Einfluß beigegeben worden ist, während die grundlegende Beziehung  $P = Cy$ , wie ich in meinem Artikel im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1937, Heft 7 nachgewiesen habe, nicht richtig ist. Daß aber weitere Forschung und besonders weitere Beobachtungen — nachdem ein für Oberbaumessungen besser geeignetes Meßgerät als die bis jetzt bekannten herausgebracht sein wird — zu einer genaueren Berechnung führen wird, ist wohl sicher. Es ist erfreulich, daß solche Weiterführung bei der Schriftleitung des Org. Fortschr. Eisenbahnwes. stets Förderung finden wird.

Mit der Begrädigung und sonstigen Verbesserung der durchgehenden Hauptgleise, deren Zustand den ständig wachsenden Fahrgeschwindigkeiten angepaßt werden mußte, entwickelte sich ganz von selbst der über das Hauptsignal vermittelte Begriff der Geschwindigkeit. Der Lokomotivführer gewöhnte sich daran, das einflügelige Signal als die Erlaubnis zur Beibehaltung der vollen Geschwindigkeit und das mehrflügelige Signal als einen Auftrag zur Herabsetzung der Geschwindigkeit zu betrachten.

Gleichlaufend zu dieser Entwicklung verlor der Wegebegriff des Hauptsignals an Bedeutung, soweit es sich um die Unterscheidung innerhalb einer Gruppe nur abzweigender Fahrwege handelte. Naturgemäß stiegen nämlich mit der Erweiterung der Bahnhöfe und Vermehrung der Bahnhofsfahrstraßen die Ansprüche an die Streckenkenntnis des Lokomotivführers. Desgleichen stellte die Zunahme der Fahrgeschwindigkeit erhöhte Anforderungen an seine Streckenkundigkeit, da er hierdurch erstens auf Kosten der Fahrwegsbeobachtung der Signalwahrnehmung größere Aufmerksamkeit

widmen mußte und daher weniger Zeit zur Feststellung der richtig eingestellten Fahrstraße hatte. Zweitens war man bei der eintretenden Verkürzung der Fahrzeiten aus wirtschaftlichen Gründen gezwungen, das Lokomotivpersonal über durchschnittlich größere Strecken durchfahren zu lassen, als es früher der Fall war.

Im Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der immer vollkommener gewordenen Sicherungsanlagen und auf die Richtigkeit der vom Stellwerk eingestellten Fahrstraße begnügte sich der Lokomotivführer mit der Wahrnehmung eines mehrflügeligen Signals als Aufforderung zur Geschwindigkeitsbeschränkung. Eine weitere Unterscheidung der abzweigenden Fahrwege mit dem zwei- und dreiflügeligen Signal konnte für ihn nur bei genauer Kenntnis aller Einfahrwege des Bahnhofs von Wert sein. Diese Voraussetzung war aber aus den oben angeführten Gründen nicht mehr mit Sicherheit gewährleistet.

Der sich herausstellende Brauch, das einflügelige Signal als Erlaubnis zur Beibehaltung der vollen Geschwindigkeit zu betrachten, da es ja für das durchgehende Hauptgleis galt, barg natürlich eine erhebliche Betriebsgefahr in sich. Es war dann nur noch bei ganz genauer Ortskenntnis des Lokomotivführers gewährleistet, daß etwaige im durchgehenden Hauptgleis vorhandene Stellen mit ständiger erheblicher Geschwindigkeitsbeschränkung nicht mit einer unzulässig hohen Geschwindigkeit befahren wurden.

Um diese Entwicklung des Geschwindigkeitsbegriffs in geregelte Bahnen zu leiten und den namentlich nach Einführung sehr hoher Geschwindigkeiten neu entstandenen Verhältnissen Rechnung zu tragen, wurde 1930 eine für das Hauptsignal außerordentlich bedeutsame Änderung durch Einführung des Geschwindigkeitsbegriffs verfügt. Diese Neuerung wurde dann auch in das neue Signalebuch vom 1. April 1935 übernommen.

Seit dieser Regelung bedeutet jetzt das einflügelige Signal „Fahrt frei“ ohne besondere Geschwindigkeits- und Wegeanzeige und das zweiflügelige Signal „Fahrt frei mit Geschwindigkeitsbeschränkung auf 40 km/h“. Dieser zusätzliche Geschwindigkeitsbegriff verursachte umfangreiche bauliche Ergänzungen, da zahlreiche einflügelige Signale mit dem zweiten Flügel auszurüsten waren. Dies war für alle Signale der Fall, die für die Fahrt in das durchgehende Hauptgleis galten, wenn der Fahrweg eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 40 km/h erforderte. Damit war aber auch die erwähnte Gefahr der unzulässig schnellen Fahrt im durchgehenden Hauptgleis stark vermindert.

Der Wegebegriff am Hauptsignal blieb bei der Neuregelung neben dem neuen zusätzlichen Geschwindigkeitsbegriff zunächst noch bestehen. Man übernahm das dreiflügelige Signal in das neue Signalebuch und legte ihm die Signalbedeutung bei: „Fahrt frei mit Geschwindigkeitsbeschränkung wie bei Hp 2 (zweiflügeliges Signal), jedoch für einen anderen als den durch Hp 2 gekennzeichneten Fahrweg“. Hier steckt also der Wegebegriff mittelbar in der Unterscheidung des dreiflügeligen vom zweiflügeligen Signal. Dagegen fehlt der Wegebegriff beim zweiflügeligen Signal wiederum bei der Unterscheidung dieses Signalbildes vom einflügeligen Signalbild, da weder bei Hp 2 noch bei Hp 1 im Signalebuch vom Fahrweg die Rede ist. Diese nur aus der geschichtlichen Entwicklung der Hauptsignale und ihrer Signalbegriffe verständliche Beibehaltung des dreiflügeligen Signals und damit des Wegebegriffs des Hauptsignals stellte eine gewisse Überlagerung der Begriffe dar und führte in vielen Fällen zu Schwierigkeiten bei der Ausbildung einer klaren Signalisierung.

Wie erwähnt, hatte der Wegebegriff des Hauptsignals schon vor Einführung der neuen Signalbedeutungen an Wichtigkeit verloren. Eine Unterscheidung der einzelnen abzweigenden Bahnhofsfahrwege hatte in vielen Fällen für den Lokomotivführer nur noch wenig Wert, da sie erstens seine genaue Orts-

kenntnis voraussetzte und da zweitens der Lokomotivführer auch immer mit einer Abweichung von der Bahnhofsfahrordnung rechnen mußte. Bekanntlich braucht er nach den Fahrdienstvorschriften bei außerplanmäßiger Ablenkung in ein anderes Gleis als bei der sonstigen planmäßigen Ablenkung am Einfahrsignal nicht gestellt zu werden. Der Wegebegriff des Hauptsignals hatte daher eigentlich nur noch zwei wichtigere Aufgaben zu erfüllen. Dies waren die Richtungsanzeige und die Anzeige der Früh- oder Spätablenkung.

Die Richtungsanzeige wird bei der Verzweigung von Strecken erforderlich, um das irrtümliche Einlassen eines Zuges in das falsche Streckengleis zu verhindern, wobei es von untergeordneter Bedeutung ist, ob die Trennung innerhalb des Bahnhofs oder auf freier Strecke eintritt. Diese Anzeige der Streckenrichtung mit Hilfe des noch den Wegebegriff enthaltenden Hauptsignals war aber nach Einführung des Geschwindigkeitsbegriffs in vielen Fällen aus folgenden Gründen nicht mehr möglich.

Erstens kann bei Streckenverzweigungen, bei denen mit Hilfe der neuen Weichen mit großen Halbmessern beide Fahrwege ohne Geschwindigkeitsbeschränkung befahren werden dürfen, folgerichtig wegen des Geschwindigkeitsbegriffs für beide Fahrwege nur das einflügelige Signal verwendet werden. Da diesem aber bekanntlich der Wegebegriff völlig fehlt, konnte in solchen Fällen das Hauptsignal nicht der Richtungsanzeige dienen. Eine Richtungsanzeige ist aber hier unentbehrlich, da sich das Einlassen in die falsche Richtung bei schnell fahrenden Zügen besonders betriebsbehindernd auswirkt.

Zweitens ist im entgegengesetzten Fall, bei dem beide Fahrwege der Verzweigung eine Geschwindigkeitsbeschränkung erfordern, die Richtungsanzeige durch das den Wegebegriff enthaltende dreiflügelige Signal in Verbindung mit dem zweiflügeligen Signal zwar möglich; die Signalisierung in dieser Form setzt aber wieder eine genaue Ortskenntnis des Lokomotivführers voraus, mit der nicht in allen Fällen voll gerechnet werden kann.

Drittens ist bei der Verzweigung, bei der nur der eine Fahrweg eine Geschwindigkeitsbeschränkung erfordert, eine Richtungsanzeige mit dem ein- und zweiflügeligen Signal an und für sich nach den im Signalebuch bei Hp 1 und Hp 2 vorgeschriebenen Bedeutungen nicht ganz folgerichtig möglich, da das zweiflügelige Signal zur Unterscheidung vom einflügeligen Signal keinen Wegebegriff vermittelt. Das zweiflügelige Signal bekommt vielmehr erst den Wegebegriff bei der Unterscheidung vom dreiflügeligen Signal. Fehlt aber der dritte Flügel, so fehlt auch der Wegebegriff. Trotz dieser Signalbedeutung hat man bei Verzweigungen der letztgenannten Art mit dem ein- und zweiflügeligen Signal diesen Signalen hier auch den Wegebegriff in Gestalt der Richtungsanzeige beigegeben. Man erwartet in diesen Fällen, daß die Richtungsanzeige für den Lokomotivführer durch den augenfälligen Unterschied der beiden Signalbilder auch bei mangelhafter Streckenkenntnis hinreichend vermittelt wird, zumal auch die unterschiedliche Geschwindigkeitsanzeige für ihn eine Gedächtnisstütze für die Streckenunterscheidung sein wird. Auf diesen Ausnahmefall wird später noch mehrfach hingewiesen werden.

Bei den obengenannten anderen Fällen der Streckentrennung, bei der beide Fahrwege mit dem gleichen Signalbild signalisiert werden müssen, kann das Hauptsignal die Richtungsanzeige nicht vermitteln. Man hat daher 1935 sogenannte Richtungsanzeiger als besondere getrennt vom Hauptsignal aufgestellte Signalzeichen eingeführt. Diese Richtungsanzeiger sind je nach den Verhältnissen verstellbar oder unverstellbar eingerichtet und zeigen auf einer rechteckigen weißen Tafel mit schwarzer Umrandung den Anfangsbuchstaben des nächsten

größeren Bahnknotenpunktes, nach dem auf dem betreffenden Fahrweg mit den schnellsten Zügen durchgefahren wird. Zur Vor-Ankündigung der Richtungsanzeiger werden wieder besondere Richtungsvoranzeiger aufgestellt.

Diese Zeichen sind ausnahmslos bei allen Fahrwegen anzuwenden, bei denen das einflügelige Signal für mehrere verschiedene Fahrwege gilt. Im früher genannten zweiten Falle der Trennung der einzelnen Strecken nur auf das zweiflügelige Signal werden sie gleichfalls angewandt, allerdings mit der Einschränkung, daß ihre Anwendung nur erforderlich ist, wenn nicht alle der sich trennenden Strecken mit Streckenblockung ausgerüstet sind und wenn das irrtümliche Einlassen eines Zuges in das falsche Streckengleis nicht durch die Örtlichkeit alsbald bemerkt werden muß. Diese Einschränkung ist dadurch erklärbar, daß hier alle Züge mit Geschwindigkeitsbeschränkung fahren und das Einfahren in das falsche Gleis hier nicht so betriebsbehindernd ist wie bei den schnellfahrenden Zügen, und daß ferner die beim langsamer fahrenden Zug bessere Möglichkeit der Ortsbeobachtung das irrtümliche Fahren eher verhindern wird.

Wie ersichtlich, kann also hier das dreiflügelige Signal durch einen Richtungsanzeiger ersetzt werden, wobei dieser vorteilhafter ist, da die Richtungsunterscheidung mit dem zwei- und dreiflügeligen Signal immer eine genaue Ortskenntnis des Lokomotivführers voraussetzen müßte. Fällt demnach die eine Aufgabe des Wegebegriffs, die Richtungsanzeige, beim Hauptsignal auch noch fort, so verbleibt als letzte Aufgabe nur noch die Ankündigung der Früh- oder Spätablenkung.

Die Anzeige der Früh- oder Spätablenkung ist aus Gründen der Betriebsicherheit und Betriebsflüssigkeit unerlässlich. Die Betriebsflüssigkeit verlangt bei der Spätablenkung zur Beschleunigung der Zugfolge eine möglichst lange Beibehaltung der höheren Geschwindigkeit. Die Sicherheit erfordert eine unzweideutige Kenntlichmachung der in einem Bahnhof vorhandenen Früh- und Spätablenkungen, um zu verhindern, daß eine Frühablenkung mit unzulässiger Geschwindigkeit befahren wird.

Die bezüglich des Beginns der Geschwindigkeitsbeschränkung unterschiedlich zu behandelnden Fahrwege könnten an und für sich nach dem neuen Signalbuch mit dem zwei- und dreiflügeligen Signal kenntlich gemacht werden. Da dies aber wieder erfordert, daß der Lokomotivführer die einzelnen Fahrstraßen genau kennt, erscheint die Betriebsicherheit und Betriebsflüssigkeit bei der Signalgebung in dieser Form nicht voll gewährleistet. Da zur Vermeidung dieser Signalisierungsform mit den vorhandenen Signalmitteln nur noch die Aufstellung weiterer Hauptsignale als Zwischensignale übrig blieb, sah man von dieser unwirtschaftlichen Maßnahme ab und schuf besondere Ausnahmezeichen, mit denen die Früh- oder Spätablenkung auffällig angezeigt werden kann.

Es läßt sich also feststellen, daß praktisch bis auf den einen erwähnten Ausnahmefall der Wegebegriff des Hauptsignals hinfällig geworden ist, da dieser Begriff besser von neuen Signalzeichen übernommen werden kann. Für die Anwendung des dreiflügeligen Signals ergibt sich nach den obigen Ausführungen kein einziger zwingender Grund mehr. Diese Entwicklung ist nur begrüßenswert, da sich somit die Zahl der dem Hauptsignal beigegebenen Begriffe vermindert und durch Beseitigung der Vielbegriffigkeit das Hauptsignal für den Lokomotivführer bedeutend klarer und verständlicher geworden ist.

Die Entwicklung hat aber bei diesen Änderungen noch nicht Halt gemacht, sondern neben der Klärung des Wegebegriffs auch für den Geschwindigkeitsbegriff gewisse Ergänzungen erforderlich gemacht. Solange man in den Hauptgleisen nur Weichen mit dem Einheitshalbmesser von 190 m hatte, entsprach Signal Hp 2 mit der Geschwindigkeits-

beschränkung auf 40 km/h den vorhandenen Weichenkrümmungen. War ausnahmsweise an einer Stelle des Fahrweges eine geringere Geschwindigkeit als 40 km/h einzuhalten, so zeigte ein besonderes Kennzeichen Fw 101 bei mehrflügeligem Signal die dauernde Geschwindigkeitsbeschränkung an. Dergleichen wurde eine dauernde Geschwindigkeitsbeschränkung über 40 km/h bei dem auf das einflügelige Signal verwiesenen Fahrweg mit dem Kennzeichen K 5 signalisiert. Da beide Zeichen auch verstellbar eingerichtet sein konnten, war die dem jeweils eingestellten Fahrweg entsprechende Geschwindigkeit für den Lokomotivführer einwandfrei angezeigt.

Bei der allgemeinen Einführung von Weichen mit großen Regelhalbmessern von 300, 500 und 1200 m und von Bogenweichen mit zahllosen Möglichkeiten des Weichenhalbmessers konnte man derartige Stellen der Hauptgleise nicht mehr als Ausnahmestellen im obigen Sinne ansehen. Eine Signalisierung der sich hieraus ergebenden zahlreichen verschieden großen Geschwindigkeitsbeschränkungen mit je einem der gerade vorliegenden zulässigen Höchstgeschwindigkeit entsprechenden besonderen Zeichen war natürlich nicht durchführbar. Es wurde daher erforderlich, alle Fahrwege in gewisse Gruppen einzuteilen, die jeweils einer bestimmten Geschwindigkeitsstufe entsprachen. Für jede dieser Geschwindigkeitsstufen war dann ein besonderes Zusatzsignal zum Hauptsignal zu schaffen. Das Hauptsignal selbst konnte ohne Hinzufügen neuer Formen oder Flügelstellungen diese Anzeige der gestaffelten Geschwindigkeitsbeschränkung nicht mehr mit übernehmen, da diese Maßnahme zweifellos ein großer Rückschritt in der Hauptsignalentwicklung gewesen wäre.

Man schuf daher für die gestaffelte Geschwindigkeitsbeschränkung neue Zeichen, die sogenannten „Ausnahmezeichen zur Regelung der Geschwindigkeit bei mehrflügeligem Signalbild“, die 1937 eingeführt wurden. Wie der Wortlaut der Einführungsverfügung erkennen läßt, gelten die Zeichen nur für die auf ein mehrflügeliges Signal verwiesenen Fahrwege. Als Höchstgrenze der Geschwindigkeitsbeschränkung, die noch mit mehrflügeligem Signal zu signalisieren ist, hat man 60 km/h festgelegt. Fahrwege, die eine Geschwindigkeitsbeschränkung nur bis auf 60 km/h herab erfordern, werden mit einflügeligem Signal angekündigt. Die einzuhaltende Geschwindigkeit wird dann beim einflügeligen Signal wie früher mit dem Kennzeichen K 5 angezeigt. Da Geschwindigkeitsbeschränkungen über 60 km/h seltener vorkommen, kann man sich hier mit der alten Regelung begnügen.

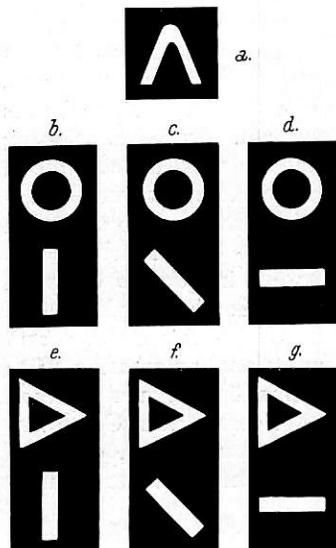
Für die Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 60 km/h und weniger wurden drei Stufen geschaffen. Gattung A umfaßt die Fahrwege mit einem kleinsten Weichenhalbmesser von 500 m und zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h. Gattung B enthält alle Fahrwege mit Weichenhalbmessern von 190 bis 500 m und zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h. In Gattung C sind alle Fahrwege mit Krümmungen unter 190 m Halbmesser mit zulässiger Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h enthalten. Zur letzten Gruppe gehören auch die Abzweigungen mit Außenbogenweichen, bei denen der eine Fahrweg wegen der falschen Überhöhung mit höchstens 30 km/h befahren werden darf.

Bei den neuen Ausnahmezeichen hat man nun aus Zweckmäßigkeitsgründen neben der Anzeige der gestaffelten Geschwindigkeitsbeschränkung auch die Ankündigung der Früh- oder Spätablenkung mit einem Zeichen geschaffen, das beide Begriffe örtlich vereinigt. Wie oben erwähnt, war die Anzeige der Früh- oder Spätablenkung noch als restliche Aufgabe des Wegebegriffs am Hauptsignal übriggeblieben.

Da die Ausnahmezeichen nur für das mehrflügelige Signal gelten, ist eine Anzeige der Früh- oder Spätablenkung bei einflügeligem Signal mit diesen Zeichen nicht möglich. Da es sich bei diesem aber nur um Ablenkungen mit Flachweichen

( $R = 1200\text{ m}$ ) handeln kann, versieht hier wieder Kennzeichen K 5 die Anzeige der zulässigen Geschwindigkeit, falls überhaupt eine Beschränkung der vollen Geschwindigkeit erforderlich ist.

Bei den neuen Ausnahmezeichen geht man von dem sogenannten Regelfall aus. Dieser liegt vor, wenn der Fahrweg eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf  $40\text{ km/h}$  erfordert (vergl. Gattung B) und wenn außerdem der Weichenbereich, in dem die Ablenkung stattfindet, am Hauptsignal beginnt oder die Ablenkung höchstens  $500\text{ m}$  vom Hauptsignal entfernt liegt. Dieser Regelfall entspricht mit der Geschwindigkeitsbeschränkung auf  $40\text{ km/h}$  der im Signalbuch enthaltenen Bedeutung des Hp 2 und sieht als Regelfall demnach die Frühablenkung vor.



Ausnahmezeichen zur Regelung der Geschwindigkeit bei mehrflügeligem Signalbild.

Wenn nun eine der beiden Voraussetzungen des Regelfalles — Frühablenkung und Geschwindigkeitsbeschränkung auf  $40\text{ km/h}$  — nicht erfüllt ist, wird zur Signalisierung ein Ausnahmezeichen erforderlich. Bei der Spätablenkung ist jedoch noch ein zweites Zeichen nötig, um dem Lokomotivführer den Beginn der Spätablenkung erkennbar zu machen. Dieser Beginn des Weichenbereichs, in dem die Spätablenkung eintritt, wird mit der sogenannten Tortafel (siehe Abbildung Zeichen a) kenntlich gemacht.

Die Tortafel ist ein unverstellbares Zeichen; sie soll mindestens  $100\text{ m}$  vor der Spätablenkungsweiche stehen und vom Hauptsignal  $400\text{ bis }600\text{ m}$  entfernt sein. Der Wert  $400\text{ m}$  ergibt sich aus der auf  $500\text{ m}$  vom Hauptsignal festgesetzten Grenze zwischen einer mit früh oder spät bezeichneten Abzweigung aus dem durchgehenden Hauptgleis. In der Abbildung sind die vorkommenden Aus-

nahmezeichen dargestellt. Die Zeichen enthalten im oberen Teil der rechteckigen Tafel die Anzeige über die Lage der Ablenkung und im unteren Teil die dem Fahrweg entsprechende Geschwindigkeitsbeschränkung. Die Symbole sind in weißer Farbe auf schwarzem Untergrund gehalten. Es bedeutet der Kreis die Früh- und das Dreieck die Spätablenkung. Der senkrechte Strich zeigt die Geschwindigkeitsbeschränkung auf  $60\text{ km/h}$  (Gattung A), der schräge Strich die auf  $40\text{ km/h}$  (Gattung B) und der waagerechte Strich die auf  $30\text{ km/h}$  (Gattung C) an. Das Dreieckszeichen kündigt hierbei die im Fahrweg folgende Tortafel an. Es zeigt z. B. das Zeichen b der Abbildung, daß Frühablenkung vorliegt und eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf  $60\text{ km/h}$  erforderlich ist. Zeichen f kündigt z. B. Spätablenkung und Beschränkung auf  $40\text{ km/h}$  an usw. Zeichen c entspricht dem genannten Regelfall und wird nur angeordnet, wenn außer den Fahrwegen des Regelfalles noch einzelne vom Regelfall abweichende Fahrwege vorhanden sind. Es dient dann nur der Unterscheidung der Regelfallfahrwege von den übrigen Fahrwegen. Sind nur Fahrwege des Regelfalles vorhanden, so wird kein Ausnahmezeichen aufgestellt.

Diese Ausnahmezeichen sind bis auf die Tortafel je nach Bedarf auch verstellbar eingerichtet und werden  $400\text{ m}$  vor dem Hauptsignal aufgestellt. Auf nähere Einzelheiten soll hier nicht eingegangen werden, da die Einführungsverfügung darüber genauere Auskunft gibt.

Der Zweck dieser Ausführungen war, zu zeigen, welche Gründe zur Einführung besonderer Zeichen als Ergänzung der Hauptsignale geführt haben und welchen Weg die Entwicklung der Hauptsignalbegriffe gegangen ist. So begrüßenswert die Verminderung der Hauptsignalbegriffe durch die Wegnahme des Wegebegriffs mit Ausnahme des einen genannten Falles ist, kann man dennoch den heutigen Stand der Hauptsignalfrage noch nicht als abgeschlossen betrachten. Weitere im Gange befindliche Versuche zeigen, daß die Entwicklung nicht stillsteht. Die Vielzahl der Signalbegriffe und die erforderlich gewordene weitere Unterteilung der einzelnen Begriffe lassen die Schwierigkeit einer restlos vollkommenen Lösung erkennen, zumal diese Lösung beim Signalwesen naturgemäß erst nach eingehender Erprobung im Betriebe als voll befriedigend angesehen werden kann.

# Rundschau.

## Betrieb in technischer Beziehung; Signalwesen.

### Doppeldrahtzugweichenstellung auf große Entfernung in England.

Die Railway Gazette vom 29. Oktober 1937 bringt einen Aufsatz über dieses Thema, das für den Fachmann in Mitteleuropa, dem der Doppeldrahtzug etwas Gewohntes ist, in mancher Hinsicht außerordentlich interessant ist.

Der im Lageplan (Abb. 1) dargestellte Bahnhof Johnston an der Strecke Carmarthen—Milfordhaven im Bereich der Großen Westbahn bildet die Abzweigung nach Neyland. Auf dem Bahnhof waren bisher zwei Stellwerke und zwei Wärterbuden x und y.

Der Anlaß zur Beschreibung der Anlage ist der Wegfall des früher in der Gabelung gelegenen Weststellwerks. Die von diesem Posten bedienten Weichen und Signale sind in das am Bahnsteig stehende Stellwerk einbezogen worden, das zu diesem Zweck um  $1,8\text{ m}$  erweitert worden ist.

Die beiden Posten x und y haben die beiderseits der Hauptgleise liegenden Gleisanlagen zu bedienen. Die von ihnen ge-

stellten Weichen sind im Lageplan mit dem Buchstaben des Postens bezeichnet. Alle mit Nummern bezeichneten Weichen und Signale bedient das Bahnsteigstellwerk. Die von Fahrstraßen abhängigen Weichen in den Bezirken x und y liegen durch Hebelsperren unter Verschuß des Stellwerks J.

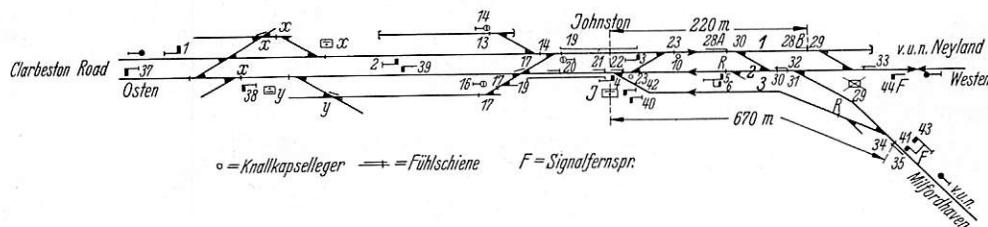


Abb. 1. Lageplan des Bahnhofs Johnston.

Das Innere des erweiterten Stellwerkraums zeigt Abb. 2. Man sieht neben den üblichen englischen Hebeln der Bauart Saxby-Farmer eine Anzahl Doppeldrahtzugweichenhebel, die auf einer etwas geneigt angeordneten Hebelbank stehen. Mit diesen werden die am Westende des Bahnhofs gelegenen Weichen bedient. Ihre Entfernung beträgt  $220\text{ bis }670\text{ m}$ . Sie liegen also so weit

entfernt, daß ihre Bedienung mit den in England bei mechanischen Stellwerken sonst ausschließlich üblichen Gestängen nicht mehr zweckmäßig ist.

Die Große Westbahn hat schon früher in Einzelfällen im Bezirk Süd-Wales entfernter gelegene Weichen mit Doppeldrahtzugbedienung eingerichtet und dabei gute Erfahrungen gemacht. Bei den Weichenstellern erfreuen sich jedoch die Drahtzugweichehebel keiner sonderlichen Beliebtheit, weil es ihnen unangenehm ist, sich bei der Hebelbedienung zu bücken, wie einer der ersten englischen Signalfachleute sich ausdrückte.

Merkwürdigerweise hat man für die von dem Weststellwerk übernommenen Signale auch bei ihrer Einbeziehung in das Bahnhofstellwerk J die gebräuchliche Eindrahtbedienung beibehalten, obwohl die Westinghouse-Gesellschaft, von der die Einrichtung gebaut ist, auch über Stelleinrichtungen für Signale mit Doppeldrahtzug verfügt.

Das Verschußregister liegt wie üblich unter dem Fußboden; man sieht in Abb. 2 die Verbindungsstangen von den Drahtzug-

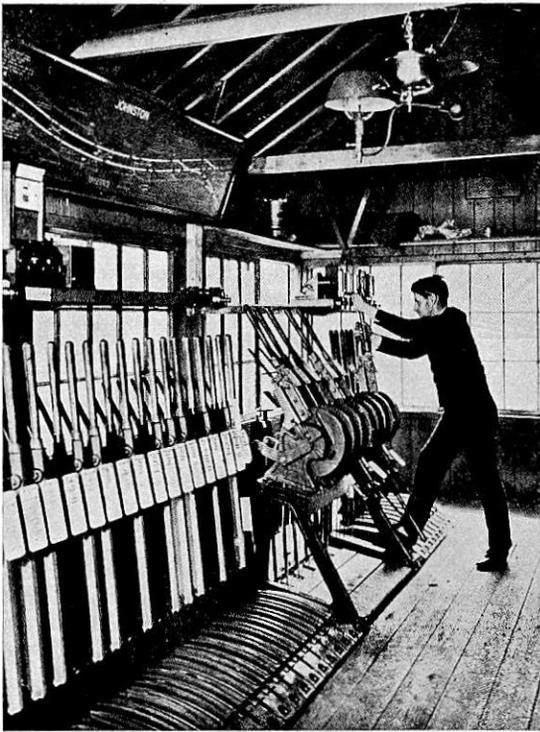


Abb. 2. Inneres des Stellwerks in Johnston.

weichehebeln zum Verschußregister. Diese Mischung von Gestänge- und Doppeldrahtzugstellwerk wirkt auf uns etwas verblüffend.

Die Drahtzugspannwerke, die bei Weichen erst bei mehr als 230 m Abstand vom Stellwerk angewandt werden, bei Doppeldrahtzugsignalen anscheinend gar nicht, stehen in Gruppen im Freien. Abb. 3 zeigt eine solche Gruppe mit drei Spannwerken. Uns fällt das kräftige Gußeisengestell der Spannwerke auf und die Tatsache, daß die Erdfüße nicht aus Eisen sind\*).

Interessant ist auch der in den Abb. 4 und 5 dargestellte Weichenantrieb, der die neueste mechanische Bauform für nicht auffahrbare Weichen darstellt. Er wird auch für die Betätigung der Fühlschienen verwendet und ist ein Kurbelschleifenantrieb mit Drahtbruchsperrung. In Abb. 5 sieht man an die Seilscheibe des Antriebs zwei Teile angehängt: den Stellhebel rechts, die Stellstange für die Fühlschiene links. In Abb. 5 ist auch die Wirkungsweise der Drahtbruchsperrung dargestellt. Abb. 6 zeigt die bei Spitzweichen angewandte Bolzenverriegelung (Plunger Lock) in Verbindung mit der Fühlschiene (Locking Bar) und der mechanischen Verriegelung durch den Signaldrahtzug (Mechanical

\* Abb. 5 und 6 sind dem mir freundlicherweise zur Verfügung gestellten Katalog der Westinghouse-Gesellschaft entnommen.

Detector). In Johnston sind aber die Fühlschienen nicht mit den Weichen gekuppelt, sondern werden mit besonderem Hebel und der gleichen Antriebsbauart bedient wie die Weichen.

Durch die Seilscheibe wird der Stellhebel bewegt. Die Armlänge des Stellhebels ist einstellbar, weil der Stellweg bei den einzelnen Weichenbauarten verschieden ist. Auch die Stellstange ist durch Gewindeschloß einstellbar eingerichtet. Der Antrieb hat an beiden Hubenden Leergang. Es wird für erwähnenswert gehalten, daß am Hebel, am Antrieb, an den Spannwerken Drahtseile in die Leitung eingebunden sind. Sämtliche Rollen auch die der Spannwerke haben Kugellager. Der Antrieb kann, wie es auch bei uns ist, als Rechts- oder Linksantrieb und für Angriff der Leitung von vorn oder hinten oder von der Seite verwandt werden. Da man in England nicht wie bei uns mit Schneeverwehungen zu rechnen hat, können die Durchtrittsöffnungen für die Stellstangen und Leitungen für alle vorkommenden Fälle im Schutzkasten vorgesehen werden. Eine uns gerade jetzt interessierende Tatsache ist, daß die Verbindungen von Draht mit Drahtseil und Draht mit Draht sämtlich ungelötet sind, was bei uns eben in der Erprobung begriffen ist. Die Weichen werden mechanisch verriegelt. Alle Spitzweichen werden durch Fühlschienen gegen unzeitiges Umstellen gesichert. Es wird als eigenartig bezeichnet, daß auch die Fühlschienen der von Zügen stumpf befahrenen Weichen vom Signal verriegelt werden; z. B. wird durch das Signal 5 die Fühlschiene 33 verriegelt, um die richtige Lage der stumpf befahrenen Weichen sicher zu stellen.

Auffallend ist auch die Verwendung von Rückfallweichen als Schutzweichen. Die Ausfahrt aus Gleis 1 nach Milfordhaven wird gegen Flankenfahrten durch die in Abb. 1 mit R bezeichneten Rückfallweichen gesichert, die aber nur aus einer Zungenvorrichtung bestehen. Die Rückfallweichen werden bei Einfahrten von Milfordhaven in Gleis 1 oder 3 von jeder Achse aufgefahren. Sie schnappen unter der Einwirkung einer Rückholfeder zurück. Eine Beschränkung in der Befahrungsgeschwindigkeit außer der durch die Gleiskrümmung gegebenen besteht, so viel ich erfahren konnte, nicht. Da die Rückfallweichen dauernd auf Flankenschutz stehen, kann das Gleis, in dem sie liegen, nur in der der Fahrriehtung der Züge entsprechenden Richtung befahren werden. Die in Abb. 1 sichtbare Fahrschautafel enthält eine Gleisfreimeldeanlage für die durchgehenden Hauptgleise. Diese sind in eine ziemlich große Anzahl isolierte Abschnitte unterteilt, die in der Schautafel den entsprechenden Abschnitt nur dann aufleuchten lassen, wenn sie

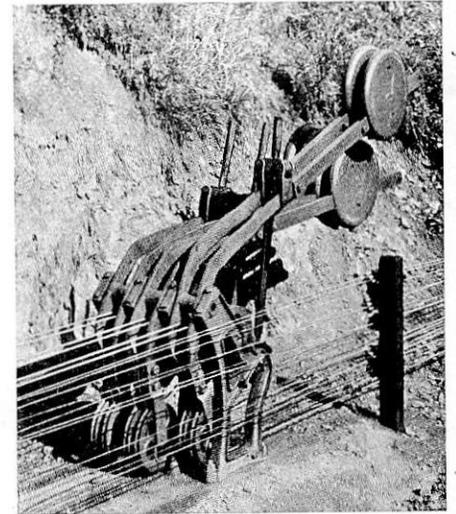


Abb. 3. Doppeldrahtzugspannwerke.

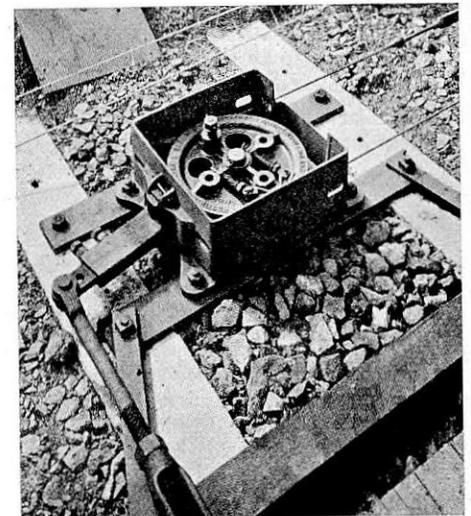


Abb. 4. Weichenantrieb für Doppel-Drahtzug.

weichehebeln zum Verschußregister. Diese Mischung von Gestänge- und Doppeldrahtzugstellwerk wirkt auf uns etwas verblüffend.

besetzt sind, also in Grundstellung dunkel sind. Die Gleisfreimeldeanlage erstreckt sich auf den Bereich zwischen den Einfahrsignalen.

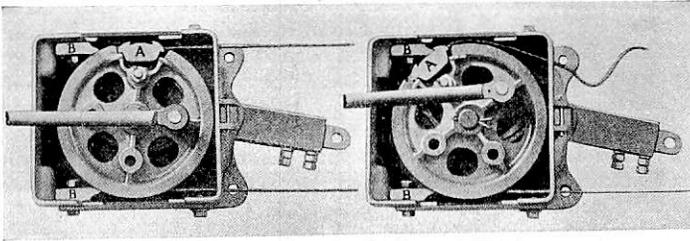


Abb. 5. Weichenantrieb mit Drahtbruchsperre.

Die Gleisstromkreise werden von je zwei Primärelementen mit kaustischer Soda von 1000 Ah Fassungsvermögen gespeist. Die

Weichen und durch den häufigen Nebel, mit dem dort zu rechnen ist. Ihm ist auch die Anordnung von Knallkapsellegern zuzuschreiben an den unmittelbar am Stellwerk J stehenden Signalen 3 und 4 (siehe Abb. 1).

Die Signalhebel sind mit Hebelsperren ausgerüstet, die den Hebel sperren, wenn der durch das Signal gedeckte Gleisabschnitt besetzt ist.

Etwas fremdartig mutet uns die Stellung der Signale an. Wie ich erfahren habe, ist das aus der Entwicklung zu erklären. Die Große Westbahn hat s. Z. auf den Rat des bedeutenden Ingenieurs Brunel eine Breitspur von 2,14 m = 7 Fuß eingeführt, die erst 1892 beseitigt worden ist nach einer Übergangszeit mit dreischienigen Gleisen, die 1,435 und 2,14 m Spur hatten. Bei der Spurverschmälerung ergab sich zwischen den Gleisen der zweigleisigen Strecken ein um etwa 1,5 m verbreiteter Gleisabstand, der die Aufstellung von Signalen zwischen den Gleisen gestattete. Hierzu kommt eine weitere Eigenart der Großen Westbahn; der Lokomotivführer steht nämlich trotz des in England üblichen

Linksfahrens auf der rechten Lokomotivseite. Die Signale werden meistens links aufgestellt, stehen aber, wenn die Signalsicht dadurch verbessert wird, rechts der Fahrrichtung, z. B. Signal 3, oder rechts außerhalb der Gleise, z. B. Signale 5 und 6. An den vom Stellwerk weiter entfernten Signalen 5/6, 41/43 und 44 sind Signalfernsprecher angebracht. Die Signale, die für eine Fahrwegsverzweigung gelten, sind in Abb. 1 nach englischer Art dargestellt, d. h. es sind zwei Signale auf einem Ausleger angebracht, von denen jeweils das rechte für den rechten Fahrweg, das linke für den linken gilt. Die nach deutscher Art angedeuteten Vorsignale sind sämtlich in der Warnstellung festgelegt. Diese Signale sind also eigentlich nur Landmarken, weil sie über die Stellung des darauffolgenden Hauptsignals

nichts aussagen. Die an Bahnhof Johnston anschließenden eingleisigen Strecken sind mit Zugstabblockung ausgerüstet.

Buddenberg.

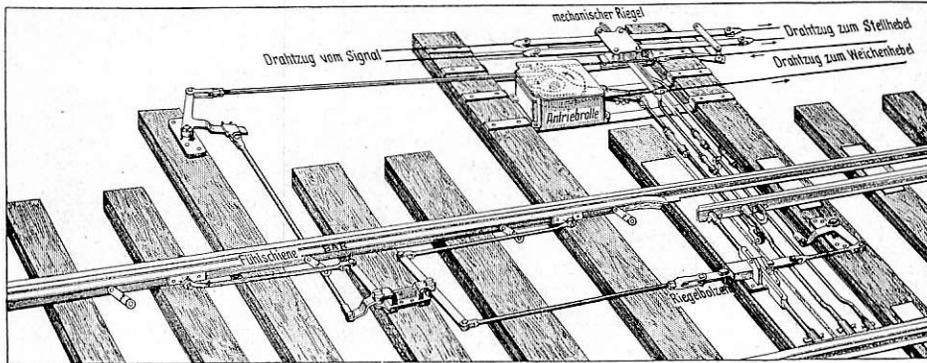


Abb. 6.

Anwendung einer Fahrschautafel bei so einfachen Betriebsverhältnissen, wie sie in Johnston vorzuliegen scheinen, erklärt sich wohl durch die Entfernung der mit Doppeldrahtzug bedienten

## Elektrische Bahnen.

### Die Umrichteranlage der Wiesentalbahn in Basel.

Die eingleisige Wiesentalbahn verbindet die Städte Basel, Lörrach, Schopfheim, Zell und Säckingen in einer Länge von fast 50 km. Der werktägliche Berufsverkehr überwiegt den Güter- und den Ausflugsverkehr, die gesamte Jahresleistung betrug 1936 rund 137 Millionen Leistungstonnenkilometer. Fast die Hälfte der 30 täglichen Zugpaare werden von Triebwagen gefahren, darunter bereits von solchen der neuen Bauart El T 18.

Im Jahre 1913 wurde die elektrische Zugförderung zunächst mit Einphasenwechselstrom von 15 Hz und 15 kV aufgenommen. Bereits damals wurde die nötige Leistung der allgemeinen Drehstrom-Landesversorgung von 50 Hz 6800 V entnommen, doch mußte der Bahnlastspitzen wegen noch eine Pufferanlage von 2200 Ah einstündig vorgesehen werden. Das Umformerwerk Basel erhielt seinerzeit zwei Umformersätze je 2100 kW und einen Turbosatz von 1250 kW als Dampfreserve. Der Betriebswirkungsgrad betrug dabei wegen der kleinen mittleren Belastung nur 65%. Dies und der zunehmende Verfall der kostspieligen Pufferbatterie, sowie das Bedürfnis nach höherer Leistung entsprechend dem zunehmenden Verkehr machten einen durchgreifenden Umbau nötig. Dazu kam der Wunsch, auf die inzwischen üblich gewordene Frequenz von  $16\frac{2}{3}$  Hz überzugehen.

Die Frage der geeignetsten Umformungsart war in den Jahren 1932/33 noch schwer zu entscheiden, weil damals die Stromrichter und besonders die Stromumrichter noch im Anfang standen. Die Wahl fiel im Vertrauen auf die technische Entwicklung auf einen AEG-Umrichter in Verbindung mit einem Maschinenumformer als volle Bereitschaft, beide aufgestellt im Unterwerk Basel. Die Leistungen betragen beim Umrichter 3600/4000/6000 kVA dauernd/ $\frac{1}{2}$  Std./1 Min. und beim Maschinensatz 4000/6000 kVA dauernd/1 Min. Das unmittelbar speisende Netz ist jenes der Kraftübertragungswerke Rheinfelden AG. mit drei Rheinwerken und 45 kV Fernleitungsspannung.

Das Hauptstück der Erneuerung, auf das hier allein eingegangen werden soll, ist der Umrichter. Wie aus dem Gesamtschaltbild zu ersehen, ist die Niederspannungswicklung des Drehstromumspanners in vier aktive Sterne zur Speisung zweier Umrichtergefäße und in eine Hilfswicklung zur Entnahme der Spannung für Gittersteuerung und Hilfsbetriebe aufgelöst. Da einzelne Anodenwicklungen wegen der starren Betriebsweise des Umrichters stets größere Ströme führen als die anderen, sind teils drei, teils zwei Ableiter angeschlossen. Die Teilspannungen überlagern sich so, daß am Ausgangsumspanner eine günstige Einphasenspannungslinie erzielt wird. Die Wandler g liefern Ströme für Zwecke der Gittersteuerung. Die drei parallelen Schwingungskreise der Spannungsglättung leiten die im Hörbereich liegenden Frequenzen 300, 600 und 900 Hz unmittelbar in die Schienen Erde. Ein dritter, unbewickelter Schenkel des Einphasenumspanners, der die verschiedenen Spannungslinien der beiden Teile I und II ausgleichen muß, ist im Schaltbild nicht angedeutet.

Die Steuerung des Umrichters ist rein elektrisch. Zwischen der Kathode eines jeden Gefäßes und den Gittern liegen zunächst die negativen Gittervorspannungen. Diese werden über ein Impulsrelais von positiven Impulsen überlagert. Diese wiederum werden durch kleine Umspanner erzeugt, die in Reihe mit  $16\frac{2}{3}$  Hz- und 50 Hz-Röhren arbeiten. Deren Öffnungszeiten sind so angesteuert, daß als Endergebnis in jedem Gefäß eine Vielzahl steiltirniger Wellen von den Anoden zur Kathode übertreten, die in ihrer Summe den gewünschten  $16\frac{2}{3}$ -Einphasenstrom bilden. Die mannigfaltigen Steuerungselemente, die hier auch nicht annähernd aufgeführt oder erläutert werden können, sind in einem etwa 4 m breiten und 2 m hohen Steuerschrank zusammengefaßt, der in engem Zusammenhang mit dem Starkstromteil der Anlage steht. Besondere Bedeutung kommt der Kühlung der Umrichtergefäße zu. Die Kühlwassertemperatur muß einerseits nach oben mit 40° begrenzt werden, andererseits aber aus Zündungsgründen mindestens

30° betragen. Beides wird durch getrennte Kreisläufe, zwei Kühler und einen gemeinsamen Durchlauferhitzer, gewährleistet. Die Kathoden haben Frischwasserzufluß.

Der Umrichter kuppelt seiner Natur als ruhender Schaltapparat gemäß das Drehstrom- und das Einphasennetz starr ohne Energieausgleich. Die Drehstromspannung schwankt über längere Zeiträume zwischen 42 und 45 kV, die größeren Einphasenspitzen treten nur ganz kurzzeitig auf. Daher reicht Regelung von Hand völlig aus. Parallelarbeiten mit den Maschinenumformern kommt nicht in Betracht. Beim Übergang vom Umrichter- zum Umformerbetrieb wird die Streckenspeisung für einige Sekunden unterbrochen, was ohne Bedeutung ist. Deshalb sind auch die Sammelschienen der Einphasenseite (s. Schaltbild) nicht aufgetrennt. Nach ein- und mehrstündiger Betriebspause muß der Umrichter neu aufgeschaltet werden. Ausreichende Luftleere in den Gefäßen und richtige Kühlwassertemperaturen vorausgesetzt, dauert das Anheizen der Röhren und das Erzeugen der negativen Gittervorspannung etwa 10 Min. Nach einer beabsichtigten oder

besonders wegen der gelegentlichen Rückzündungen. Die bekannten Vorteile der ruhenden Umrichter — bessere Wirkungsgrade, Raum- und Gewichtersparnis, weniger träges Arbeiten, Geräuschlosigkeit — überwiegen jedoch bereits bei dieser Versuchsausführung. Sie werden wohl, wenn erst einmal die Entwicklungskosten abgetragen sind, bei Um- und Neubauten künftig in den Vordergrund treten.

(Elektr. Bahnen, Aug./Sept. 1937.)

### Elektrisierung einer französischen Staatsbahnlinie.

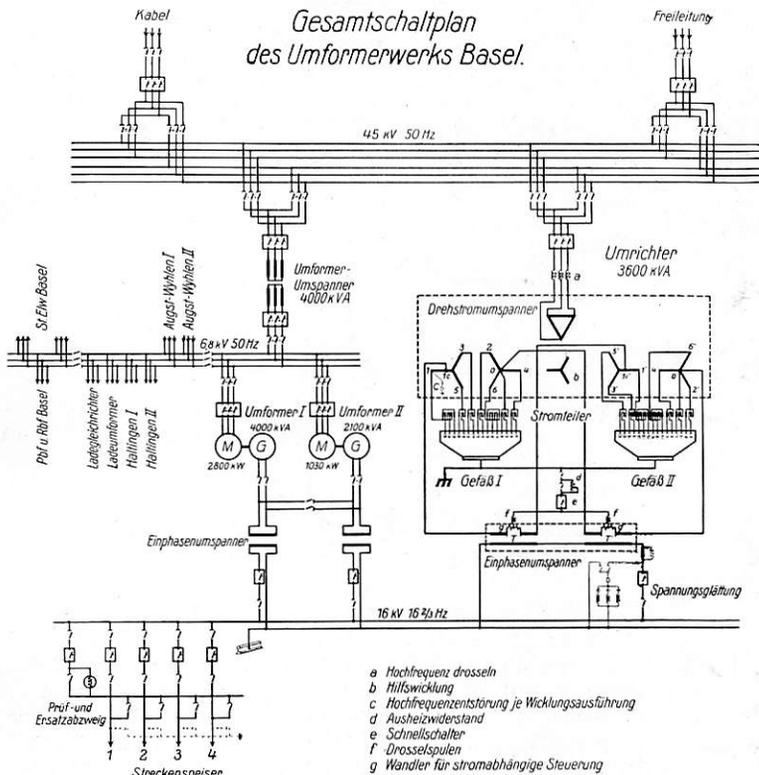
Eine der Hauptlinien, die von Paris nach Westen führen, ist die 211 km lange doppelgleisige Strecke vom Bahnhof Montparnasse nach Le Mans. Sie gehörte bis 1908 zur Westbahn, wurde dann in die Staatsbahnen eingegliedert und jetzt vom Dampfbetrieb auf den in Frankreich üblichen Gleichstrom von 1500 V umgestellt. Diese Arbeit gehörte zu den Planungen, die der nationale Ausschuß für öffentliche Arbeiten 1934 genehmigt hat. In diesem Zusammenhang ist die Erscheinung lehrreich, daß der elektrische Betrieb einschließlich aller Kapitallasten nach dem Preis- und Verkehrsstand 1932 zunächst jährlich 2 1/2 Millionen Franken — also damals rund 0,4 Millionen *R.M.* — mehr gekostet hätte als der Dampfbetrieb. Erst nachdem im Jahre 1934 der Zinsfuß von 6,75 auf 5,35 v. H. und der Strompreis von 0,24 auf 0,20 Franken je kWh herabgesetzt worden war, ergab sich eine Ersparnis von 3 1/2 Millionen Franken im Jahr.

Die Linie verläuft von Paris-Montparnasse über die bekannten Nachbarorte Sèvres, Versailles und St. Cyr nach West-Süd-Westen über rund 40 Bahnhöfe. Alle diese Bahnhöfe sind grundlegend erneuert und durch Zwischenbahnsteige, neue Bahnmeistereien u. dergl. verbessert worden. Besonders bemerkenswert ist die Verbreiterung der siebenbogigen gemauerten Überführung bei Meudon. Diese ist insgesamt 145 m lang, führt 36 m über Straße und trägt jetzt vier statt vorher zwei Gleise. Der Reiseverkehr ist in den inneren und äußeren Vorortverkehr, die Personenzüge und die durchgehenden Schnellzüge unterteilt. Diese schwanken zwischen 500 und 700 t und legen die 211 km ohne Aufenthalt in 120 Min., also mit 105 km/Std. Reisegeschwindigkeit zurück. Insgesamt werden jährlich 7,6 Millionen Zugkilometer gefahren, davon 0,4 Millionen im Vorortverkehr, 4,8 Millionen mit Reise- und 2,4 Millionen mit Güterzügen.

Als Kraftquellen dienen Dampfkraftwerke bei Paris und Wasserkräfte in der Provinz. 60 und 90 kV-Freileitungen speisen die Unterwerke der offenen Strecke, 16 kV-Kabel und in einem Fall eine unterirdische 60 kV-Leitung die der größeren Städte. Die Abstände der 13 Umformwerke wechseln zwischen 15 und 20 km. Sie sind mit Gleichrichtern von 1750 bis 2000 kW, auch einigen Maschinensätzen zu 2750 kW ausgerüstet und zur Zeit noch alle handbedient. Fernsteuerung von Paris aus ist aber bereits ins Auge gefaßt. Daß im Gegensatz zu den umlaufenden Umformern der Paris-Orleans-Bahn hier meist Gleichrichter eingebaut sind, kommt daher, daß keine Nutzbremmung vorgesehen worden ist. Die neuen Unterwerke sind alle in Beton gebaut, zweistöckig und mit flachem Dach. Jeweils ein Gleichrichter übernimmt den Betrieb, ein zweiter steht im Rückhalt, Platz für einen dritten ist vorgesehen. Zwischen allen Speisepunkten kann die Fahrleitung elektrisch getrennt werden.

Die Oberleitung ist nach dem System der Paris-Orleans-Midi-Bahn gebildet und je Gleis getrennt an Stahlmasten mit Auslegern aufgehängt. Drei Unterausführungen sind dabei verwendet: Die Regelkette mit zwei Trageisilen und zwei Fahrdrähten, die vereinfachte Kette mit nur einem Trageisil aber mit zwei Fahrdrähten, und die leichte Kette mit nur je einem Seil und einem Draht. Die Gesamtquerschnitte ohne die Hänger betragen 434:330:172 mm<sup>2</sup> in Bronze und Kupfer, die Höhen über SO. schwanken zwischen 4,6 und 6,0 m. Die rückleitenden Schienen haben Längsverbinder und sind zweigleisig parallelgeschaltet.

An Triebfahrzeugen verkehren z. Zt. 23 Schnellzuglokomotiven, 35 Personen- und Güterzuglokomotiven, 5 leichte Einfach- und 20 schwere Doppeltriebwagen. Die Schnellzuglokomotiven der Achsfolge 2 Do 2 entwickeln bei Höchstleistung von 4200 PS eine Zugkraft von 20000 kg am Radumfang, bei Stundenleistung von 3600 PS und 70 km/h noch 14300 kg. Die betriebsmäßige Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h kann auf 150 km/h im Ausnahme-



betriebsmäßigen Gittersperrung baut sich die Einphasenspannung selbsttätig und rasch wieder auf. Das sind zwei beachtliche Vorzüge gegenüber dem schwerfälligeren Umformerbetrieb.

Die Belastungsverhältnisse sind der Kleinheit des Wiesentalbahnnetzes entsprechend ungünstig. Die Jahresdurchschnittslast von 575 kW (1936) sinkt im Sommer um 30% und steigt im Winter (Zugheizung) bis um 50%. Die Stunden- bzw. Minutenspitzen betragen dabei 2000 bzw. über 3000 kW, die Jahresarbeit beläuft sich auf 4,2 Millionen kWh. Unter diesen Umständen sind die Wirkungsgrade des Umrichters bei Teillasten sehr wichtig. Sie gehen im Bereich von 1/2 bis 5/4-Last von 91,6 über 93 auf 92,5% und betragen bei 1/4-Last noch 86,5% über alles. Demgegenüber erreicht der Umformer höchstensfalls 80,5%. Die Jahreswirkungsgrade ergeben sich zu 83 gegen 65%. Der verhältnismäßig niedere mittlere  $\cos \varphi$  der Einphasenseite mit 0,64 ist in der reichlichen Bemessung der Umspanner und Hilfsbetriebe bei dieser Erstlingsausführung begründet. Die Verzerrungen haben auf der Bahnseite weder das Arbeiten der Lokomotivmotoren noch den Fernsprechtbetrieb praktisch beeinflusst. Ebenso wenig spüren die Drehstromkraftwerke mit ihrer gegenüber dem Umrichter 30fach größeren Generatorleistung etwas davon.

Die Anlage ist seit 1936 dauernd in Betrieb. Störungen von der Dauer einiger Minuten sind bisher in Monaten nur vereinzelt vorgekommen. Die kurzzeitigen und damit belangloseren Unterbrechungen sind allerdings noch etwas häufiger als bei Umformern,

fall gesteigert werden. Das Dienstgewicht von 130 t verteilt sich zu 72,5/56/1,5 t auf den mechanischen und elektrischen Teil und die Betriebsausrüstung. Je zwei der vollabgefederten Motoren liegen dauernd in Reihe und treiben die 1750 mm-Triebräder über Buchli-Antriebe. Die Zapfen der Drehgestelle sind außermittig nach innen versetzt, was günstigere Gewichtsverteilung und bessere Kurvenläufigkeit ergibt. Die Stromabnehmer haben zwei Peitschen mit Kohlschleifstücken. Die Bo+Bo-Lokomotiven für den Personen- und Güterzugdienst wiegen 79,5 t, entwickeln 95 km/h Höchstgeschwindigkeit und 1940 PS Stundenleistung bei 49 km/h, gehören also zu den schwersten dieser Bauart.

Die leichten Triebwagen haben eine Motorleistung von 590 PS, die ihnen 80 km/h Höchstgeschwindigkeit verleiht. Sie bieten 87/52 Sitz/Stehplätze und können für Spitzenverkehr durch Mittelkupplung vereinigt werden. Die Doppeltriebwagen besitzen ebenfalls Tatzlagermotoren von insgesamt 1080 PS, eine Höchstgeschwindigkeit von 130 km/h und eine Anfahrbeschleunigung von 1 m/sec<sup>2</sup>. Ein Mehrfachzug von vier Einheiten, von einem Führer ferngesteuert, vereinigt 512 Sitzplätze in drei Klassen. Sch-1.

(Electr. Rly. Tract. 1937, Heft 48.)

### „Metadyne“-Steuerung französischer Gleichstromlokomotiven.

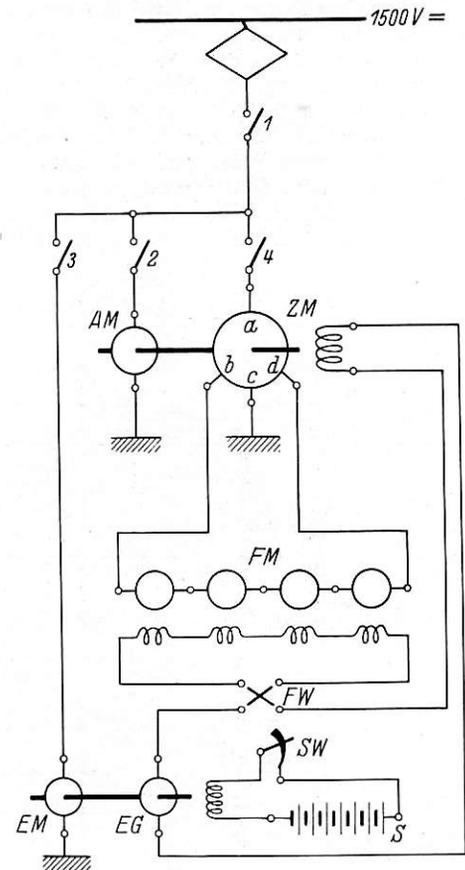
Die erste Metadyne-Steuerung — man könnte „Zwischenkraft“ dafür sagen — ist vor etwa fünf Jahren in zwei Bo-Bo-Lokomotiven der Paris-Orleans-Bahn eingebaut worden, und zwar gelegentlich des Umbaus von 600 auf 1500 Volt. Nach befriedigendem Ergebnis sind jetzt alle 13 Lokomotiven dieser Gattung (Verschiebelokomotive von 60 t Gewicht mit 35 km/Std. HG) damit ausgerüstet worden.

Der grundsätzliche Aufbau der Metadyne-Steuerung ist in nebenstehendem Schaltbild dargestellt. Die wesentlichen Teile des Systems sind folgende:

1. Die Zwischenkraftmaschine ZM, ähnlich aufgebaut wie ein Fahrmotor, mit einem Stromwender, vier Bürstenbrücken und einem fremderregten Ständer.
2. Der Anwurfmotor AM, der die Maschine ZM vom Stillstand auf Betriebsdrehzahl bringt und darin erhält.
3. Der Erregersatz mit dem Motor EM und dem Generator EG, der die Erregung für die Fahrmotoren FM und die Metadyne-Maschine ZM liefert.
4. Ein Sammler S und die handbediente Steuerwalze SW, mit der die Erregung des Generators EG gesteuert wird.

Das Bürstenpaar ac des Läufers der Zwischenmaschine ZM liegt an der Fahrdrachtspannung und führt den „Primärstrom“. Der „Sekundärstrom“ zwischen den Gegenbürsten bd ist bei fester Oberleitungsspannung verhältnismäßig dem vom Erregergenerator EG gelieferten Erregerstrom. Dieselben Ströme erzeugen aber auch in den Fahrmotoren FM deren Drehmoment, das somit dem Produkt entsprechend nach einer reinen Reihenkenlinie verläuft. Mit der Steuerwalze SW können demnach bei genügend

feiner Stufung der Widerstände die Zugkräfte praktisch stoßfrei geändert werden. Die Fahrkunst hängt daher nicht von den bekannten „wirtschaftlichen Geschwindigkeitsstufen“ ab, die das Ergebnis jeder Steuerung sind, die mit Reihennebenschaltung der Fahrmotoren arbeitet. Das ist auch der Sinn der ganzen Anordnung, die damit für den Verschiebebetrieb mit seinen ständig und stark wechselnden Zugkräften und Geschwindigkeiten besonders geeignet erscheint.



Im Schaltbild sind alle unwesentlichen Einzelheiten, wie Anlaßstufen zu AM und EM, Gegenerreregungen zu ZM und EG, Sicherungen und dergl. weggelassen. Die Schalter werden in der Reihenfolge eins bis vier eingelegt. Die Schaltwalze SW, der Fahrtwender FW, die selbsttätige Bremse u. a. sind bekannte Ausrüstungsteile. Nutzbremse ist möglich. Die umgebauten Lokomotiven sind schon 40 Jahre alt, entsprechen aber jetzt wieder voll den heutigen Anforderungen. Sch-1.

(Electr. Rly. Tract. 1937, Nr. 47.)

## Bücherschau.

**Die Einheitslokomotiven der Deutschen Reichsbahn im Bild.** Von Hermann Maey. Fünfte, neubearbeitete Auflage, Darmstadt 1937. 36 Seiten, Dinformat A 5. Verlag der Arbeitsgemeinschaft: Deutsches Lokomotivbild-Archiv, Darmstadt, Technische Hochschule und Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft m. b. H., Berlin NW 40. Preis 1,80 *R.M.*, für Reichsbahner und Studierende 1,60 *R.M.*.

Das schon früher im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. besprochene Heft ist in fünfter Auflage erschienen. Es sind nun auch die neuen Lokomotivbauarten aufgenommen worden, die seit dem Erscheinen der vierten Auflage im Jahr 1935 gebaut worden sind; das sind die Bauartreihen 41, 44 neu, 45, 71 mit Triebbraddurchmesser 1600 mm, 84 und 89. Leider fehlen die Stromlinienlokomotiven, die für den vorgesehenen Leserkreis besonders reizvoll gewesen wären.

Im gleichen Verlag ist ein weiteres, neues Heft aus derselben Schriftenreihe erschienen: **Die Schnell- und Leichttriebwagen der Deutschen Reichsbahn im Bild.** Von Dipl.-Ing. E. Born, VDI, WVV. 1936. 47 Seiten, Dinformat A 5. Preis 1,80 *R.M.*, für Reichsbahner und Studierende 1,30 *R.M.*.

Das Heft gibt einen kurzen Überblick über die wichtigsten Triebwagen mit und ohne eigene Kraftquelle, die z. Z. bei der Deutschen Reichsbahn laufen. Eine Einleitung schildert die Entwicklung, dann folgt eine Zusammenstellung der Hauptabmessungen, die die 39 guten Abbildungen zweckmäßig ergänzt. Bei der raschen Entwicklung im Triebwagenbau, die sogar dem Fachmann öfters den Überblick erschwert, ist das vorliegende Bändchen ein handliches Hilfsmittel zur Unterscheidung der vielerlei Bauarten. Darüber hinaus dürfte es bei der regen Beachtung, die alle Motorfahrzeuge heute in weitem Kreis finden, auch verkehrswerbend wirken. R. D.

*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.

Als Herausgeber verantwortlich: Direktor bei der Reichsbahn Dr. Ing. Heinrich Uebelacker in Nürnberg. — Verlag von Julius Springer in Berlin. Druck von Carl Ritter & Co., Wiesbaden.