

### Die Entwicklung des Triebwagens bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft\*).

Von Reichsbahndirektor Dr. Ing. e. h. Friedrich Fuchs.

Hierzu Tafel 2 bis 4.

#### I. Ältere Triebwagen.

Die schwere Wirtschaftskrise und der zunehmende Wettbewerb des Kraftwagens hat bei allen Eisenbahnen einen starken Rückgang des Verkehrs zur Folge gehabt. Besonders schwer lastet dieser Verkehrsschwund auf der Deutschen Reichsbahn. Während im Jahre 1925 noch 2106 Mio Personen mit 48,95 Mia Personenkilometer befördert werden konnten, haben im Jahre 1931 nur noch 1578 Mio Personen die Reichsbahn mit 36,92 Mia Personenkilometern benutzt, d. s. 75% des Personenverkehrs von 1925. Im Jahre 1932 ist der Personenverkehr aber noch weit stärker abgesunken. In den ersten 9 Monaten d. J. sind nur 993 Mio Personen gegen 1209 Mio im gleichen Zeitraum des Vorjahres mit 23,9 Mia Personenkilometern gegen 29,1 Mia im Vorjahr befördert worden, das entspricht einem weiteren Abfall um 18 v. H. in diesem kurzen Zeitraum.

Es liegt auf der Hand, daß die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft diesem Abschwinden des Verkehrs nicht tatenlos zusehen konnte. Sie suchte ihren Personenverkehr zu verbessern und zu verbilligen. Sieht man von den sehr wichtigen Maßnahmen auf dem Gebiete der Tarife ab, so verbleiben als Maßnahmen zur Verbesserung des Verkehrs dessen Beschleunigung und die Verdichtung des Fahrplans. Wie wohl alle Bahnen, so verfügt auch die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft infolge des Verkehrsrückgangs über einen leistungsfähigen Lokomotivpark, der eine gewisse Beschleunigung der Personenzüge ohne weiteres möglich macht. Die Umbildung des Fahrplans ist augenblicklich noch im Fluß. Der sehr erwünschten Verdichtung des Fahrplans sind aber durch die entstehenden Kosten Schranken gezogen. Der katastrophale Rückgang der Einnahmen hat vielmehr zu einer gewissen Einschränkung gezwungen. Aus dieser schwierigen Lage hat die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft wie viele andere Bahnen durch stärkere Verwendung von Triebwagen einen Ausweg zu finden gesucht. Die Zusammenstellung auf S. 47 enthält die wichtigsten Angaben über diese Wagen.

Schon vor dem Kriege hatten verschiedene deutsche Länderbahnen Triebwagen eingeführt. So hatten die früheren Württembergischen Staatsbahnen einen zweiachsigen Dampftriebwagen für Fahrgeschwindigkeiten bis 60 km/h entwickelt (Textabb. 1), bei dem eine Achse wie bei der Lokomotive mit waagrecht liegendem Triebwerk angetrieben wird. Der nur auf einer Seite befindliche Führerstand ist breiter gehalten als der Wagenkasten, so daß bei Rückwärtsfahrt der Führer am Wagen vorbeisehen kann. Der stehende Großwasserraum-Dampfkessel wird mit Kohlen beheizt. Von diesem Wagen stehen noch heute 14 im Betrieb.

Daneben hatten die preußischen Staatsbahnen zur Bedienung eines schwächeren Personenverkehrs Triebwagen mit elektrischen Speicherbatterien beschafft, die sich durch zuverlässigen Betrieb, geringe Unterhaltungskosten und bei angemessenen Strompreisen auch durch günstige Betriebs-

kosten auszeichnen. Die Batterien werden aus den Ortsnetzen aufgeladen und gewährleisten einen Fahrbereich von 130 km in der Waagerechten bei einer Fahrgeschwindigkeit von etwa 60 km/h. Die Wagen bestehen, wie Abb. 1 auf Taf. 2 erkennen läßt, aus zwei kurz gekuppelten Wagenhälften. Jede Wagenhälfte nimmt in einem Vorbau die Hälfte der Speicher auf und ist auf drei Achsen gelagert. Zwei Achsen liegen dicht nebeneinander unter dem Speichervorbau, während die dritte durch einen Elektromotor mit etwa 85 PS Dauerleistung angetrieben wird, so daß für den ganzen Wagen 170 PS zur Verfügung stehen. Daneben wurden auch einige Wagen mit Benzin- oder Dieselmotoren und elektrischer Übertragung

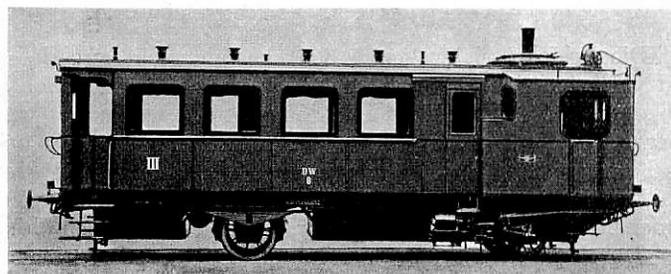


Abb. 1. Dampftriebwagen Bauart Kittel der Maschinenfabrik Eßlingen mit Kittel-Kessel.

Dampfswagen Nr. 8 der K. Württ. Staatseisenbahnen.  
Baujahr: 1905; Dampfdruck: 16 at; Achsstand: 5000 mm;  
Heizfläche: 33,6 m<sup>2</sup>; Zyl.-Durchm.: 220 mm; Dienstgewicht: 24,3 t;  
Rostfläche: 0,712 m<sup>2</sup>; Kolbenhub: 300 mm; Leergewicht: 17,5 t;  
Reibungsgewicht: 13,9 t; Sitzplätze: 32 + 8 (Gepäckraum);  
Fahrgeschwindigkeit vorwärts: 60 km/h;  
Fahrgeschwindigkeit rückwärts: 50 km/h.

beschafft, die sich aber damals nicht bewährten und später ausgemustert wurden. Nach dem Kriege wurden die Speichertriebwagen erheblich verbessert. Einmal gelang es durch zweckmäßigere Entwicklung der Speicher in dem zur Verfügung stehenden Raum der Vorbauten solche für einen Fahrbereich von 300 km unterzubringen. In den letzten Jahren wurden ferner Anlagen zum Aufladen der Speicher für selbsttätiges Abschalten des Ladestroms ausgebildet. Da der Fahrbereich von 300 km in den meisten Fällen für eine Tagesleistung ausreicht, kann die Speicherbatterie somit während der Nacht mit billigem Strom aufgeladen werden, ohne daß sie dabei überwacht zu werden braucht. Die Triebwagen haben auf jeder Seite einen Führerstand, der zugleich Einsteigeräum ist, einen Abort und etwa 76 Sitzplätze. Leider ist ihr Gewicht von etwa 68 t, wovon etwa 20 t auf die Speicher entfällt, sehr hoch. Von diesen Wagen stehen noch 143 im Betrieb, davon etwa 115 mit dem größeren Fahrbereich von 300 km.

Nach dem Kriege wurde versucht, durch eine günstigere Bauart an Gewicht zu sparen und in den Jahren 1925 bis 1928 noch 18 Speichertriebwagen mit einem Fahrbereich von 200 km beschafft, der mit den neuen verbesserten Speichern auf 250 km erweitert werden kann. Textabb. 2 und Abb. 2 auf Taf. 2 stellen den Wagen dar. Er ist ebenfalls aus zwei kurz

\*) Erweiterter Abdruck eines am 8. November 1932 in Paris im Rahmen der deutsch-französischen Wirtschaftskommission vor den Direktoren der großen französischen Eisenbahngesellschaften gehaltenen Vortrags.

gekuppelten dreiachsigen Hälften gebildet, bei denen aber der größte Teil der Speicher in Kästen untergebracht ist, die längs des Wagenkastens außerhalb der Langträger angebracht sind. Diese Wagen sind für eine Fahrgeschwindigkeit von 70 km/h gebaut, wiegen 70 t und haben zwei Elektromotore von je 110 PS, einen Abort und etwa 100 Sitzplätze.

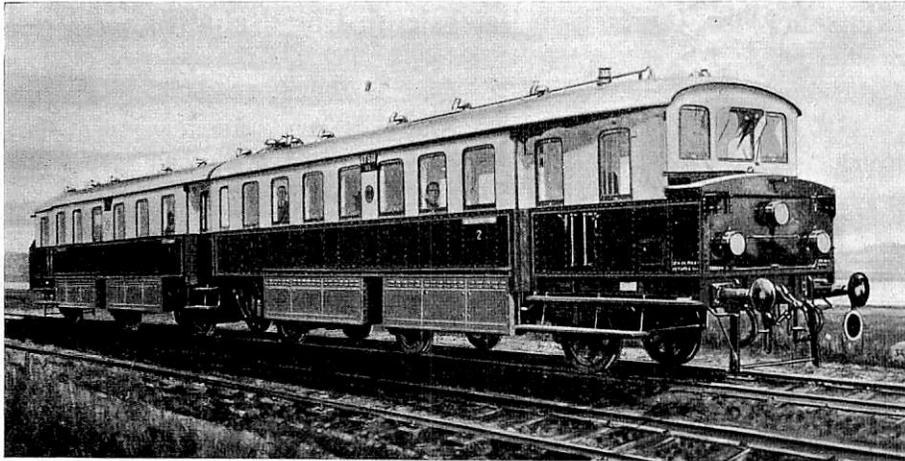


Abb. 2. Speichertriebwagen.

Die Speichertriebwagen haben sich als recht zuverlässig und wirtschaftlich erwiesen. Infolge ihres großen Gewichtes haben sie indes den Nachteil geringerer Beschleunigung und einer unerwünschten Abnahme der Fahrgeschwindigkeit und des Fahrbereiches bei Steigungen sowie der Abhängigkeit von den Ladestationen; zur Aufnahme des Wettbewerbs mit dem immer mehr sich entwickelnden Straßenverkehr erschien daher die Durchbildung besser geeigneter Triebwagen dringend erwünscht.

Zum Antrieb dieser Wagen konnten vorerst nur Verbrennungsmotoren in Frage kommen, die allein den Vorteil

45 Sitzplätze und wogen etwa 20 t, die vierachsigen Wagen bei 70 Plätzen etwa 40 t.

Mit Rücksicht auf die mit dem Benzolbetriebe verbundene Feuersgefahr, insbesondere auch bei Eisenbahnunfällen, und die vielfach höheren Brennstoffkosten gegenüber dem Rohölbetrieb wurde die Verwendung schnelllaufender leistungsfähiger Fahrzeugdieselmotoren sowohl für zweiachsige wie für vierachsige Wagen angestrebt.

Bereits im Jahre 1924 hatte der Maybach-Motorenbau seinen schnelllaufenden 150pferdigen Dieselmotor mit Einspritzung des Brennstoffs vermittelst Druckluft herausgebracht. Die Wagenbauanstalt Wismar der Eisenbahn-Verkehrsmittel A.G. (EVA) hatte den Motor mit einem ebenfalls von Maybach gelieferten Getriebe derart in das eine Drehgestell eines vierachsigen Wagens eingebaut, daß vom Getriebe eine Blindwelle und von dieser durch Kuppelstangen die beiden Drehgestellachsen angetrieben wurden. Der Wagen war 1924 auf der Eisenbahnausstellung in Seddin bei Berlin ausgestellt. Während die Getriebe niemals zu Anständen führten, mußte der Motor eine langjährige Entwicklung durchmachen, bis er den heutigen Stand der Betriebssicherheit erreichte. Dieser ältere EVA-Maybach-Wagen ist auf Textabb. 3 sowie Abb. 3 auf Taf. 2 dargestellt. Er hat 74 Sitzplätze, 1 Abort, Gepäckraum und wiegt 41 t. Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hat nach und nach 20 dieser Wagen beschafft, außerdem noch drei Gütertriebwagen für den Stückgutverkehr.

Daneben wurden aber auch kleine zweiachsige Wagen mit Dieselmotoren eingestellt. Zum Antrieb wurde der damals allein auf dem Markt vorhandene und mit luftloser Einspritzung des Brennstoffs arbeitende Fahrzeugdieselmotor von 75/90 PS der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg (MAN) in Ver-

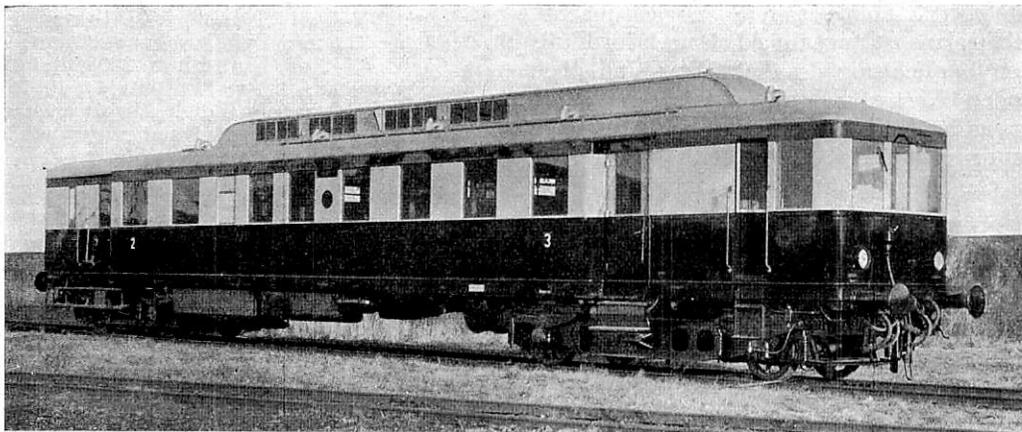


Abb. 3. 150 PS EVA-Maybach-Triebwagen.

steter Betriebsbereitschaft und geringer Energiekosten gewährleisten.

Da der Bedarf an Triebwagen im Verhältnis zu den hohen Entwicklungskosten nur gering sein konnte, mußte zur Herabminderung der Beschaffungskosten angestrebt werden, einen auch für andere Zwecke, Antrieb von Booten, Lastkraftwagen und Omnibussen, brauchbaren Motor zu verwenden. Das Getriebe mußte allerdings für die besonderen Verhältnisse des Antriebs von Eisenbahnwagenachsen durchgebildet werden. In den Jahren 1925 bis 1929 wurden zwölf zweiachsige und 16 vierachsige Triebwagen mit Benzolmotoren und Getriebeübertragung beschafft. Die zweiachsigen Wagen hatten rund

bindung mit dem von der Zahnradfabrik Friedrichshafen für Triebwagen durchgebildeten Sodengetriebe verwendet. Einen solchen Wagen zeigt Abb. 4 auf Taf. 2. Bei 46 Sitzplätzen wiegt er 21 t.

Allgemein machte man beim Betriebe dieser Wagen die Erfahrung, daß die Verhältnisse beim Triebwagen doch wesentlich anders lagen als beim Straßenfahrzeug. Wenn auch beim Bau der Wagen mit Rücksicht auf die zur Verfügung stehende geringe Motorleistung eine möglichst weitgehende Gewichtsverminderung angestrebt wurde, so hielt man doch noch grundsätzlich an dem üblichen Aufbau der anderen Eisenbahnwagen fest und sah insbesondere auch die Zug- und Stoß-

## Angaben über die auf Tafel 2 bis 4 dargestellten Triebwagen.

Taf. Abb.	Bauart des Wagens und Baujahr	Lieferer	Leer- gewicht in t	Motor- leistung in PS	Kraftübertragung	V	Zahl der Sitzplätze
				Umlauf- zahl in der Minute			
1	2	3	4	5	6	7	8
Taf. 2 Abb. 1	Sechssachsiger Speicher-Doppel- triebswagen Baujahr 1907/12	v. d. Zypen — SSW — AFA; LHB — AEG — AFA; Wumag — BEW — AFA	63,8	2 × 82 bis 2 × 110	Zahnradantrieb	60	12/66
„ 2	Sechssachsiger Speicher-Doppel- triebswagen Baujahr 1925/28	Wumag — Wegmann — Castell; SSW — AFA	70,0	2 × 110	Zahnradantrieb	60	14/74
„ 3	Vierachsiger dieselmechanischer Triebwagen Baujahr 1927/28	EVA — Maybach	41,4	150/1300	Vierstufiges Wechselgetriebe	65	12/62
„ 4	Zweiachsiger dieselmechanischer Triebwagen Baujahr 1925/27	Wegmann — MAN	21,0	75/1100	Fünfstufiges Wechselgetr. Soden	70	—/46
„ 5	Vierachsiger dieselelektrischer Triebwagen Baujahr 1930/31	EVA — Wismar — Maybach	52	410/1400	Elektrisch, Leonard	90	16/56
„ 6	Vierachsiger Steuerwagen Baujahr 1930	Westwaggon — MSW	38	—	—	—	23/48
„ 7	Zweiachsiger benzolmechanischer Triebwagen Baujahr 1931	Wumag — Maybach	13,3	100/1900	Vierstuf. Wechsel- getriebe Mylius	65	—/43
„ 8	Zweiachsiger Beiwagen Baujahr 1931	Wumag	9,0	—	—	—	—/44
Taf. 3 Abb. 9	Zweiachsiger benzolmechanischer Schienenomnibus Baujahr 1931/32	Henschel — LHB	11,9	100/1600	Dreistufiges Wechselgetriebe	60	—/46
„ 10	Zweiachsiger Dampftriebswagen (Doble) Baujahr 1931/32	Wegmann — Borsig	14,5	100	Zahnradantrieb	65	—/42
„ 11	Zweiachsiger dieselmechanischer Triebwagen Baujahr 1932	TAG — Daimler — LHB	14,5	125/1700	Vierstufiges Wechselgetriebe	72	—/40
„ 12	Zweiachsiger dieselelektrischer Triebwagen Baujahr 1932/33	MAN — BBC	16,5	150/1500	Elektrisch, Leonard	70	—/45
„ 13	Vierachsiger dieselmechanischer Triebwagen Baujahr 1931/32	Wumag — Maybach	28,5	175/1400	Vierstufiges Wechselgetriebe	80	8/55
„ 14	Vierachsiger Beiwagen Baujahr 1931	Wumag	18,0	—	—	—	—/90
„ 15	Vierachsiger dieselelektrischer Triebwagen Baujahr 1932	EVA — Maybach — BBC	41,6	410/1400	Elektrisch, Leonard	100	16/56
„ 16	Vierachsiger Steuerwagen Baujahr 1932	Wumag — AEG	20,0	—	—	—	—/82
Taf. 4 Abb. 17	Vierachsiger dieselelektrischer Triebwagen Baujahr 1932	MAN — Maybach — BBC	41,7	410/1400	Elektrisch	100	16/45
„ 18	Vierachsiger Steuerwagen Baujahr 1932	Wumag — BBC	21,0	—	—	—	16/58
„ 19	Vierachsiger dieselelektrischer Triebwagen Baujahr 1932	TAG — MWM	42,2	300/1100	Elektrisch, Lemp	90	14/52
„ 20	Vierachsiger Dampftriebswagen (Doble) Baujahr 1932/33	Wegmann — Borsig — Henschel	34,0	2 × 150	Zahnradantrieb	90	8/62
„ 21	Sechssachsiger Diesel-Schnelltrieb- wagen Baujahr 1931/32	Wumag — Maybach — SSW	74,4	$\frac{2 \times 410}{1400}$	Elektrisch, Gebus	150	102/—

Bemerkung: AFA = Akkumulatorenfabrik A. G. Berlin.  
Wumag = Waggon- und Maschinenbau A. G. Görlitz.  
EVA = Eisenbahn-Verkehrsmittel A. G.  
TAG = Triebwagenbau A. G.

MWM = Motorwerke Mannheim.  
LHB = Linke-Hofmann-Busch-Werke.  
MSW = Maffei-Schwartzkopff-Werke.

vorrichtungen der Regelbauart vor, um die Wagen in Züge einstellen zu können. Dabei sollten, um Kapital zu sparen, als Beiwagen vorhandene ältere leichte Wagen benutzt werden. Dadurch ergaben sich die hohen Gewichte dieser älteren

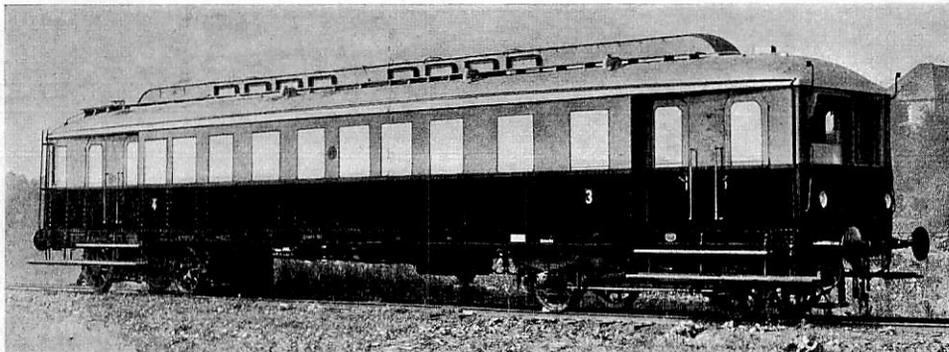


Abb. 4. Triebwagen mit 410 PS Maybach-Motor.

Wagen, die in sehr ungünstigem Verhältnis zu den verfügbaren Motor Kräften standen. Das hatte zur Folge, daß die Motoren und Getriebe im Gegensatz zum Straßenbetrieb ständig überlastet wurden, daher häufig Schaden litten und vorzeitig verschlissen.

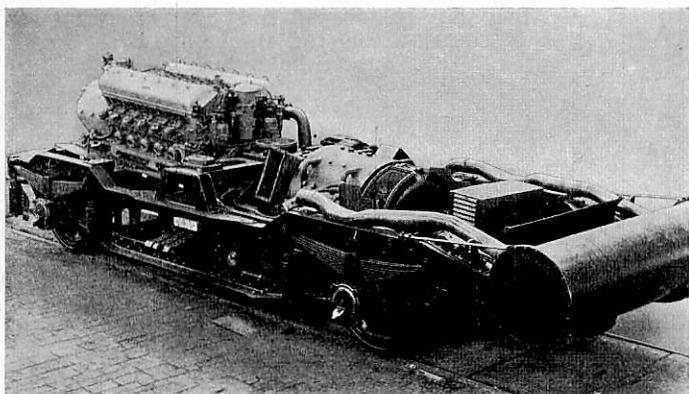


Abb. 5. Dieselmotor-Drehgestell des Triebwagens mit 410 PS Maybach-Motor.

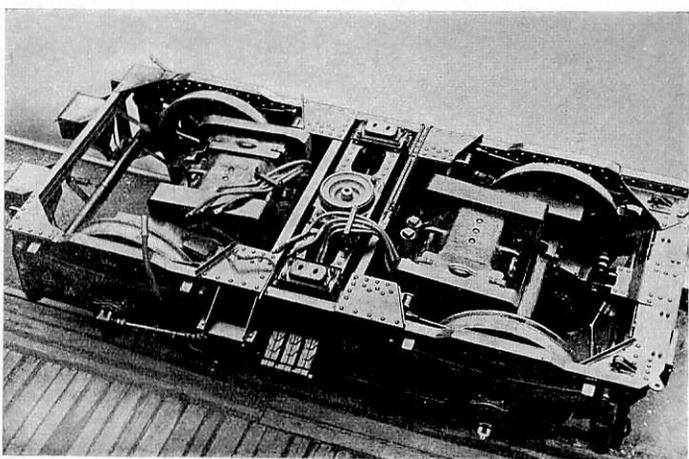


Abb. 6. Triebdrehgestell mit den Elektromotoren des Triebwagens mit 410 PS Maybach-Motor.

In dieser Erkenntnis war der Maybach-Motorenbau auf Drängen der Reichsbahn an die Durchbildung eines stärkeren Motors für vierachsige Triebwagen für Hauptbahnen herangegangen, dessen zwölf Zylinder in V-Form angeordnet sind und bei 1400 minutlichen Umläufen 410 PS leisten. An der

bewährten Druckluftspritzen des Brennstoffs wurde zunächst noch festgehalten. Bei den auftretenden Kräften konnte an eine Übertragung mit Zahnradgetriebe nicht mehr gedacht werden und so wurde eine elektrische Übertragung der Maffei-Schwartzkopff-Werke gewählt. Dieselmotor und Stromerzeuger nebst Erregermaschine wurden in dem einen Drehgestell untergebracht, während die Achsen des anderen Drehgestells durch Tatzenlagermotoren angetrieben werden. Der für eine Geschwindigkeit von 90 km/h vom Werk Wismar der EVA gebaute Wagen hat 72 Sitzplätze, einen kleinen Gepäckraum und wiegt 52 t. Auch dieser Wagen ist zwar möglichst leicht, aber doch nach der Art der übrigen Eisenbahnwagen gebaut und mit einem vierachsigen Steuerwagen gekuppelt, der mit einem Führerstand ausgerüstet ist und so vom Triebwagen auch geschoben

werden kann. Von diesen Wagen sind drei Stück kürzlich abgeliefert und für den Verkehr von Frankfurt (Main) nach Wiesbaden, Darmstadt usw. eingestellt worden. Als Steuerwagen wurden drei der neuentwickelten Eilzugwagen 3. Klasse verwendet, in die ein Führerabteil eingebaut wurde. Textabb. 4 sowie Abb. 5 auf Taf. 2 zeigen den Triebwagen und Abb. 6 auf Taf. 2 den Steuerwagen. Textabb. 5 gibt das Drehgestell mit dem Dieselmotor und Generator, Textabb. 6 das Triebdrehgestell mit den Elektromotoren wieder.

Im ganzen sind 65 Triebwagen der bisher erörterten älteren Bauarten mit Verbrennungsmotoren im Betriebe.

## II. Neue Triebwagen.

Inzwischen war der Bau der Straßenomnibusse weiter fortgeschritten. Die Industrie hatte für sie 100 bis 150 PS Motoren entwickelt, die ihnen eine Geschwindigkeit bis zu 80 km/h verliehen. Für die Schiene mußten daher ähnliche Verhältnisse angestrebt werden.

Besondere Schwierigkeiten ergaben sich nun, insbesondere auf den Nebenbahnen, dadurch, daß auf diesen Bahnen vielfach gemischte Personen- und Güterzüge gefahren wurden. Zweifellos wurde der Gesamtverkehr auf diese Weise am billigsten, der Personenverkehr aber auch am langsamsten bedient. Eine Beschleunigung des Personenverkehrs läßt sich daher nur durch Trennung vom Güterverkehr und Bedienung durch schnellfahrende Kleinzüge, also etwa durch Triebwagen erreichen. Der aufkommende Güterverkehr muß dann durch besondere Dampfzüge abgewickelt werden, deren Lokomotiven Sonntags auch zusätzlichen Stoßverkehr befördern können. Eine gewisse Schwierigkeit bieten die einzelnen aufkommenden Güterwagen mit Gütern wie Vieh usw., deren Beförderung keinen Aufschub verträgt. In der Regel wird sich zwar der Verfrachter nach der Abfuhrmöglichkeit erkundigen und seine Verladung entsprechend einrichten. Es könnte aber daran gedacht werden, diese Wagen zur Beschleunigung mit dem nächsten abgehenden Zuge mitzugeben, auch wenn es ein Triebwagen ist. Damit mußte aber der große Nachteil in Kauf genommen werden, daß die Zugkraft der Triebwagen u. U. auf die Mitnahme eines so schweren Wagens nicht eingerichtet ist, so daß durch das Einsetzen und die langsamere Beförderung erhebliche Verspätung entsteht, während aus Wettbewerbsgründen der Triebwagen doch gerade schnell und pünktlich fahren sollte. Es wird daher vorzuziehen sein, von der Mitgabe solcher Wagen überhaupt abzusehen und sie auf die verkehrenden Dampfzüge zu verweisen. Wo der Verkehr so dünn ist, daß auch nicht ein einziges Dampfzugpaar kleinsten Ausmaßes gefahren werden kann, wird zu erwägen sein, den Güter-

verkehr durch Kleinlokomotiven zu bedienen. Erscheint das nicht angängig oder zu teuer, so müßte auf den Einsatz von Triebwagen verzichtet werden.

Es kam nun vor allem darauf an, die Triebwagen unter Anlehnung an die Bauweise der Omnibusse möglichst leicht zu gestalten, um Anfahrbeschleunigung und Fahrgeschwindigkeit in der Steigung groß zu machen. Wenn die Wagen zur Einstellung in die Züge befähigt bleiben sollten, mußten sie auch in der Lage sein, die im Zugverkehr, namentlich beim Bremsen, auftretenden Stöße aufnehmen zu können und mit den üblichen Puffern und Zughaken versehen werden. Sie mußten sehr schwer werden. Auf diesem Wege konnte unmöglich die für einen Wettbewerb mit dem Kraftwagen erforderliche Reisegeschwindigkeit erzielt werden. Es kam daher in Frage, von Seitenpuffern überhaupt abzusehen. Da die Wagen aber doch in denselben Gleisen wie die übrigen Fahrzeuge verkehren mußten, waren beim Fehlen von Seitenpuffern häufige Beschädigungen der Wagenkästen zu befürchten. Es wurde daher vorgezogen, zwar Seitenpuffer anzubauen, diese aber, ebenso wie die Zugvorrichtungen dem besonderen Zweck entsprechend möglichst leicht zu gestalten, so daß ihre von der Regelbauart abweichende Form sofort in die Augen fällt. Dementsprechend werden Puffer und Zug-

diesen Grundsätzen eine Anzahl leichter Triebwagen entwickelt und die ersten davon kürzlich in Dienst gestellt.

Es wurden zwei- und vierachsige Wagen für Nebenbahnen und vierachsige Wagen für Hauptbahnen entworfen.

Alle Triebwagen erhalten neben der Handbremse eine Zweikammerluftdruckbremse und eine Totmannkurbel, so daß sie auch einmännig besetzt fahren können.

Für die Nebenbahnen wurden zunächst bei drei Wagenbauanstalten acht zweiachsige leichte Triebwagen beschafft, drei Wagen bei der Waggon- und Maschinenbau-AG., Görlitz (WUMAG) mit 100 PS Maybach-Benzolmotoren und Mylius-Zahnradgetrieben, ferner drei Wagen bei der Triebwagenbau AG. unter Herstellung des Wagenteils bei den Linke-Hofmann-Busch-Werken AG. (LHB) mit Vomag-Benzolmotoren von 120 PS und Zahnradgetrieben der Triebwagen AG. (TAG) und schließlich zwei Wagen bei den Vereinigten Westdeutschen Waggonfabriken (Westwaggon) in Köln mit 120 PS Daimler-Dieselmotoren und elektrischer Übertragung der S.S.W. nach dem Gebus-System. Die Wagen sind für eine höchste Fahrgeschwindigkeit von 65 km/h gebaut. Als Beispiel dieser sehr ähnlichen Wagen ist in Abb. 7, Taf. 2 der WUMAG-Wagen wiedergegeben. Er hat 43 Sitzplätze 3. Klasse und wiegt leer 13,3 t. Der eine Führerstand ist mit dem daneben-

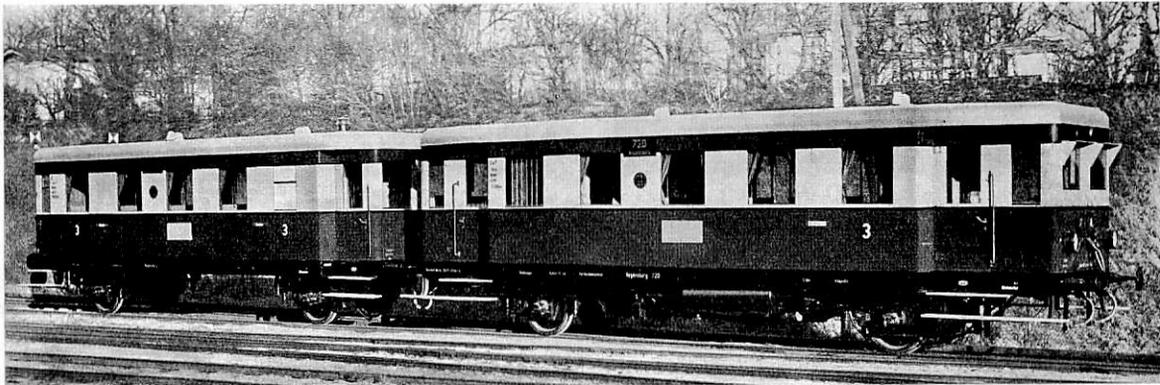


Abb. 7. Zweiachsiger Wumag-Triebwagen mit Beiwagen.

haken der zweiachsigen Wagen mit 4 t-Federn, die der vierachsigen Wagen mit 8 t-Federn ausgerüstet. Dadurch wird es möglich, daß der Triebwagen einen ebenso leicht gebauten Beiwagen von gleicher Achsenzahl mitnehmen kann. Jedem Triebwagen wird daher nur ein einziger Beiwagen zugeordnet werden, um gewisse Verkehrsstöße aufzunehmen, wie sie im Berufsverkehr unvermeidlich sind. Die lichte Weite der Kuppelbügel ist so groß gewählt, daß sie in einen Zughaken der Regelbauart eingehängt und die Wagen im Notfalle an ein gewöhnliches Fahrzeug angekuppelt werden können. Der Regel-Kuppelbügel kann aber nicht in den viel kleineren Zughaken der Triebwagen gehängt werden.

Unter dem Zwang zur äußersten Gewichtseinschränkung genügte der bei den übrigen Eisenbahnwagen angewandte Leichtbau nicht mehr, sondern wurde durch einen Spantenbau ersetzt. Die Tragkonstruktion wurde in die Längswände gelegt, wobei ein unten an der Seitenwand entlanglaufendes Z-Eisen den Untergurt und ein über den Fenstern verlaufendes gebogenes Längsblech den Obergurt bildet. Die Untergurte sind durch leichte U-Eisen und die Obergurte durch auf die Untergurte aufgesetzte Spanten aus Z-Eisen zu einem Kastengerippe verbunden. Ein solcher Kasten vermag aber nur geringe Längskräfte aufzunehmen, nur in solchem Ausmaße, wie sie sich aus der Mitnahme eines ebenso leichtgebauten Beiwagens ergeben. Niemals kann aber ein solcher Wagen in die anderen Züge eingestellt werden.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hat nun nach

liegenden Abteilraum zu einem kleinen Gepäckraum ausgebildet, in dem auch an einer Stange sechs Fahrräder aufgehängt werden können. Die Wagen haben elektrische Beleuchtung, der Beiwagen unter Anschluß an den Triebwagen. Zur Heizung wird die Abwärme des Motors ausgenutzt, während die Beiwagen eine Warmwasserheizung mit Narag-Kessel besitzen. Jeder Triebwagen ist mit einem Abort versehen. Gepäcknetze werden für die Folge sowohl bei den Triebwagen, wie den Beiwagen nur an den Längs- und Kopfwänden angebracht werden. Der zweiachsige leichte Beiwagen ist in Abb. 8 auf Taf. 2 wiedergegeben und der Triebwagen mit seinem Beiwagen in Textabb. 7 dargestellt.

Auch mit einem dem Straßenomnibus nachgebildeten Triebwagen soll ein Versuch gemacht werden, für den die Firma Henschel in Kassel den Rahmenbau und Motor geliefert hat. Der in Abb. 9 auf Taf. 3 wiedergegebene Triebwagen erhält jedoch zwei Führerstände. Er hat Mitteleinstieg, 46 Sitzplätze 3. Klasse, einen kleinen Gepäckraum und wiegt etwa 12 t. Sein 100 PS Benzolmotor verleiht dem Wagen über ein durchschaltbares Getriebe eine Fahrgeschwindigkeit von 60 km/h.

Schließlich wurde noch ein recht interessanter Versuch mit einem neuartigen Dampftriebwagen eingeleitet, dessen Dampfkessel nach Patent Doble sich durch besonders kleine Abmessungen auszeichnet und vollkommen selbstständig arbeitet, also keinerlei Wartung bedarf, so daß der Wagen auch einmännig bedient werden kann. Der Abdampf wird in einem Kühler niedergeschlagen und wieder verwendet. Der kalte

Kessel ist dabei in wenigen Minuten betriebsbereit. Der zweiachsige Wagen wird durch eine schnellaufende Verbunddampfmaschine angetrieben, die über ein Zahnradvorgelege nach Art der Straßenbahnmotoren die Triebachse antreibt und am Radumfang etwa 100 PS leistet. Der Dampfdruck des ölgefeuerten Kessels beträgt etwa  $100 \text{ kg/cm}^2$ . Abb. 10 auf Taf. 3 und Textabb. 8 stellt den Wagen dar, der 14,5 t wiegt und 42 Sitzplätze 3. Klasse hat. Er wird durch Abdampf geheizt und elektrisch beleuchtet. Der Wagen ist von Wegmann & Co. in Kassel, die Dobleanlage von A. Borsig in Berlin-Tegel geliefert.

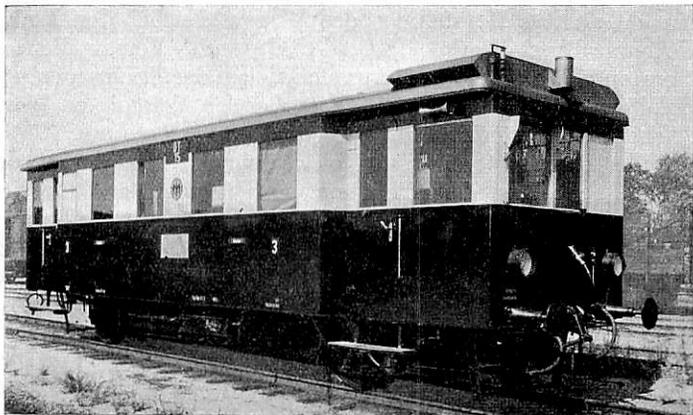


Abb. 8. Doble-Dampftriebwagen.

Nachdem sich gezeigt hat, daß der (neuerdings für eine Leistung von 135 PS entwickelte) 120 PS Daimler-Dieselmotor mit 1700minütlichen Umläufen auch bei unmittelbarer Aufhängung unter dem Wagenkasten erschütterungsfrei läuft und betriebssicher ist und nachdem die MAN einen schnellaufenden Triebwagen-Dieselmotor von 150 PS mit 1500 Umläufen in der Minute herausgebracht hat, der also neben dem oben erwähnten 150 PS Maybach-Motor mit

Wagen 45 Sitzplätze, einen Gepäckraum und einen Abort und sind für eine Fahrgeschwindigkeit von 70 km/h entworfen. Bemerkenswert ist, daß die MAN-Wagen außer der Kühlwasserheizung zum Heizen bei unbelastetem Motor eine elektrische Zusatzheizung erhalten werden, die sich bei einer gewissen Beanspruchung des Motors selbsttätig abschaltet. Zu Lasten des Haushalts 1933 sollen noch weitere zehn zweiachsige Wagen mit 120 PS Daimler-Dieselmotoren und TAG-Getriebe, sowie 14 zweiachsige Wagen mit 150 PS Dieselmotoren und Mylius-Getrieben beschafft werden; für die zweiachsigen Wagen ist also die elektrische Übertragung verlassen worden.

Der mit diesen Wagen erzielte technische Fortschritt ergibt sich aus der für 1 t Leergewicht verfügbaren Motorleistung, die bei diesen Wagen etwa 9 PS/t beträgt, während bei den älteren Wagen nur etwa 3,75 PS/t erreicht werden konnten.

Neben diesen zweiachsigen Wagen wurde für Nebenbahnen aus dem älteren EVA-Maybach-Wagen von der WUMAG in Görlitz ein neuer leichter vierachsiger Triebwagen entwickelt, bei dem die Achsen des den Maschinensatz aufnehmenden Drehgestells in derselben Weise wie beim alten Wagen durch Kuppelstangen von einer Blindwelle aus angetrieben werden. Die Motorleistung konnte aber vom Maybach-Motorenbau durch zweckmäßigere Ausbildung des Kolbens bei gleichbleibendem Brennstoffverbrauch bei 1400 Umläufen auf 175 PS gesteigert werden, wobei die bewährte Druckluft-einspritzung beibehalten wurde. Der in Abb. 13 auf Taf. 3 dargestellte Wagen hat einen geräumigen Gepäckraum, 8 Plätze 2. Klasse und 55 Plätze 3. Klasse, einen Abort und ist mit Warmwasserheizung versehen. Dabei ist es gelungen, das Leergewicht auf 28,5 t zu senken. Die Fahrgeschwindigkeit wurde auf 80 km/h erhöht, um den Wagen auch auf anschließenden Hauptbahnstrecken verwenden zu können. Die Stirnflächen sind mit Rücksicht auf die höhere Fahrgeschwindigkeit auf Grund von Anblaseversuchen im Windkanal abgerundet und die Kühler unter den Wagen gelegt und von der Motorwelle aus mechanisch belüftet.

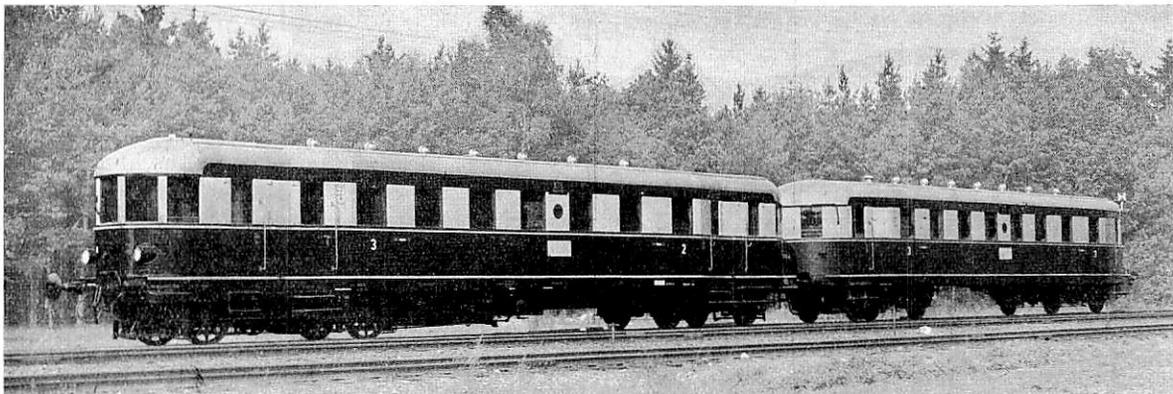


Abb. 9. Vierachsiger Triebwagen mit 175 PS Maybach-Motor und vierachsigem Beiwagen.

1400 Umläufen zur Verfügung steht, sollen für die Folge die zweiachsigen Triebwagen mit Verbrennungsmotoren nur noch 120/135 und 150 PS Dieselmotoren erhalten. Dementsprechend wurden zu Lasten der Haushaltsmittel für 1932 bei der Triebwagenbau-AG. (TAG) in Berlin zehn zweiachsige Triebwagen mit 120 PS Daimler-Dieselmotoren und TAG-Getriebe unter Herstellung des Wagenteils bei den Linke-Hofmann-Busch-Werken (LHB), und bei der MAN ebenfalls zehn Triebwagen mit 150 PS MAN-Dieselmotoren und elektrischer Kraftübertragung Bauart BBC bestellt. Der TAG-Wagen ist in Abb. 11 auf Taf. 3 und der MAN-Wagen in Abb. 12 auf Taf. 3 dargestellt. Der TAG-Wagen wird 14,5 t, der MAN-Wagen etwa 16,5 t wiegen. Die TAG-Wagen haben 40, die MAN-

Fünf Triebwagen dieser Bauart sind bisher dem Betriebe übergeben und haben sich bewährt; weitere 20 Wagen sind bestellt und 19 Wagen sollen demnächst in Auftrag gegeben werden. An Stelle des 175 PS Dieselmotors wird für die Folge ein 210 PS Maybach-Motor mit luftloser Einspritzung verwendet werden.

Zu diesem Wagen wurde in derselben Bauweise auch ein vierachsiger Beiwagen durchgebildet, der in Abb. 14 auf Taf. 3 wiedergegeben ist. Er hat 90 Sitzplätze 3. Klasse, einen Abort und wiegt 18 t. Die Beiwagen werden vom Triebwagen aus elektrisch beleuchtet und erhalten Warmwasserheizung. Zu jedem Triebwagen wird auch hier nur ein Beiwagen beschafft werden. Textabb. 9 zeigt den Triebwagen mit

Beiwagen, Textabb. 10 den Aufbau des Triebdrehgestells und Textabb. 11 einen Blick in das Innere des Beiwagens.

Für die Hauptbahnen kommen mit Rücksicht auf die größeren Fahrgeschwindigkeiten nur vierachsige Triebwagen in Frage. Es sind zwei Gattungen entwickelt worden, solche mit einer Fahrgeschwindigkeit von 100 km/h für Eilzüge und mit 90 km/h für Personenzüge. Die Wagen erhalten, soweit sie von Dieselmotoren angetrieben werden, vorerst elektrische Übertragung.

Der Eilzugwagen erhält den zwölfzylindrigen 410 PS Maybach-Dieselmotor, der inzwischen auf luftlose Einspritzung umgestellt wurde. Der Dieselmotor und der mit ihm gekuppelte Stromerzeuger sind wieder in dem einen Drehgestell untergebracht, während die beiden Achsen des zweiten Drehgestells durch je einen Tatzenlagermotor angetrieben werden. Entsprechend der höheren Fahrgeschwindigkeit wurde die äußere Form des Wagens an Modellen im Windkanal eingehend untersucht. Auf Grund der Ergebnisse wurden die

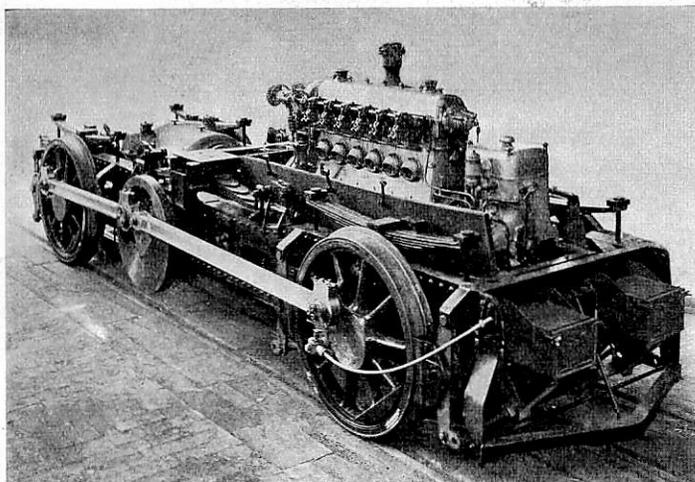


Abb. 10.

Motordrehgestell des Triebwagens mit 175 PS Maybach-Motor.

dieser Bauart wurden drei vierachsige Triebwagen der Triebwagenbau-AG. (TAG) in Auftrag gegeben. Die Wagen erhalten elektrische Übertragung der AEG nach Lemp. Dieselmotor und Generator sind wieder in dem einen, die beiden Elektromotoren im zweiten Drehgestell angeordnet. Der Wagen ist in Abb. 19 auf Taf. 4 wiedergegeben. Er hat 14 Plätze 2. Klasse, 52 Plätze 3. Klasse, einen kleinen Gepäckraum, einen Abort und wird durch eine Warmwasserheizung (Narag) erwärmt. Sein Gewicht wird etwa 42 t betragen.

Inzwischen wurde auch an der Entwicklung der Doble-Dampfanlagen weiter gearbeitet und als Einheit eine solche von 150 PS Dauerleistung am Radumfang durch die Firmen Borsig und Henschel durchgebildet. Die zweiachsigen Wagen werden eine, die vierachsigen zwei solcher Anlagen erhalten. Um sie zu erproben, wurden bei der Wagenbauanstalt Wegmann in Kassel drei vierachsige Wagen bestellt, die in Abb. 20 auf Taf. 4 dargestellt sind. Die beiden Kessel sind in einem Raum nebeneinander aufgestellt und liefern den Dampf für die beiden Tatzenlager-Dampfmaschinen, die die Achsen des

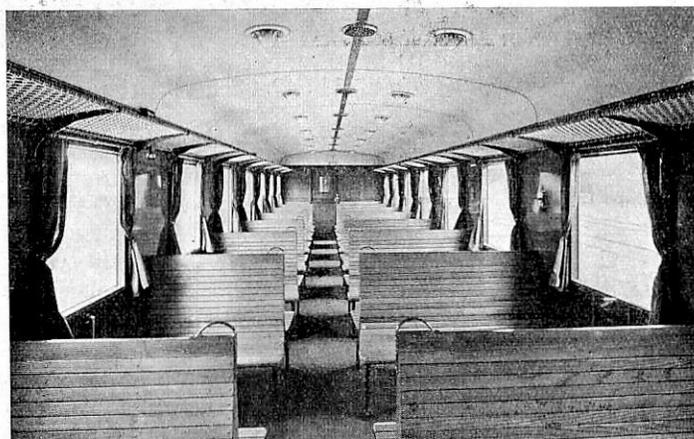


Abb. 11. Blick in das Innere des vierachsigen Beiwagens.

Stirnenden abgerundet und die Wagen unten ringsherum mit einer Blechschürze versehen. Die Kühler wurden am Wagenboden angeordnet. Wie Abb. 15 auf Taf. 3 zeigt, haben die von der EVA, Werk Wismar entworfenen Wagen 16 Sitzplätze 2. Klasse, 56 Sitze 3. Klasse, einen Gepäckraum und einen Abort. Sie werden leer 41,5 t wiegen und Warmwasserheizung erhalten. Der zugehörige in Abb. 16 auf Taf. 3 dargestellte Beiwagen ist aus dem vierachsigen Beiwagen für Nebenbahnen entwickelt, ebenfalls mit Schürze und als Steuerwagen mit einem Führerstand versehen. Er hat 82 Sitze 3. Klasse und wiegt 20 t. Zwischen Triebwagen und Steuerwagen vermitteln Brücken den Übergang des Zugpersonals. Von diesen Wagen sind drei bestellt. Die Beschaffung von weiteren 13 Wagen ist eingeleitet.

Eine recht interessante Abänderung dieses Triebwagens ist in Abb. 17 auf Taf. 4 dargestellt. Dieser Triebwagen ist für die besonderen Betriebsverhältnisse des dicht besiedelten Ruhrgebietes entworfen worden. Um ein schnelles Ein- und Aussteigen zu ermöglichen, hat er drei seitliche breite Schiebetüren erhalten. Der Wagen faßt 16 Sitzplätze 2. Klasse und 45 Sitzplätze 3. Klasse und wiegt etwa 42 t. Bei der MAN in Nürnberg sind fünf dieser Wagen in der Herstellung begriffen. Der zugehörige, in Abb. 18 auf Taf. 4 dargestellte Steuerwagen ist entsprechend durchgebildet worden.

Die Motorenwerke Mannheim (MWH) haben inzwischen einen sechszylindrigen Dieselmotor mit luftloser Einspritzung entwickelt, der nach dem Benzschen Vorkammerverfahren arbeitet und bei 1400 Umläufen 300 PS leistet. Zur Erprobung

unter dem Kesselraum liegenden Drehgestelles antreiben. Am Radumfang werden daher 300 PS abgegeben werden können. Der Wagen wird im übrigen 8 Sitzplätze 2. Klasse, 62 Sitzplätze 3. Klasse, einen Gepäckraum und einen Abort erhalten und seine höchste Fahrgeschwindigkeit 90 km/h betragen.

Schließlich soll noch kurz auf einen Schnelltriebwagen\*) eingegangen werden, der für den Schnellverkehr zwischen großen Städten entworfen wurde und nach Beendigung der zur Zeit stattfindenden Probefahrten auf der Strecke Berlin—Hamburg in Betrieb genommen werden soll. Der Wagen ist als Doppelwagen ausgebildet. Beide Wagenhälften ruhen in der Mitte auf einem gemeinsamen Drehgestell und an den Enden auf je einem weiteren Drehgestell. In den beiden Enddrehgestellen sind zwei 410 PS Maybach-Dieselmotoren mit luftloser Einspritzung und mit elektrischer Kraftübertragung der SSW nach dem Gebus-System eingebaut. Jeder Dieselmotor ist mit einem Generator gekuppelt, dessen Strom je einem der beiden im mittleren Drehgestell angeordneten Tatzenlager-Elektromotoren zugeleitet wird. Die Kraftanlage ist für eine betriebsmäßige Fahrgeschwindigkeit von 150 km/h bemessen. Da bei einer so großen Fahrgeschwindigkeit der Luftwiderstand eine überragende Bedeutung gewinnt, wurde die günstigste äußere Form des Triebwagens im Windkanal ermittelt. Die Kopfenden erhielten eine entsprechende Stromlinienform und der ganze Wagen ringsherum eine tief herabhängende Blechschürze. Die Kühler liegen unter den

\*) Eine ausführlichere Beschreibung gibt der Aufsatz von Dr. Ing. e. h. Fuchs-Breuer in der Z. VDI vom 21. Januar 1933.

Wagenkästen und werden mechanisch belüftet. Die Doppelwagen enthalten 102 Sitzplätze 2. Klasse, einen Erfrischungsraum, Gepäckraum, zwei Aborte und wiegt etwa 76 t. Mit Rücksicht auf die hohe Fahrgeschwindigkeit wurden die Bremsen besonders sorgfältig durchgebildet. Mit jedem Rad ist

## 2. Abschreibungen

- a) 3 v. H. für den Wagenteil
- b) 4 v. H. für den elektrischen Teil
- c) 8 v. H. für Motor und Getriebe
- d) 4 v. H. für die Dampflokomotiven.

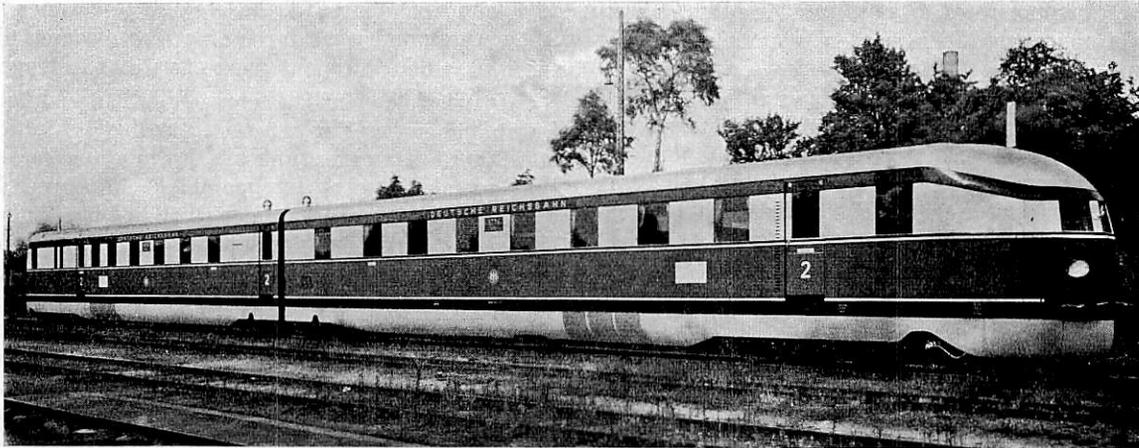


Abb. 12. Schnelltriebwagen mit 2 Maybach-Motoren von je 410 PS.

eine Bremstrommel verbunden, auf die zwei mit Ferrodoasbest belegte Bremsklötze einer Einkammer-Druckluftbremse wirken. Zur Abkürzung des Bremsweges in Notfällen ist jedes Drehgestell außerdem auf jeder Seite mit einem Bremschuh einer von der Knorrbremse entworfenen Magnet-Schienenbremse ausgerüstet. Der Wagen ist in Abb. 21 auf Taf. 4 und in Textabb. 12 und 13 dargestellt.

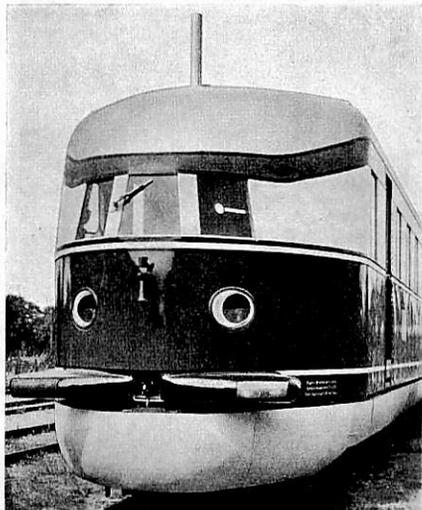


Abb. 13.

Vorderansicht des Schnelltriebwagens.

Wie die gegebene Übersicht erkennen läßt, steht der Eisenbahntriebwagen noch mitten in der Entwicklung. Die Deutsche Reichsbahn hat bisher noch keine Versuche mit besonders leicht gebauten Einzelwagen gemacht, wie sie besonders in Frankreich in der Michelin oder Pauline durch-

gebildet wurden, und möchte vorerst die mit ihren Fahrzeugen im Betrieb erzielten Ergebnisse abwarten.

### III. Vergleichende Berechnung der Betriebskosten von Kleinzügen.

Von besonderem Interesse ist die Frage, wie sich die Betriebskosten der Triebwagen im Verhältnis zueinander und im Vergleich zum Betriebe mit etwa gleichwertigen leichten Dampfzügen stellen. Unmittelbare Vergleichsversuche sind nicht angestellt worden. Es liegen aber sowohl aus dem Betriebe der Triebwagen wie der Dampfzüge ausreichend zuverlässige Unterlagen vor, um die Frage der Lebensdauer der einzelnen Bauteile, der Unterhaltungskosten und des Stoffverbrauchs richtig beurteilen zu können.

Die Kosten enthalten:

1. Die Verzinsung der Beschaffungskosten mit 5 v. H.

## 3. Unterhaltungskosten

- a) 5 v. H. für die Speichertriebwagen
- b) 7,5 v. H. für die Dampflokomotiven und Wagen
- c) 10 v. H. für die Motoren und Getriebe.

4. Einen Zuschlag von 8 bis 10 v. H. auf die Kosten zu 1 bis 3 zur Berücksichtigung der Bereitschaften während der Ausbesserungszeiten.

Dabei wird zwischen Nebenbahnen und Hauptbahnen zu unterscheiden sein, weil die Betriebsanforderungen und Fahrzeuge beider Bahnen zu sehr voneinander abweichen, um einen unmittelbaren Vergleich der Betriebskosten zuzulassen.

#### A. Nebenbahnen.

Zum Vergleich sind für Nebenbahnen herangezogen:

a) ein Speichertriebwagen mit zwei zweiachsigen leichten Beiwagen von je 13 t, unter der Annahme, daß auf 1000 Triebwagenkilometer im Mittel 1800 kWh Ladestrom zum Preise von 0,06 *RM* verbraucht werden;

b) der Speichertriebwagen zu a ohne Beiwagen, mit einem Stromverbrauch von etwa 1400 kWh;

c) ein 120 PS zweiachsiger Dieseltriebwagen mit einem zweiachsigen Beiwagen von 10 t, der auf 1000 Triebwagenkilometer 250 kg Dieselöl zum Preise von 0,08 *RM* benötigt;

d) ein 175 PS vierachsiger Dieseltriebwagen, mit einem vierachsigen Beiwagen von 18 t Gewicht, unter Annahme eines Brennstoffverbrauchs von 580 kg zum Preise von 0,08 *RM* auf 1000 Triebwagenkilometer;

e) ein kleiner Dampfzug, bestehend aus einer 1 B1 Tenderlokomotive mit drei zweiachsigen Beiwagen, davon ein Wagen mit Gepäckraum, für die ein Kohlenverbrauch von 6,5 t auf 1000 Lokomotivkilometer zum Preise von 23 *RM* angesetzt werden kann;

f) derselbe kleine Dampfzug wie unter e), jedoch mit vier zweiachsigen Wagen, davon ein Wagen mit einem Gepäckraum, mit einem Kohlenverbrauch von 7,0 t auf 1000 Lokomotivkilometer.

Berechnet man nun an Hand der im Anhang gegebenen Unterlagen die Selbstkosten unter der Voraussetzung, daß die Triebwagen täglich 330 km, der Lokomotivzug wegen der längeren Wendezeiten aber nur 300 km leistet, so ergibt sich ein Aufwand

für 100 Sitzplätze und 100 km

beim Speicherzug	a mit 196 Sitzplätzen	von 39,86 <i>R.M.</i>
„ Speicherwagen	b „ 88 „	„ 65,34 „
„ Dieselzug	c „ 93 „	„ 38,81 „
„ „	d „ 155 „	„ 32,67 „
„ Dampfzug	e „ 121 „	„ 64,26 „
„ „	f „ 168 „	„ 49,52 „

Die gegebenen Zahlen müssen beim Vergleich besonders gewertet werden. Insbesondere ist bei dem scheinbar recht günstig dastehenden Speicher-Triebwagenzug a zu berücksichtigen, daß er keinen Gepäckraum enthält und im Verhältnis zur Triebkraft von 210 PS ein recht großes Leergewicht von 96 t hat, so daß auf 1 t nur etwa 2,2 PS kommen, die allerdings vorübergehend auf etwa 3,3 PS gesteigert werden können.

Günstiger werden die Verhältnisse, wenn der Speichertriebwagen allein dem Verkehr genügt. Auf 1 t Leergewicht entfallen dann 3 PS, die vorübergehend auf etwa 4,5 PS gesteigert werden können. Damit würden zwar die Beschleunigungsverhältnisse des kleinen Dieseltriebwagens c erreicht, der bei einem Wirkungsgrad der Übertragung  $\mu = 0,9$  etwa 4,5 PS je t aufweist. Aber diese Leistung steht bei dem Wagen c dauernd, also auch bei häufigem Beschleunigen und vor allem auch auf Steigungen zur Verfügung. Gerade bei Nebenbahnen, die zahlreiche und größere Steigungen aufweisen und deren Züge oft anhalten, ist eine ausreichende Motorleistung von besonderer Bedeutung. Zieht man noch die wesentlich geringeren Kosten des Wagens c in Betracht, so erkennt man ohne weiteres seine Überlegenheit. Der vierachsige Dieseltriebwagenzug d ist hinsichtlich der Motorleistung bei 175 PS auf 46,5 t Leergewicht, also rund 3,8 PS auf 1 t etwas weniger günstig als der kleine Dieselzug c, dafür aber recht wirtschaftlich. Wie schon erwähnt wird dieser Triebwagen für die Folge mit einem 210 PS Motor geliefert werden, so daß dann 4,1 PS beim Wagen mit Beiwagen und 6,6 PS auf 1 t Leergewicht beim allein fahrenden Wagen verfügbar sind.

Besonders interessant ist nun der Vergleich mit den beiden Dampfzügen. Hier muß dem Platzangebot entsprechend der Dampfzug e mit dem Triebwagenzug c und der Dampfzug f mit dem Triebwagenzug d verglichen werden, da es keinen Zweck hat, nicht benötigte Wagen mitzuführen. Hier läßt die obige Zusammenstellung deutlich die Überlegenheit des Dieseltriebwagens erkennen. Die Dampflokomotive hat allerdings den Vorzug großer Überlastbarkeit, so daß plötzlicher Verkehrsandrang durch Verstärkung des Zuges in gewissen Grenzen ohne weiteres bewältigt werden kann. Demgegenüber wirbt der wesentlich sauberere und rauchfreie Betrieb zugunsten des Triebwagens. Auch werden sich beim Dieselwagen weitere Ersparnisse unter Umständen und namentlich mit Rücksicht auf die einfachen Betriebsverhältnisse vieler Nebenbahnen noch dadurch erzielen lassen, daß der Wagen nur mit einem Mann besetzt wird.

## B. Hauptbahnen.

Für die Hauptbahnen sind vorerst Triebwagen mit 410 PS Maybach-Motoren entwickelt und in Betrieb genommen worden, die einen eilzugmäßigen Betrieb ermöglichen. Die wirtschaftlichen Untersuchungen sollen daher auf derartige Wagen beschränkt und in Vergleich gesetzt werden mit einem Dampfzug, der ein ähnliches Platzangebot liefert. Demgemäß sollen verglichen werden:

g) ein vierachsiger 410 PS Maybach-Dieseltriebwagen Leergewicht 42 t mit einem vierachsigen Steuerwagen von 20 t, der auf 1000 Triebwagenkilometer 790 kg Treibstoff zum Preise von 0,08 *R.M.*/kg verbraucht;

h) ein Dampfzug, bestehend aus einer (bei der Reichsbahn z. Z. noch nicht vorhandenen) 1C2 Schnellzugtenderlokomotive und drei vierachsigen Eilzugwagen, für die mindestens ein Kohlenverbrauch von 9 t zum Preise von 23,00 *R.M.* anzusetzen ist.

Für den Triebwagenzug ist eine tägliche Leistung von 500 km, für den Dampfzug wegen der erforderlichen längeren Wendezeiten zum Aufrüsten der Lokomotive von 450 km gewählt.

Unter diesen Annahmen ergibt sich nach der als Anhang beigefügten „Berechnung der Betriebskosten“ folgender Aufwand:

für 100 Sitzplätze und 100 km

beim Triebwagenzug g	mit 164 Sitzplätzen	von 27,35 <i>R.M.</i>
„ Dampfzug h	„ 192 „	„ 36,56 „

Beim Vergleich dieser Zahlenwerte stellt sich der Dieselwagen um etwa ein Drittel billiger als der Dampfzug.

Zusammenfassend kann man also sagen, daß die aus einem Dieseltriebwagen und einem Beiwagen bestehende Zug-einheit einem Dampfzug von gleichen Fassungsvermögen betrieblich und wirtschaftlich überlegen ist. Voraussetzung ist dabei, daß der Dieseltriebwagen so betriebssicher durchgebildet ist, daß er ausreichend lange Laufzeiten (etwa 80000 bis 100000 km) zwischen zwei Hauptausbesserungen durchhält. Diese Forderung kann heute als erfüllt gelten. Allerdings hat zur Erreichung dieses Zieles sowohl von der Motorenindustrie wie von der Reichsbahn sehr viel Lehrgeld gezahlt werden müssen. Das Bedienungs- wie Unterhaltungspersonal muß eine besonders sorgfältige Ausbildung erfahren, an der es zu Anfang fehlte. Auch konnten die zur sachgemäßen Unterhaltung erforderlichen Einrichtungen in den Betriebs- und Ausbesserungswerken erst allmählich auf Grund der gewonnenen Erfahrungen geschaffen werden. Heute kann jedenfalls gesagt werden, daß die erzielten kilometrischen Leistungen der Dieselwagen befriedigen. Dabei ist die Weiterentwicklung sowohl der Motoren wie der Getriebe in vollem Zuge, so daß noch mit einer Verbesserung der Verhältnisse zu rechnen ist.

Überblickt man nun das Problem des Triebwagens, so stellen sich vor allem folgende Fragen heraus, von deren Beantwortung die technische und betriebliche Entwicklung vollständig abhängt.

1. Sollen die Triebwagen grundsätzlich nur als Einzelwagen fahren?
2. Sollen dabei die für den übrigen Zugverkehr geschaffenen Sicherungsanlagen in Wirksamkeit bleiben?
3. Wenn die Möglichkeit des Mitnehmens von Beiwagen vorgesehen werden soll, genügt es, einen leichten Beiwagen besonderer Bauart beizustellen, oder
4. soll auch ein Güterwagen oder Personenwagen der Regelbauart mitgenommen werden können, oder
5. wird die Forderung erhoben, den Triebwagen auch in die übrigen Züge einstellen zu können?

Die Beantwortung dieser Fragen führt zu grundsätzlich verschiedenen Bauarten, die die Betriebsführung stark beeinflussen. Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, daß die Reichsbahn bei den Speichertriebwagen und älteren Wagen mit Verbrennungsmotoren an der Forderung zu 5 festgehalten hat, sie aber zur Erzielung größerer Reisegeschwindigkeit fallen lassen mußte und ihre neuen Wagen unter Bejahung der Frage 2 so baut, daß sie nach Ziffer 3 einen leichten Beiwagen besonderer Bauart mitnehmen und im Notfalle mit einem Fahrzeug der Regelbauart gekuppelt werden können.

**Anhang.**

**Berechnung der Betriebskosten von Kleinzügen.**

**1 C 2 Schnellzugtenderlokomotive mit 3 vierachsigen Eilzugwagen.**

Lokomotive:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	14 000 <i>RM</i>
Unterhaltung . . . . .	12 000 „
3 Eilzugwagen, davon 1 Wagen mit Gepäckabteil:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	12 320 „
zusammen . . . . .	
	<u>38 720 <i>RM</i></u>
Hierzu 10% Reserve . . . . .	
	3 872 „
Lokomotivschuppen:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	1 400 „
4 Lokomotivbedienstete } einschließl. Nebengebühren	23 664 „
2 Schaffner } und sozialer Lasten	10 488 „
zusammen . . . . .	
	<u>78 144 <i>RM</i></u>

Von diesen Kosten entfallen:	
auf einen Tag . . . . .	78 144 : 365 = 214,09 <i>RM</i>
auf einen Kilometer . . . . .	214,09 : 450 = 47,56 <i>Rpf</i>
Brennstoffkosten . . . . .	9,23/1000 = 20,70 „
Mineralschmieröl . . . . .	20,14/1000 = 0,28 „
Heißdampfzylinderöl . . . . .	2,29/1000 = 0,06 „
Speisewasser . . . . .	68,10/1000 = 0,68 „
Reinigung der Lokomotive:	
Betriebsstoffe, Putzwolle usw. . . . .	0,60 „
Reinigung der Wagen:	
Betriebsstoffe, Putzwolle usw. . . . .	0,40 „
zusammen . . . . .	
	<u>70,28 <i>Rpf</i></u>

Für 100 Sitzplätze je km sind aufzuwenden 70,28 · 100/192 = 36,56 *Rpf*

**1 B 1 Tender-Lokomotive mit 4 bzw. 3 zweiachsigen Beiwagen.**

Lokomotive:		4 Wagenzug	3 Wagenzug
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	9 000,00 <i>RM</i>	9 000,00 <i>RM</i>	
Unterhaltung . . . . .	7 500,00 „	7 500,00 „	
Beiwagen:			
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	8 416,00 „	6 312,00 „	
Unterhaltung . . . . .	7 890,00 „	5 918,00 „	
zusammen . . . . .		<u>32 806,00 <i>RM</i></u>	<u>28 730,00 <i>RM</i></u>
Hierzu 10% Reserve . . . . .		3 280,60 „	2 873,00 „
Lokomotivschuppen:			
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	1 400,00 „	1 400,00 „	
4 Lokomotiv- } einschließlich Neben-	23 664,00 „	23 664,00 „	
bedienstete } gebühren u. sozialer	10 488,00 „	10 488,00 „	
2 Schaffner } Lasten			
zusammen . . . . .		<u>71 638,60 <i>RM</i></u>	<u>67 155,00 <i>RM</i></u>

Von diesen Kosten entfallen:	
auf einen Tag . . . . .	71 638,60 : 365 = 196,27 <i>RM</i>
auf einen Kilometer . . . . .	196,27 : 300 = 65,42 <i>Rpf</i>
Brennstoffkosten . . . . .	7,23/1000 = 16,10 „
Speisewasser . . . . .	53,10/1000 = 0,53 „
Mineralschmieröl . . . . .	12,14/1000 = 0,17 „
Heißdampfzylinderöl . . . . .	2,29/1000 = 0,06 „
Reinigung der Lokomotive:	
Betriebsstoffe, Putzwolle usw. . . . .	0,60 „
Reinigung der Wagen:	
Betriebsstoffe, Putzwolle usw. . . . .	0,40 „
zusammen . . . . .	
	<u>83,28 <i>Rpf</i></u>

Für 100 Sitzplätze je km sind aufzuwenden  $\frac{83,28 \cdot 100}{(168) \text{ Sitzpl.}} = 49,52 \text{ *Rpf*}$   
(124) „ = 68,82 „

Jeder Wagen hat 47 Sitzplätze (davon ein Wagen 27).

**410 PS Dieseltriebwagen mit 1 vierachsigen Beiwagen.**

Dieseltriebwagen:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	15 700,00 <i>RM</i>
Unterhaltung . . . . .	16 000,00 „
Beiwagen:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	3 192,00 „
Unterhaltung . . . . .	2 992,50 „
zusammen . . . . .	
	<u>37 884,50 <i>RM</i></u>
zu übertragen . . . . .	
	<u>37 884,50 <i>RM</i></u>

Übertrag . . . . . 37 884,50 *RM*

Hierzu 10% Reserve . . . . .	3 788,45 „
Triebwagenschuppen und Tankanlage:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	1 400,00 „
2 Triebwagenführer } einschließlich Nebengebühren	11 568,00 „
2 Schaffner } und sozialer Lasten	10 488,00 „
zusammen . . . . .	
	<u>65 128,95 <i>RM</i></u>

Von diesen Kosten entfallen:

auf einen Tag . . . . .	65 128,95 : 365 = 178,41 <i>RM</i>
auf einen Kilometer . . . . .	178,41 : 500 = 35,68 <i>Rpf</i>
Treibstoff . . . . .	790,8/1000 = 6,32 „
Motorenzylinderöl . . . . .	40,60/1000 = 2,40 „
Mineralschmieröl . . . . .	2,14/1000 = 0,03 „
Reinigung der Wagen, Betriebsstoffe, Putzwolle usw. . . . .	0,40 „
zusammen . . . . .	
	<u>44,83 <i>Rpf</i></u>

Für 100 Sitzplätze je km sind aufzuwenden 44,83 · 100/164 = 27,35 *Rpf*  
Der Dieselwagen hat 72, } zusammen 164 Sitzplätze.  
der Beiwagen 92 Sitzplätze }

**210 PS Speichertriebwagen.**

	mit 2 zwei-	ohne Bei-
	achsigen Bei-	wagen
Speichertriebwagen:		
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	9 235,00 <i>RM</i>	9 235,00 <i>RM</i>
Unterhaltung . . . . .	6 225,00 „	6 225,00 „
Beiwagen:		
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	3 680,00 „	
Unterhaltung . . . . .	3 450,00 „	
zusammen . . . . .		<u>15 460,00 <i>RM</i></u>
Hierzu 8% Reserve . . . . .		
	1 807,20 „	1 236,80 <i>RM</i>
Triebwagenschuppen und Lade-		
anlage:		
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	2 800,00 „	2 800,00 „
2 Triebwagen- } einschließlich Neben-	10 968,00 „	10 968,00 „
fürer } gebühren und sozialer		
2 Schaffner } Lasten	10 488,00 „	10 488,00 „
zusammen . . . . .		<u>40 952,80 <i>RM</i></u>

Von diesen Kosten entfallen:

auf einen Tag . . . . .	48 653,20 : 365 = 133,30 <i>RM</i>	112,21 <i>RM</i>
auf einen Kilometer . . . . .	133,30 : 300 = 44,43 <i>Rpf</i>	37,40 <i>Rpf</i>
Stromkosten 1800,6/1000	1400,6/1000 = 10,80 „	8,40 „
Motorenzylinderöl . . . . .	6,60/1000 = 0,36 „	0,36 „
Mineralschmieröl . . . . .	3,14/1000 = 0,04 „	0,04 „
Reinigung der Wagen, Betriebsstoffe,		
Putzwolle usw. . . . .	0,50 „	0,30 „
Unterhaltung und Erneuerung durch		
die AFA . . . . .	22,00 „	11,00 „
zusammen . . . . .		<u>78,13 <i>Rpf</i></u>

Für 100 Sitzplätze je km sind aufzu-  
wenden . . . . . 78,13 · 100/(196) (88) = 39,86 *Rpf* 88,78 *Rpf*  
Der Speichertriebwagen hat 88, der Beiwagen 54 Sitzplätze.

**175 PS Dieseltriebwagen mit 1 vierachsigen Beiwagen.**

Dieseltriebwagen:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	10 381,00 <i>RM</i>
Unterhaltung . . . . .	10 370,00 „
Beiwagen:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	3 192,00 „
Unterhaltung . . . . .	2 992,50 „
zusammen . . . . .	
	<u>26 935,50 <i>RM</i></u>
Hierzu 10% Reserve . . . . .	
	2 693,55 „
Triebwagenschuppen und Tankanlage . . . . .	
	1 400,00 „
2 Triebwagenführer } einschließlich Nebengebühren	11 568,00 „
2 Schaffner } und sozialer Lasten	10 488,00 „
zusammen . . . . .	
	<u>53 085,05 <i>RM</i></u>

Von diesen Kosten entfallen:	
auf einen Tag . . . . .	$53\,085,05:365 = 145,44 \text{ RM}$
auf einen Kilometer . . . . .	$145,44:330 = 44,07 \text{ Rpfr}$
Treibstoff . . . . .	$580 \cdot 8/1000 = 4,64 \text{ „}$
Motorenzylinderöl . . . . .	$25 \cdot 60/1000 = 1,50 \text{ „}$
Mineralschmieröl . . . . .	$2 \cdot 14/100 = 0,03 \text{ „}$
Reinigung der Wagen:	
Betriebsstoffe, Putzwolle usw. . . . .	0,40 „
	<u>zusammen . . . . . 50,64 Rpfr</u>
Für 100 Sitzplätze je km sind aufzuwenden $50,64 \cdot 100/155 = 32,67 \text{ Rpfr}$	
Der Triebwagen hat 63, der Beiwagen 92 Sitzplätze.	
<b>120 PS Dieseltriebwagen mit 1 zweiachsigen Beiwagen.</b>	
Dieseltriebwagen:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	5 770,00 RM
Unterhaltung . . . . .	5 400,00 „
Beiwagen:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	3 565,00 „
	<u>zusammen . . . . . 14 735,00 RM</u>
	zu übertragen . . . . . 14 735,00 RM

Übertrag . . . . .	14 735,00 RM
Hierzu 10% Reserve . . . . .	1 473,50 „
Triebwagenschuppen und Tankanlage:	
Verzinsung und Abschreibung . . . . .	1 050,00 „
2 Triebwagenführer } einschließlich Nebengebühren	11 568,00 „
2 Schaffner } und sozialer Lasten	10 488,00 „
	<u>zusammen . . . . . 39 314,50 RM</u>
Von diesen Kosten entfallen:	
auf einen Tag . . . . .	$39\,314,50:365 = 107,71 \text{ RM}$
auf einen Kilometer . . . . .	$107,71:330 = 32,63 \text{ Rpfr}$
Treibstoff . . . . .	$250 \cdot 8/1000 = 2,00 \text{ „}$
Motorenzylinderöl . . . . .	$20 \cdot 60/1000 = 1,20 \text{ „}$
Mineralschmieröl . . . . .	$1 \cdot 14/1000 = 0,01 \text{ „}$
Reinigung der Wagen:	
Betriebsstoffe, Putzwolle usw. . . . .	0,25 „
	<u>zusammen . . . . . 36,09 Rpfr</u>
Für 100 Sitzplätze je km sind aufzuwenden $36,09 \cdot 100/93 = 38,81 \text{ Rpfr}$	
Der Triebwagen hat 46, der Beiwagen 47 Sitzplätze.	

### Der 410 PS dieselelektrische Triebwagen der Deutschen Reichsbahn.

Von K. Hille und K. Norden, Berlin.

Die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft hat bereits eine größere Zahl von Dieseltriebwagen kleinerer Leistung mit mechanischer Übertragung im Betrieb, die vorwiegend zur Beförderung von Personen auf Nebenstrecken dienen. Die gute Brauchbarkeit dieser Wagen und ihre vielseitige Verwendungsmöglichkeit ließen den Wunsch aufkommen, ähnliche Wagen, jedoch mit stärkeren Motoren und für höhere Fahrgeschwindigkeiten zu beschaffen, die auch auf den Hauptstrecken verkehren können. Eine wichtige Entwicklungsstufe bilden hierbei die drei im Jahre 1930 von der Deutschen Reichsbahn in Auftrag gegebenen vierachsigen Triebwagen mit 410 PS Maybach-Motoren und elektrischer Kraftübertragung.

Sie sollen insbesondere dazu dienen, die Verbindung zwischen benachbarten Großstädten (z. B. Frankfurt [Main], Wiesbaden, Mainz, Darmstadt) sowohl hinsichtlich Häufigkeit wie Schnelligkeit zu verbessern. Diese Triebwagen, über deren grundsätzliche Anordnung bereits in anderem Zusammenhang\*) berichtet ist, sollen im folgenden näher beschrieben werden. Infolge der hohen Drehzahl des hier verwendeten Dieselmotors konnten die Abmessungen des zugehörigen Dieselgenerators so weit eingeschränkt werden, daß die ganze Maschinengruppe einschließlich Erregermaschine in ein Drehgestell eingebaut werden konnte.

Für die Triebwagen kam nur eine elektrische Kraftübertragung in Betracht, da mit anderen Übertragungsarten die hier gestellten Aufgaben in befriedigender Weise nicht gelöst werden konnten. Wenn man die elektrische Übertragung mit der mechanischen Übertragung vergleicht, so muß zunächst zugegeben werden, daß die Übertragungsverluste bei der ersteren etwa doppelt so groß sind wie bei der letzteren. Daraus folgt bei elektrischer Übertragung ein etwas höherer Brennstoffverbrauch im Betriebe. Da jedoch der Anteil der Brennstoffkosten an den gesamten Betriebskosten verhältnismäßig klein ist, fällt der Mehrverbrauch nicht weiter ins Gewicht.

Aus dem kleineren Wirkungsgrad der elektrischen Übertragung darf jedoch nicht geschlossen werden, daß ein damit ausgerüstetes Fahrzeug im praktischen Betriebe nicht so hohe Zuggewichte befördern könnte wie mit mechanischer Übertragung, oder daß es bei denselben Zuggewichten nicht so hohe Geschwindigkeiten erreichen würde. In Abb. 1 ist die Zugkraftlinie für einen Dieseltriebwagen bei mechanischer und elek-

trischer Übertragung übereinander gezeichnet. Die Dieselleistung sei 150 PS. Die Verluste in den Zahnrädern sind über den ganzen Fahrbereich konstant zu 10% angenommen worden. Wenn das Drehmoment des Dieselmotors bei allen Drehzahlen konstant wäre, so würde der Zugkraftverlauf bei mechanischem Vierganggetriebe der punktierten Linie entsprechen. In Wirklichkeit nimmt aber das Drehmoment bei dem hier

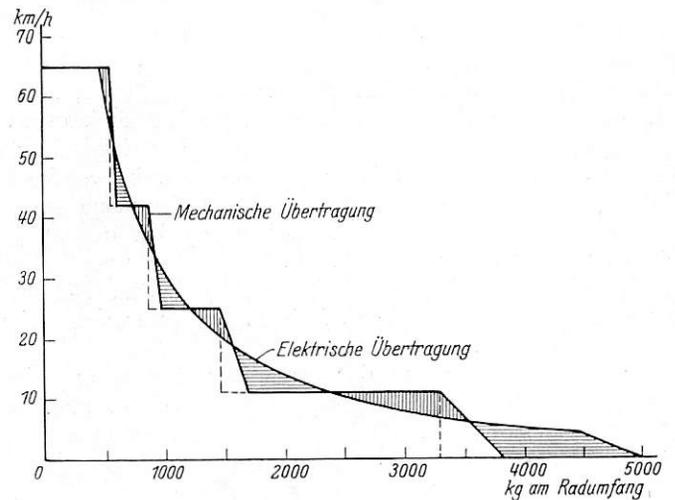


Abb. 1. Vergleich der Zugkraftlinien bei mechanischer und elektrischer Übertragung. Dieselleistung 150 PS.

betrachteten Motor mit fallender Drehzahl etwas zu, so daß die Zugkraft nicht nach der punktierten Linie, sondern nach der ausgezogenen Linie verläuft. Bei dieser Motoreigenschaft, die übrigens bei Vergasermotoren noch mehr hervortritt, ist die Ausnutzung gut. Man erkennt, daß die Zugkräfte an vielen Stellen des Arbeitsbereichs für beide Übertragungsarten gleich groß sind. An anderen Stellen ist die Zugkraft abwechselnd einmal bei der elektrischen und einmal bei der mechanischen Übertragung größer. Wenn man die Flächen für Mehr- und Minderleistung ausplaniert, so findet man, daß sie sich ungefähr ausgleichen, es ergibt sich sogar für die elektrische Übertragung ein Überschuß.

Die vorliegenden Triebwagen der Reichsbahn wurden mit Fernsteuerung ausgerüstet. Zu jedem Triebwagen wurde gleichzeitig ein Beiwagen mit einem Führerstand beschafft, der mit dem Triebwagen gekuppelt wird und mit diesem

\*) Vergl. M. Breuer, Z. VDI 1932, Nr. 4, S. 73.

zusammen eine Zugeinheit bildet. Als Steuerwagen sollte ein normaler, vierachsiger Eilzugwagen mit 80 Sitzplätzen und einem Gewicht von 38,4 t dienen. Zwischen beiden Wagen befindet sich ein Übergang. Der Steuerwagen hat eine eigene Lichtanlage mit Achsdynamo und eigene Narag-Heizung.

Nachstehend sollen nur die Triebwagen beschrieben werden, wobei auf die elektrische Ausrüstung und die Steuerung, die einige bemerkenswerte Neuerungen enthält, näher eingegangen wird.

**Fahrzeugteil** (geliefert von der Waggonfabrik Wismar).

Die äußere Ansicht des Triebwagens, ist in Abb. 2 dargestellt. Grundriß und Sitzplatzeinteilung gehen aus Taf. 2, Abb. 5 hervor (Tafel zum Aufsatz Fuchs). Der Triebwagen

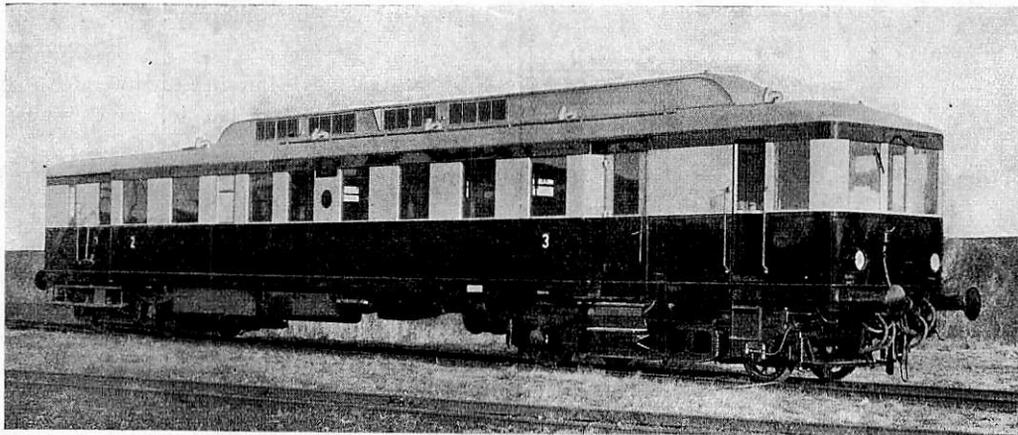


Abb. 2. EVA-Maybach-Triebwagen 410 PS.

hat zwei Drehgestelle, ein Maschinendrehgestell (siehe Abb. 5, Seite 48) mit 4,1 m Radstand, in welches der Dieselmotor mit Dieseldynamo und Erregermaschine, und ein Triebdrehgestell (siehe Abb. 6, Seite 48) mit 2,6 m Radstand, in welches die beiden Fahrmotoren eingebaut sind. Die Maschinengruppe ist so angeordnet, daß nur der Dieselmotor über den Wagerfußboden hinausragt; Drehzapfen, Generator und Erregermaschine befinden sich unterhalb des Fußbodens. Bei dieser Anordnung geht durch die Maschinenanlage nur wenig Fahrstrom verloren.

Der Dieselmotor und der Generator sind je auf einem Längsrahmen aufgesetzt, der in drei Punkten im Drehgestellrahmen aufgehängt ist. Die Anordnung im Drehgestell hat den Vorteil, daß die kleinen Schwingungen des Dieselmotors nicht auf den Wagenkasten übertragen werden. Um den Achsstand des Maschinendrehgestells nicht noch weiter vergrößern zu müssen, war es notwendig, die Maschinenachse nach hinten zu etwas zu neigen. Der Generator ist durch eine doppelte Gewebescheibekupplung mit dem Dieselmotor verbunden. Zwischen Motor und Generator befindet sich unmittelbar über der Kupplung das Lager für den Drehzapfen des Drehgestells, der in der üblichen Weise durch Querträger und Querfedern gegen den Drehgestellrahmen abgestützt ist. Der Dieselmotor ist zum Abdämpfen des Maschinengeräusches mit einer Blechhaube umgeben, über welcher sich außerdem noch eine Holzhaube befindet, so daß das Motorgeräusch selbst bei voller Drehzahl nicht störend wirkt. Die Auspuffgase werden auf dem Wagendach ins Freie geleitet.

Das Triebdrehgestell ist aus Blechen zusammengesetzt; es hat dreifache Abfederung mit querliegenden Wiegenfedern, Blattfedern über den Achsbuchsen und Schraubenfedern an den Blattfedergehängen.

Die Tatzenlagermotoren haben einseitigen Zahnradantrieb; sie sind durch kräftige Wickelfedern abgestützt. Am Triebdrehgestell sind vier Sandstreuer vorgesehen, wovon jeweils

zwei zum Sanden der vorauslaufenden Achse angestellt werden können. Auf der einen Seite des Drehgestells ist der Sicherheitsapparat für die Sicherheitsfahrerschaltung befestigt, der von einer Achse über ein Schneckengetriebe und eine Teleskopwelle angetrieben wird.

Der Triebwagen hat zwei Führerstände mit den zum Steuern und Bremsen notwendigen Apparaten. Zu jeder Führerstandsausrüstung gehören u. a.: ein Führerschalter zum Regeln von Zugkraft und Geschwindigkeit, zum Einstellen der Fahrtrichtung und der Dieseldrehzahl, ein Instrumentenkasten mit einem Voltmeter für die Erregerdynamo und einem Druckknopf zum Abstellen des Dieselmotors, ein elektrischer Fensterwischer, eine elektrische Fuß-

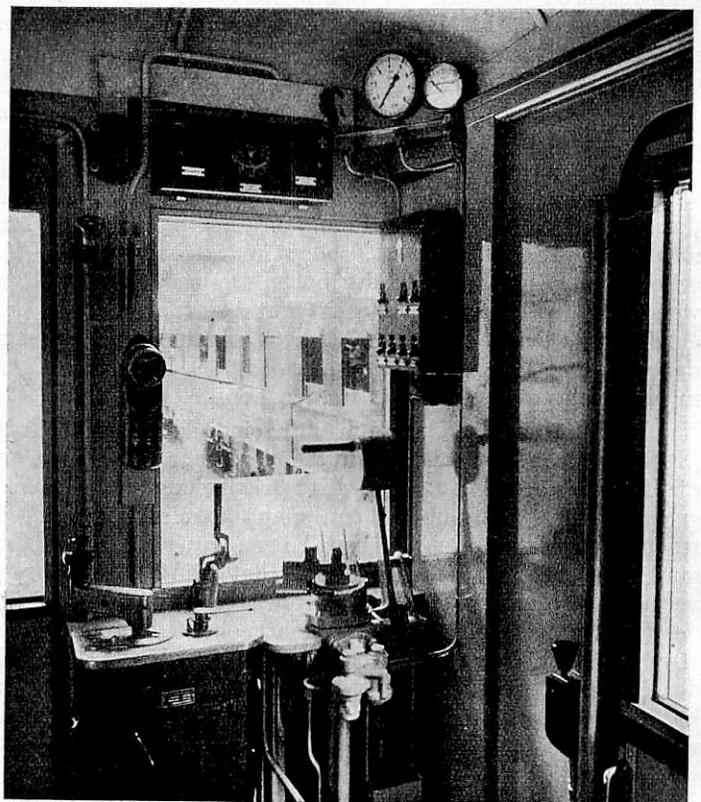


Abb. 3. Führerstand.

wärmeplatte und die Apparate für die Sicherheitsfahrerschaltung, wie Fußpedal, Druckknopf, Summer und Notschalter. Die Anordnung der Apparate ist aus Abb. 3 ersichtlich.

Außerdem befinden sich im vorderen Führerstand, der mit dem Maschinenraum zusammen einen gemeinsamen

Raum bildet: Das Ventil zum Anlassen des Dieselmotors, ein Tachometer für die Dieseldrehzahl und ein Thermometer für die Kühlwassertemperatur, eine Hauptschalttafel mit Schalter und Sicherungen für Lichtbatterie, Bremskompressor und Lüftermotoren, ein Volt- und Amperemeter für die Hauptdynamo. Alle übrigen Apparate, wie Fahrtwender, Feldschwächungsschutz, Motorsicherungen, Lichtbatterie und Bremskompressor sind unter dem Wagenkasten aufgehängt.

Auf dem Wagendach ist der Kühler für das Kühlwasser untergebracht. Um die Kühlwirkung unabhängig von der Wagengeschwindigkeit zu machen, sind vier Lüfter vorgesehen, die die Kühlluft durch den Kühler hindurchsaugen und nach oben ausblasen. Die Lüfter werden von je einem vertikalen Gleichstrommotor von 1,2 kW Leistung angetrieben. Die Motoren können zur Regelung der Kühlwirkung paarweise in Reihe und parallel geschaltet werden. Die Kühlwassertemperatur wird selbsttätig durch einen Temperaturregler geregelt, der auf eine bestimmte Temperatur eingestellt wird und entweder die ganze Kühlwassermenge oder nur einen Teil durch den Kühler leitet, so daß dem Motor immer Kühlwasser von gleichbleibender Temperatur zugeführt wird. Das Kühlwasser wird im Winter auch zum Heizen des Wagens verwandt; zu diesem Zweck befindet sich im Maschinenraum ein besonderes Umschaltventil, das eine beliebige Abstufung der Heizwirkung ermöglicht.

Zur Beleuchtung des Fahrgastraumes sind versenkt eingebaute Beleuchtungskörper vorgesehen. Die Beleuchtungskörper sind von einem verstellbaren Entlüftungsring umgeben, der durch einen Handgriff auf- oder zugemacht werden kann.

Die Wagen sind mit einer Einkammerdruckluftbremse, Bauart Knorr, und einer Wurfhebelhandbremse ausgerüstet; sie haben normale Puffer und normale Kupplungen. An jeder Stirnwand befindet sich eine zwanzigpolige Steuerstromkuppelndose zur Steuerung der Triebwagen vom Beiwagen aus.

Das Gesamtgewicht des Triebwagens beträgt 52 t\*); es setzt sich wie folgt zusammen:

Fahrzeugteil . . . . .	36,2 t
Dieselmotor mit Zubehör, 900 l Brennstoffvorrat und Kühlwasser . . . . .	9,0 t
Elektrische Ausrüstung einschließlich Bremsluftkompressor und Batterie . . . . .	10,8 t

Für die Maschinenanlage allein werden daher benötigt 340 kg je m<sup>2</sup> Nutzfläche, bezogen auf den Triebwagen allein, oder 165 kg je m<sup>2</sup> Nutzfläche, bezogen auf Trieb- und Beiwagen.

Es ist interessant festzustellen, wie hoch das Gewicht der Maschinenanlage je m<sup>2</sup> Nutzfläche bei anderen Vollbahnfahrzeugen ist. Es beträgt z. B. für die Zugeinheit der Berliner Stadtbahn (vergl. Dr. G. Wagner: Glasers Annalen 1929 Nr. 1250/51), bei denen die Triebwagen um 10,8 t schwerer sind als die Beiwagen, 124 kg; hierbei muß man allerdings berücksichtigen, daß die Motoren wegen der hohen Anfahrbeschleunigung besonders stark bemessen sind. Bezieht man das Lokomotivgewicht bei Schnellzügen auf die Nutzfläche des beförderten Zuges, so ergeben sich bei einem Zuge bestehend aus einer Lokomotive der Reihe 01 und 12 Schnellzugwagen etwa 290 kg je m<sup>2</sup> beförderter Nutzfläche. Es ist also zu erkennen, daß das Gewicht der Maschinenanlage bei den Dieseltriebwagen trotz der zweifachen Leistungsumformung relativ niedrig ist.

**Dieselmotor** (geliefert vom Maybach-Motorenbau, Friedrichshafen a. B.).

Der Dieselmotor mit Kompressor hat eine Leistung von 410 PS bei einer Drehzahl von 1400 Umdr./min. Drehmoment-

\* Die zweite Wagenlieferung ähnlicher Art konnte wesentlich leichter ausgeführt werden.

verlauf und Brennstoffverbrauch zeigt Abb. 4, die äußere Ansicht des Motors Abb. 5.

Der Kompressor liefert Druckluft von etwa 80 at zum Einspritzen. Er ist auf der dem Schwungrad entgegengesetzten Seite unmittelbar an den Dieselmotor angebaut. Die zwölf Motorzylinder sind in zwei Reihen V-förmig angeordnet. Pleuelstangen haben Rollenlager. Das Pleuelgehäuse, sowie eine Reihe anderer Teile sind aus Leichtmetall hergestellt. Die Massenkräfte des Triebwerks sind vollständig ausgeglichen.

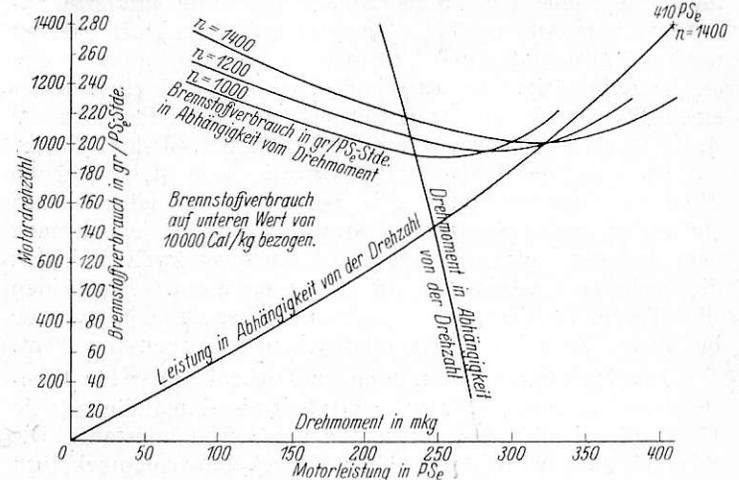


Abb. 4. Drehmoment und Brennstoffverbrauch des Dieselmotors 410 PS.

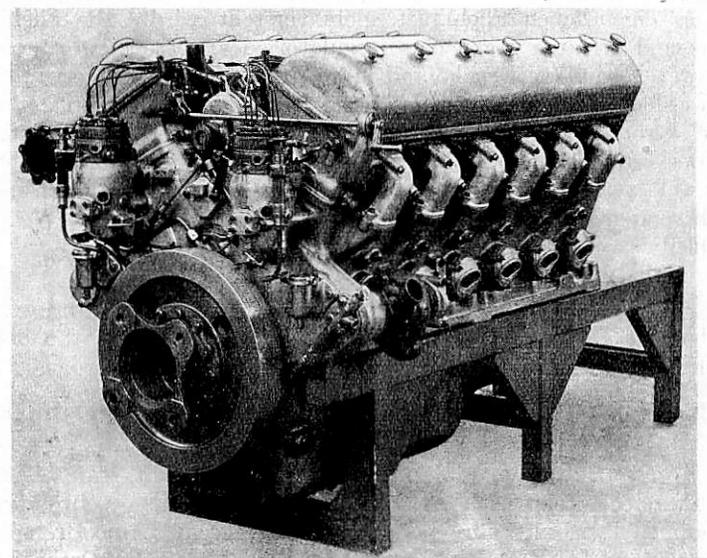


Abb. 5. Dieselmotor 410 PS.

Auf der Pleuelwelle ist außerdem ein besonderer Schwingungsdämpfer aufgesetzt, der schädliche Schwingungen im ganzen Drehzahlbereich zwischen 0 und 1400 Umläufen unterdrückt. Die Zylinder bestehen aus Spezialgraufluß. Jeder Zylinder kann für sich ausgewechselt werden. Für jede Zylinderreihe ist eine Pleuelwelle zum Steuern der Ein- und Auslaßventile und eine von der Pleuelwelle aus angetriebene Einspritzpumpe vorgesehen. Die Einspritzvorrichtung arbeitet nach dem System der Strahlzerstäubung, die bei einer verhältnismäßig hohen Literleistung eine sehr gute Verbrennung bei allen Drehzahlen und Belastungen ergibt.

Die Motorschmierung ist eine Umlaufdruckschmierung. Der Öldruck wird durch eine Pleuelpumpe erzeugt, von der das Öl über Spritzdüsen den verschiedenen Schmierstellen zugeführt wird. Zur Kühlung des Schmieröls wird durch das Pleuelgehäuse die gesamte Verbrennungsfrischluft aller

zwölf Motorzylinder angesaugt. Zur Kühlung der Motorzylinder dient eine unmittelbar an den Motor angebaute Kreiselpumpe, die das Kühlwasser in Umlauf hält. Die Fördermenge der Pumpe ist zur Vermeidung von unzulässigen Wärmespannungen in den Zylindern so bemessen, daß die Austrittstemperatur nur wenig höher ist als die Eintrittstemperatur.

Da die vom Einspritzkompressor erzeugte Druckluft auf einfache Weise in Stahlflaschen aufgespeichert und zum Anlassen des Dieselmotors benutzt werden kann, war es nicht notwendig, eine elektrische Anlaßvorrichtung mit Starterbatterie vorzusehen. Beim Anlassen mit Druckluft braucht nur ein Druckluftventil geöffnet zu werden, alles übrige erfolgt selbsttätig. Am Dieselmotor befindet sich ein von der einen Steuerwelle aus angetriebener Anlaßverteiler, der die Anlaßdruckluft den einzelnen Zylindern zuteilt. Jeder Zylinder hat ein Anlaßventil, das sich selbsttätig schließt, sobald die Zündung eingesetzt hat. Die Bedienung ist daher ebenso einfach wie beim elektrischen Anwerfen. Es ist jedoch nach dem Anlassen notwendig, durch Öffnen eines zweiten Ventils die verbrauchte Anlaßluft wieder zu ergänzen. Die beiden Stahlflaschen enthalten zusammen 100 Liter Druckluft von 60 bis 70 at. Zum Anlassen genügt schon ein Druck von 20 at.

Der Dieselmotor ist mit einem Drehzahlregler für Fernsteuerung ausgerüstet. Der Regler hält die einmal eingestellte Drehzahl bei allen Drehmomenten annähernd konstant. Die Regelwirkung wird durch einen Drucköl-Servomotorkolben ausgeübt, der die Einspritzpumpe beeinflusst. Dem Servomotorkolben wird Drucköl von einer Zahradpumpe über einen Steuerschieber zugeführt, der durch die Fliehpindel des eigentlichen Fliehkraftreglers verstellt wird. Die Fliehpindel arbeiten gegen eine Regulatorfeder; diese kann durch zwei besondere Druckölkolben mehr oder weniger gespannt werden. Die Zuleitung des Drucköls zu diesen Kolben kann elektromagnetisch von den Führerständen aus gesteuert werden. Der Führer ist dadurch imstande, außer der Leerlaufdrehzahl zwei verschiedene Betriebsdrehzahlen einzustellen. Eine besondere Sicherheitseinrichtung bewirkt, daß beim Wegbleiben des Schmieröldrucks der Dieselmotor sofort abgestellt wird.

Das Gewicht des Dieselmotors einschließlich Kompressor beträgt 1800 kg, das sind nur 4,4 kg/PS, eine Zahl, die bei Fahrzeugdieselmotoren bisher noch nicht erreicht worden ist.

**Elektrische Ausrüstung** (geliefert von Maffei-Schwartzkopff, Berlin).

Die Hauptdynamo wird bei der Anfahrt mit Hilfe eines Führerschalters nach Art der Leonard-Steuerung von einer unmittelbar mit ihr gekuppelten Erregermaschine fremderregt, wobei der Dieselmotor mit gleichbleibender Drehzahl läuft. Die Hauptdynamo ist mit einer Gegenkompoundwicklung und außer der Nebenschlußwicklung für Fremderregung noch mit einer eigenerrigten Nebenschlußwicklung versehen, durch die sie eine stark abfallende Charakteristik erhält und über den größten Teil des Fahrbereichs ohne Beeinflussung der Fremderregung mit praktisch konstanter Leistung arbeitet. Eine Überlastung des Dieselmotors ist ausgeschlossen. Die Bedienung ist daher außerordentlich einfach.

Hauptdynamo und Fahrmotoren sind so bemessen und so gebaut, daß die Leistung des Dieselmotors über einen sehr großen Fahrbereich voll ausgenutzt werden kann. Für die Fahrmotoren ist eine Feldschwächungsstufe vorgesehen.

Um den Dieselmotor bei geringer Leistung nicht mit voller Drehzahl betreiben zu müssen, besteht die oben erwähnte Möglichkeit, durch einfaches Umstellen eines Hebels am Führerschalter eine kleinere Betriebsdrehzahl einzustellen.

Die Hauptdynamo ist eine für den vorliegenden Zweck besonders entwickelte Maschine, deren Konstruktion den

besonderen Erfordernissen des Bahnbetriebs angepaßt ist. Der Außendurchmesser ist so klein gehalten, daß der Wagenfußboden in der normalen Höhe über die Dynamo hinweggeführt werden kann. Der Anker hat Rollenlager. Das kollektorseitige Lagerschild ist als Pendelrollenlager ausgebildet, um den beim Beschleunigen und Bremsen des Wagens entstehenden axialen Druck des Ankers aufzunehmen. Die Dynamo hat Eigenlüftung. Die Kühlluft wird durch seitliche Öffnungen im Wagenkasten angesaugt und auf der Kollektorseite ausgeblasen. Die Ankerwicklung ist eine Stabwicklung mit Glimmerisolation. Die Maschine hat sechs Haupt- und sechs Wendepole. Die Hauptpole sind mit den zwei verschiedenen Feldwicklungen und einer Gegenkompoundwicklung versehen. Die fremderregte Wicklung hat den Zweck, die Generatorspannung und damit Zugkraft und Geschwindigkeit durch den Führer zu beeinflussen. Die Gegenkompoundwicklung und die eigenerrigte Nebenschlußwicklung haben gemeinsam den Zweck, die Charakteristik der Dynamo so zu gestalten, daß sich die Generatorspannung dem durch das Streckenprofil ergebenden Motorstrom selbsttätig anpaßt (vergl. Abb. 6). Durch die abfallende Charakteristik wird

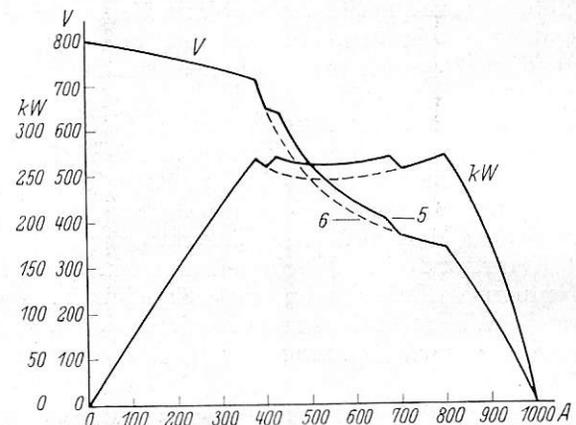


Abb. 6. Leistungsschaubild der Hauptdynamo.

in Verbindung mit einem kleinen Drehzahlabfall des Dieselmotors die Generatorleistung über den größten Teil des Fahrbereichs praktisch konstant gehalten, und zwar, wie besonders hervorzuheben ist, ohne daß die Fremderregung geändert zu werden braucht. Diese Eigenschaft der Dynamo hat den großen Vorzug, daß der Führer im Betriebe wenig oder fast gar nicht zu regeln braucht. Es ist daher auch nicht notwendig, daß der Führer beim Fahren ein Wattmeter oder auch nur ein Amperemeter beobachtet. Die Charakteristik ist im übrigen genau so wie bei einer Maschine mit reiner Brennstoffregelung. Das Gewicht der Hauptdynamo beträgt 2350 kg.

Die Erregerdynamo hat eine Dauerleistung von 14 kW bei 150 Volt und Drehzahlen zwischen 1100 bis 1400. Sie ist elastisch mit der Hauptdynamo gekuppelt. Die Maschine hat Eigenerrigung und zur Konstanthaltung der Spannung bei verschiedenen Belastungen eine Kompoundwicklung. Der Anker ist mit zwei Schleifringen versehen, an denen eine Wechselspannung von 110 Volt abgenommen werden kann, die zur Speisung des Lichtnetzes dient, wenn der Dieselmotor mit einer seiner Betriebsdrehzahlen läuft. Die Erregerdynamo liefert außer Strom für die Fremderregung noch Strom für Pumpenmotor, Lüftermotor und Beleuchtung. Für die Beleuchtung im Stillstand ist eine Akkumulatorenbatterie von 60 Zellen vorgesehen. Das Gewicht der Erregermaschine beträgt 275 kg.

Die beiden Fahrmotoren sind Reihenschlußmotoren in Tatzenlagerbauart mit Eigenlüftung. Die Anker haben Rollenlager, die Tatzenlager sind Gleitlager mit Kissenschmierung.

Die Ankerwicklung ist eine Stabwicklung mit Glimmerisolation. Die Motoren sind für eine Nennspannung von 500 Volt gebaut, können aber auch mit höherer Spannung bis zu 750 Volt betrieben werden. Ihre Drehzahlcharakteristik ist durch bauliche Maßnahmen (schwache magnetische Sättigung, großer Luftspalt) besonders elastisch gehalten (Abb. 7). Die elastische Charakteristik hat den Vorteil, daß sich die Fahrmotoren im oberen Geschwindigkeitsbereich der Dieselleistung besser anpassen.

**Leistung des Triebwagens.**

Der Wagen ist für eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h gebaut, erreicht jedoch, mit angehängtem Steuerwagen bei voller Besetzung bis zu 100 km/h auf wagerechter Strecke.

Dauerleistung der Hauptdynamo . . . . . 300 kW = 408 PS bei 1400 Umdr/min

Dauerleistung der beiden Fahrmotoren zusammen 220 „ = 300 „ „ 500 Volt 700 Umdr/min

Stundenleistung der beiden Fahrmotoren zusammen 308 „ = 420 „ „ 500 Volt 620 Umdr/min

Zahnradübersetzung . . . . . 1 : 2,88  
Triebraddurchmesser . . . . . 1000 mm

Dauerzugkraft des Triebwagens am Radumfang . . . . . 1700 kg bei 51 km/h

Stundenzugkraft des Triebwagens am Radumfang . . . . . 2700 „ „ 31 „

Anfahrzugkraft des Triebwagens am Radumfang . . . . . 4200 „

Der Triebwagen erreicht in den einzelnen Steigungen bei verschiedenen Zuggewichten folgende Geschwindigkeiten (durch Versuch festgestellt):

	Triebwagen allein	Triebwagen + 1 Beiwagen	Triebwagen + 2 Beiwagen	Triebwagen + 3 Beiwagen
Zuggewicht etwa . . . . .	57 t	100 t	135 t	170 t
Höchstgeschwindigkeit in der Ebene etwa . . . . .	100 km/h	100 km/h	92 km/h	88 km/h
Höchstgeschwindigkeit in der Steigung von 10‰	84 „	61 „	49 „	40 „
Höchstgeschwindigkeit in der Steigung von 20‰	61 „	37 „	26 „	—

Die für einen Trieb- und Beiwagen im Gesamtgewicht von 100 t sich ergebenden Anfahrzeiten und Anfahrwege sind aus Abb. 8 ersichtlich.

**Steuerung.**

Die grundsätzliche Schaltung des Triebwagens ist aus Abb. 9 ersichtlich. Die beiden Fahrmotoren sind in Parallelschaltung über Patronensicherungen und einen Nockenschalter mit der Hauptdynamo verbunden. Zur Änderung der Fahrtrichtung dient ein elektromagnetischer Fahrtwender mit Fernsteuerung.

Zur Regelung der Zugkraft und Geschwindigkeit ist in jeden Führerstand ein Führerschalter eingebaut, durch den der Erregerstrom der Hauptdynamo in sechs Stufen geändert werden kann. Die sich auf den einzelnen Fahrstufen ergebenden Zugkräfte und Geschwindigkeiten sind aus Abb. 10 ersichtlich (für die große Dieseldrehzahl von 1400). Auf den Fahrstufen 1 bis 6 arbeiten die Fahrmotoren mit vollem Feld. Zur Steigerung der Zugkraft bei höheren Fahrgeschwindig-

keiten ist die Feldschwächungsstufe vorgesehen, durch die es ohne Vergrößerung der Hauptdynamo möglich ist, die Dieselleistung auch bei hohen Fahrgeschwindigkeiten voll auszunutzen. Die Feldschwächungswiderstände der beiden Fahrmotoren werden durch ein doppelpoliges Schütz gemeinsam eingeschaltet.

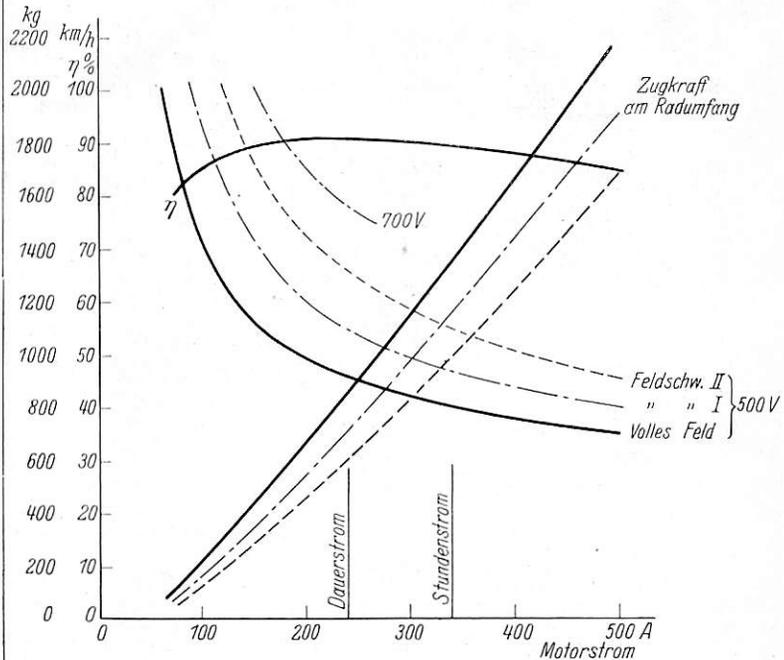


Abb. 7. Kennlinien der Fahrmotoren.

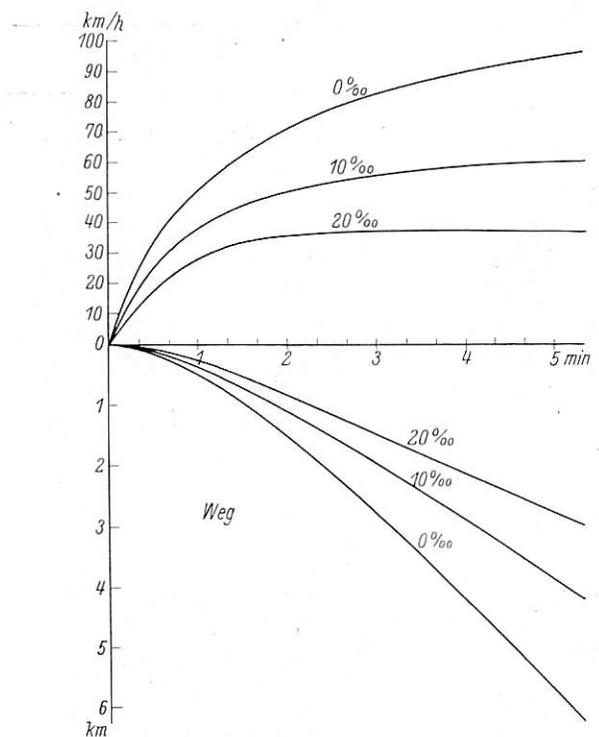


Abb. 8. Beschleunigungskurven für Trieb- und Beiwagen, Gewicht zusammen 100 t.

In der Ebene wird die volle Dieselleistung nach dem Beschleunigen des Triebwagens im allgemeinen nicht mehr gebraucht. Es ist daher zweckmäßig, die Dieseldrehzahl der verminderten Leistung anzupassen. Dadurch wird der Dieselmotor nicht nur in mechanischer Hinsicht geschont (Verringerung der Kolben- und Lagerabnutzung), sondern es

wird infolge des bei der kleineren Drehzahl besseren Wirkungsgrades von Dieselmotor und Generator auch an Brennstoff gespart.

im Erregerkreis der Erregerdynamo kurzgeschlossen, so daß die Spannung der Erregerdynamo auch bei der kleinen Drehzahl dieselbe Höhe beibehält wie bei der großen Drehzahl. Der

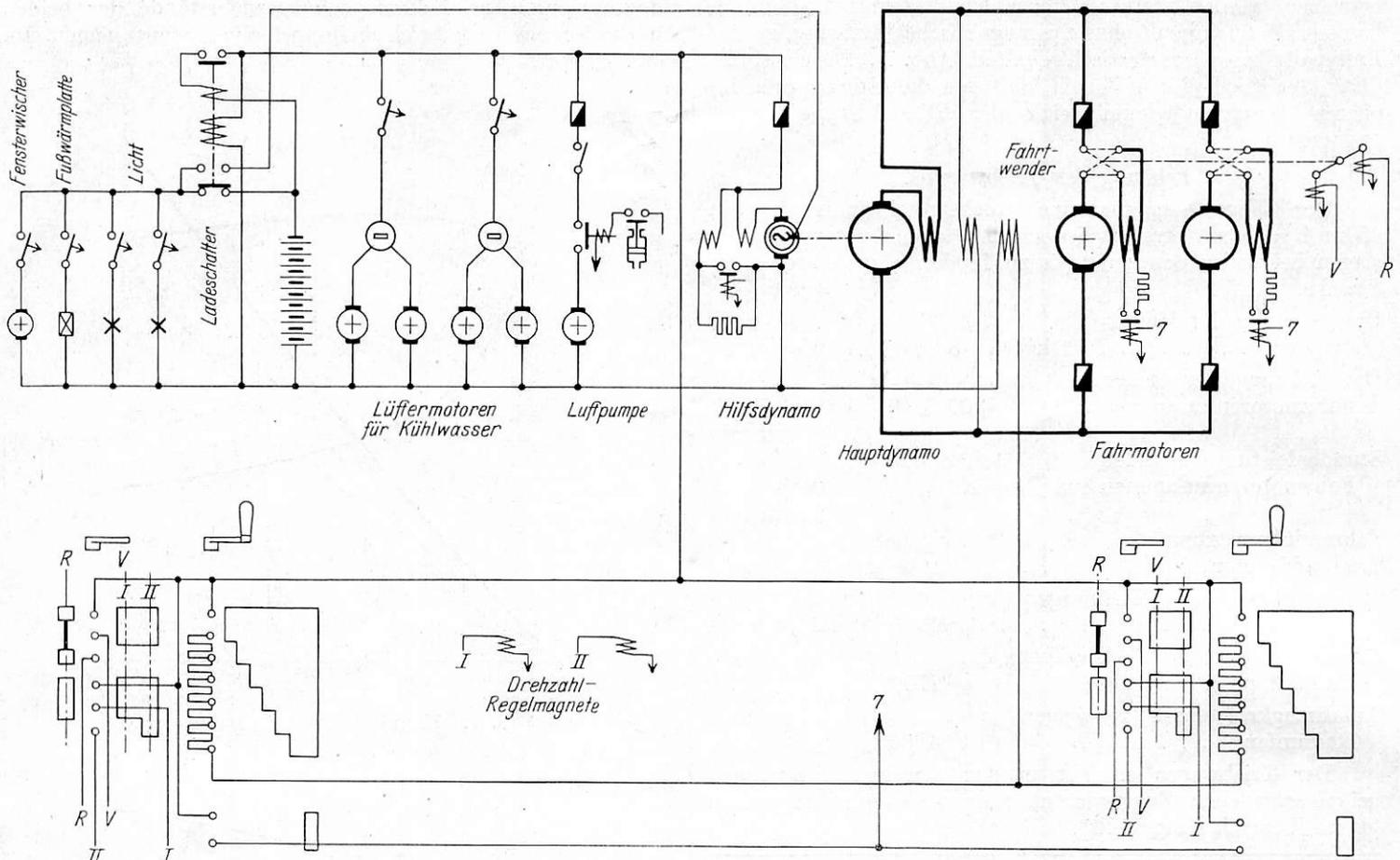


Abb. 9. Grundsätzliches Schaltbild des Triebwagens.

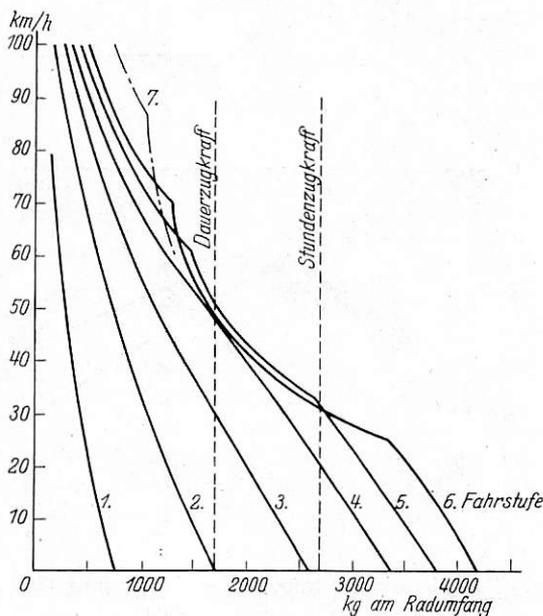


Abb. 10. Geschwindigkeits-Zugkraftschaulinien für die Dieseldrehzahl von 1400 Umdr./min.

Das Einstellen der kleinen Betriebsdrehzahl geschieht durch Umlegen eines Handgriffs am Führerschalter, der die oben erwähnte elektromagnetische Drehzahlverstellung betätigt. Gleichzeitig wird durch ein Vorwiderstand

Übergang von der großen auf die kleine Drehzahl und umgekehrt kann bei jeder beliebigen Stellung der Hauptkurbel erfolgen. Die Erregerspannung ändert sich auch in der kurzen Zeit des Übergangs von der großen auf die kleine Dieseldrehzahl nicht, weil die Zeit zur Verstärkung des Erregerfeldes fast ebenso groß ist, wie die Zeit, die der Dieselmotor zum Übergang von der großen auf die kleine Drehzahl braucht.

Der Dieselmotor läuft in der Nullstellung der Fahrkurbel mit seiner Leerlaufdrehzahl. Sobald die Fahrkurbel nach dem Einstellen der Fahrtrichtung und der gewünschten Dieseldrehzahl aus der Nullstellung herausgedreht wird, nimmt der Dieselmotor eine seiner Betriebsdrehzahlen an, wobei die Erregermaschine ihre normale Spannung erzeugt. Für das Hochlaufen des Dieselmotors und das Einsetzen der Eigenerrögenung ist im Führerschalter eine Zwischenstufe vorgesehen, auf der die Hauptdynamo noch keinerlei Erregung erhält. Wird die Fahrkurbel dann in eine der sieben Fahrstellungen gebracht, so setzt der Motorstrom sofort ein, und zwar in genau derselben Weise, wie bei einem rein elektrischen Fahrzeug. Da den einzelnen Fahrstufen eine ganz bestimmte, nach oben hin begrenzte, jedoch sofort wirksame Zugkraft beigemessen ist, so ist die Bedienung, besonders beim Anfahren in der Steigung und beim Ausführen sehr kleiner Verschiebewegungen, außerordentlich einfach und sicher.

Zur Kontrolle der Dieseldrehzahl ist auf jedem Führerstand ein Voltmeter vorgesehen, das die Spannung der Erregerdynamo anzeigt. Da sich diese Spannung in kleinen Grenzen, ungefähr proportional der Drehzahl des Dieselmotors ändert, kann der Führer jederzeit feststellen, ob der Dieselmotor

mit der richtigen Drehzahl arbeitet oder in seiner Drehzahl abgefallen, d. h. überlastet ist.

Zum besseren Verständnis der in Abb. 11 und 12 dargestellten Zugkraftlinien soll das elektrische Verhalten der Dieseldynamo näher untersucht werden. Wenn der Generator mit einer konstanten Drehzahl von 1400 Umdr./min angetrieben wird, so erhält man, je nach Stellung der Fahrkurbel, die in Abb. 11 dargestellten Spannungslinien. Ungefähr dieselben Spannungslinien erhält man, wenn die Fahrkurbel

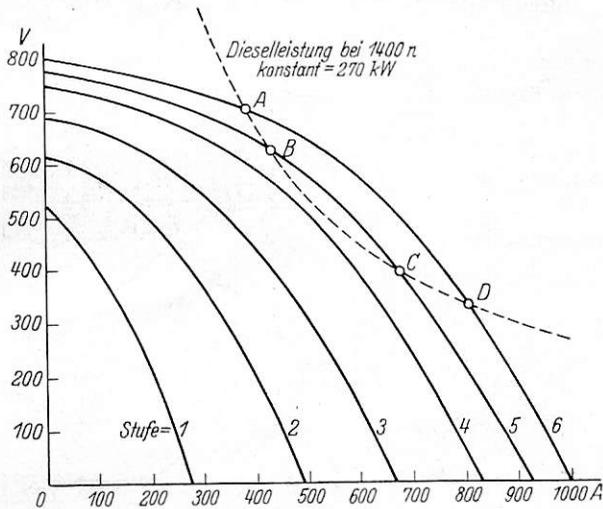


Abb. 11. Spannungslinien des Generators bei konstanter Drehzahl für verschiedene Fahrstufen.

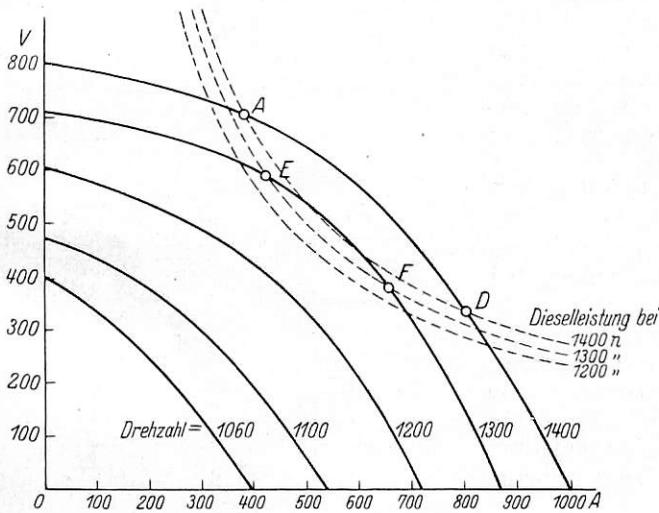


Abb. 12. Spannungslinien des Generators bei unveränderter Fahrstufe 6 und verschiedenen Drehzahlen.

auf Stufe 6 (volle Erregung) eingestellt und nur die Drehzahl geändert wird (Abb. 12). Aus diesen beiden Abbildungen ist also ersichtlich, daß man die Generatorspannung sowohl durch Änderung der Fremderregung (also Leonardsteuerung) als auch durch Änderung der Generator- bzw. Dieseldrehzahl (also Brennstoffregelung) regeln könnte. Hier wird nur von der Erregungsänderung Gebrauch gemacht, im Gegensatz z. B. zu den Steuerungssystemen von Lemp\*) und Gellineck\*\*) (Gebus).

Die Leistung des Dieselmotors beträgt 410 PS = 300 kW an der Dieselwelle, oder, bei einem Generatorwirkungsgrad von 90%, 270 kW an den Generatorklemmen. Zur Vereinfachung sei angenommen, daß der Generatorwirkungsgrad, in

\*) Süberkrüb, Z. VDI 1928, S. 558.

\*\*) Osborne, ETZ 1932, Heft 11, S. 263; vergl. auch Org. Fortsch. Eisenbahnwes., Heft 23, S. 437.

welchem die Verluste der Erregermaschine mitenthalten sind, bei allen Strömen konstant ist, ferner ist der Aufwand für Nebenleistung (Kühlwasserlüfter, Bremskompressor, Batterie-ladung) vernachlässigt. Wenn man die höchstmögliche Leistung von 270 kW in Volt und Ampere aufteilt, so erhält man die in Abb. 11 und 12 punktiert eingezeichneten Hyperbeln. Wie ersichtlich überschneiden die Spannungslinien des volleregten Generators bei gewissen Stromstärken die Leistungshyperbel des Dieselmotors. Die Generatorspannung bzw. die Generatorleistung ist also zu groß. Da der Dieselmotor die Mehrleistung nicht aufbringen kann, fällt er in seiner Drehzahl etwas ab; dabei muß nun die Generatorspannung bedeutend schneller fallen, damit möglichst bald wieder Gleichgewicht hergestellt ist; denn bei fallender Drehzahl fällt gleichzeitig auch die Leistung des Dieselmotors, und zwar, wenn man von der in diesen Grenzen geringen Zunahme des Drehmoments absieht, im gleichen Verhältnis wie die Drehzahl.

In Abb. 12 sind die Leistungshyperbeln für 1200 und 1300 Umdr./min eingezeichnet. Bei der Drehzahl von 1300 ist die Überschneidung geringer geworden, EF gegen AD bei 1400 Umdr./min. Bei 1200 Umdr./min würde die Generatorspannung schon viel weiter gesunken sein als notwendig ist. Die Drehzahl braucht also nicht bis auf 1200 herunterzugehen. Gleichgewicht wird im ungünstigsten Punkte bei einer Drehzahl von 1275 = 91% von der Vollstdrehzahl von 1400 erreicht. Zu dem gleichen Ergebnis kommt man, wenn man an Stelle der Spannungslinien die kW-Linien für die verschiedenen Drehzahlen aufzeichnet (Abb. 13).

Ein Leistungsabfall von 9% erscheint zwar nicht sehr groß, weil ja der Dieselmotor im praktischen Betriebe ohnehin

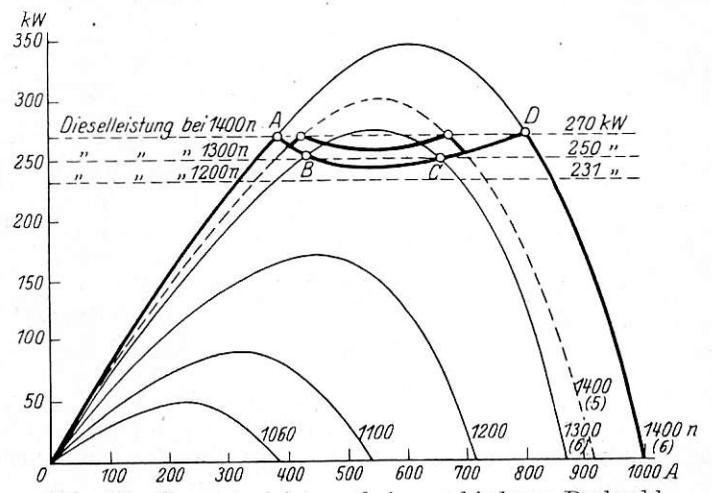


Abb. 13. Generatorleistung bei verschiedener Drehzahl.

nicht immer mit voller Leistung arbeitet. Es ist jedoch wünschenswert, den Leistungsabfall beim Befahren von größeren Steigungen möglichst klein zu halten. Dies ist bei der hier verwendeten Steuerung sehr einfach. Es ist leicht einzusehen (Abb. 12), daß der Drehzahlabfall um so größer ist, je größer die Überschneidung der Spannungslinien des Generators und der Leistungshyperbel des Dieselmotors ist. Es ist daher nur notwendig, innerhalb des Gebietes, in dem der Drehzahlabfall eintritt, die Überschneidung zu verkleinern. Zu diesem Zweck wird die Erregung der Hauptdynamo geschwächt, indem die Fahrkurbel von Stufe 6 auf Stufe 5 zurückgenommen wird (Abb. 11). Der dadurch erzielbare Gewinn ist aus Abb. 13 klar zu erkennen und geht überdies auch aus Abb. 10 hervor.

Wenn man aus Abb. 10 die Leistung am Radumfang errechnet, erhält man Abb. 14. Die Leistung beträgt 305 bis 335 PS bei Geschwindigkeiten zwischen 25 und 95 km/h und ist am größten in den Bereichen von 60 bis 90 km/h, in

denen voraussichtlich am häufigsten gefahren wird. Aus Abb. 14 ist auch der Übertragungsfaktor — das Verhältnis der Leistung am Radumfang zur Leistung des Dieselmotors — ersichtlich. Der Übertragungsfaktor ist das Produkt aus dem Ausnutzungsfaktor und dem Wirkungsgrad der elektrischen Übertragung. Als Ausnutzungsfaktor soll das Verhältnis der ausgenutzten Dieselleistung zur Nennleistung des Dieselmotors bezeichnet werden. Der Ausnutzungsfaktor



Abb. 14. Leistung am Radumfang und Übertragungsfaktor.

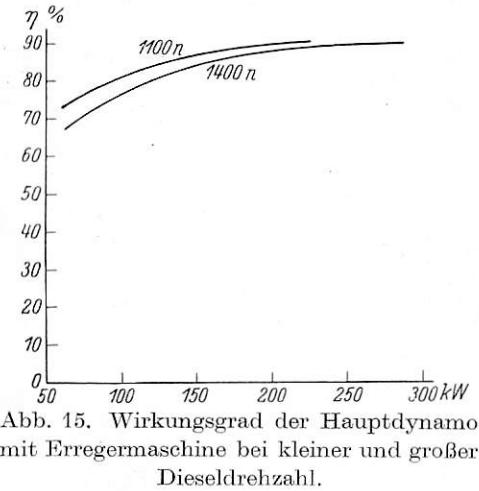


Abb. 15. Wirkungsgrad der Hauptdynamo mit Erregermaschine bei kleiner und großer Dieseldrehzahl.

schwankt innerhalb der oben angegebenen Geschwindigkeiten zwischen 94,5 und 100% und der Übertragungsfaktor zwischen 74 und 81,5%. Der gemessene Wirkungsgrad der Hauptdynamo mit Erregermaschine geht aus Abb. 15 hervor. Beim Übergang auf die kleine Betriebsdrehzahl wird die Fremderregung der Hauptdynamo geändert, wodurch die Generatorleistung mit der Dieselleistung wieder in Übereinstimmung gebracht wird.

Für die Fahrmotoren war ursprünglich Reihenparallelschaltung vorgesehen. Es hat

sich jedoch gezeigt, und die Rechnung bestätigt es, daß der beim Anfahren in der Ebene mit Reihenschaltung erzielbare Gewinn nur wenige Sekunden beträgt, weil die Reihenschaltung nur bei Geschwindigkeiten unter 20 km/h höhere Zugkräfte ergibt. Die Geschwindigkeit von 20 km/h wird aber auch in Parallelschaltung schon nach 17 Sek. erreicht (Zuggewicht 100 t). Die Reihenschaltung hat offenbar nur in Sonderfällen Zweck, wenn es sich darum handelt, größere Zugkräfte längere Zeit auszuüben.

Die Bremsluft wird durch eine elektrische Luftpumpe für 8 at erzeugt, deren Motor von der Erregerdynamo mit 150 Volt gespeist wird. Das Hub-

volumen beträgt 1000 Liter/min. Die Luftpumpe ist unter dem Wagenkasten in einem besonderen Traggestell an vier Gummilaschen aufgehängt, damit keinerlei Schwingungen auf den Wagenkasten übertragen werden.

Zur Beleuchtung des Wagens während des Stillstandes dient eine Akkumulatorenbatterie von 60 Zellen mit einer Kapazität von 26 Ah bei 110 Volt Entladespannung. Diese Batterie wird durch die Erregerdynamo unter Vorschaltung eines Dämpfungswiderstandes mit konstanter Spannung aufgeladen. Der Ladestromkreis wird in der üblichen Weise durch einen selbsttätigen Ladeschalter mit Rückstromspule geschlossen. Die Rückstromspule kommt hier jedoch normalerweise nicht zur Wirkung, weil der Ladestrom über einen Kontakt des Steuerstromschützes geführt und stets bei voller Spannung unterbrochen wird. Die bekannte Erscheinung, daß das Licht sich vor dem Abschalten des Ladeschalters etwas abschwächt, wird dadurch vermieden. Am Ladeschalter befindet sich ein Umschaltkontakt, durch den das Lichtnetz beim Laden von 110 Volt Gleichstrom auf 110 Volt Wechselstrom umgeschaltet wird. Der Wechselstrom wird, wie oben erwähnt, an zwei Schleifringen der Erregerdynamo abgenommen. Das Verhältnis der von einer Gleichstrommaschine vor dem Kommutator erzeugten Wechselspannung zur Gleichspannung hinter dem letzteren entspricht nämlich gerade dem Verhältnis der Entladespannung zur Ladespannung der Akkumulatorenbatterie. Die Lichtspannung wird daher ohne Vorwiderstände und ohne Lampenregler stets auf gleicher Höhe gehalten. Die Triebwagen sind mit einer Sicherheitsfahrschaltung, Bauart BBC, ausgerüstet.

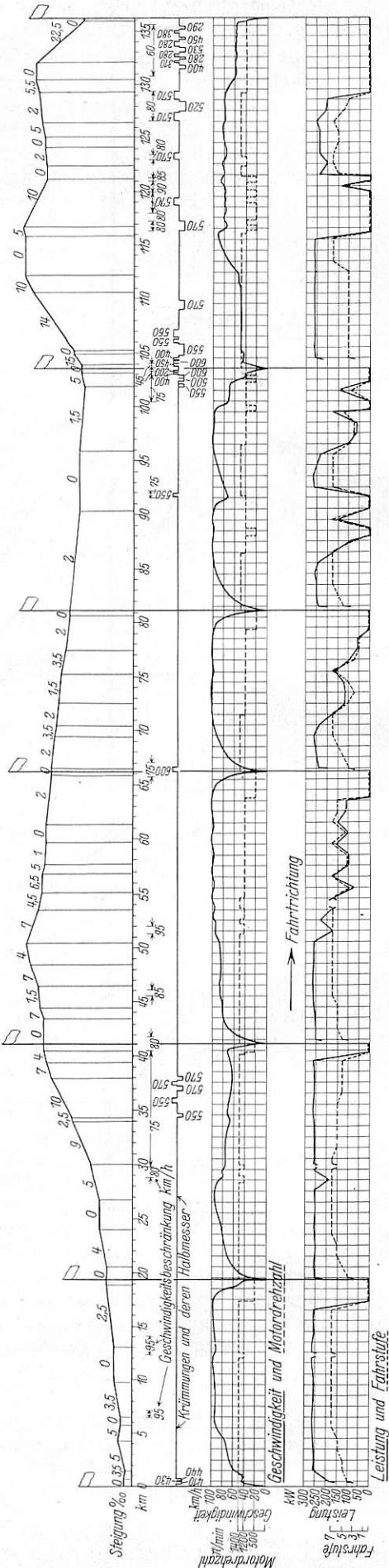


Abb. 16. Fahrschaulinie für die Strecke Friedrichshafen—Geißlingen. (Hinfahrt, Triebwagen voraus.)

Mit dem ersten Triebwagen sind hauptsächlich zur Erprobung des Dieselmotors auf der Strecke Friedrichshafen—Geißlingen mit Steigungen bis  $22\frac{0}{100}$  ausgedehnte Versuchsfahrten durchgeführt worden, wobei der Triebwagen stets mit einem Steuerwagen gekuppelt war (Abb. 16). Die große Dieselmotordrehzahl ist nur einzustellen, wenn der Triebwagenzug beschleunigt wird oder in der Steigung fährt. Fährt er in der Ebene oder in leichtem Gefälle, so wird auf die kleine Drehzahl zurückgegangen. Die weitere Regelung auf konstante Geschwindigkeit geschieht durch Änderung der Erregung. Der Brennstoffverbrauch für ein Zuggewicht von 90 t (Triebwagen + Beiwagen) liegt zwischen 60 und 80 Liter/100 km bei Geschwindigkeiten zwischen 60 und 100 km/h. Zu einer Fahrt von Friedrichshafen nach Berlin (800 km) wurden 500 Liter Brennstoff gebraucht, das sind 63 Liter/100 km. Mit dem vorhandenen Brennstoffvorrat von 900 Liter kann der Triebwagenzug etwa 1200 bis 1300 km zurücklegen. Der Triebwagen allein erreicht in der Ebene nach 2,5 Min. eine Geschwindigkeit von 100 km/h.

Wie bereits in dem einleitenden Aufsatz\*) erwähnt wurde, hat die Deutsche Reichsbahn inzwischen eine größere Zahl 410 PS Triebwagen in Bau gegeben. Diese weisen gegenüber der hier beschriebenen Erstaussführung folgende Verbesserungen auf: Durch Anwendung der leichten Stahlbauart, d. h. durch Verwendung dünner Manstädt-Profile, die aus Stahl höherer Festigkeit hergestellt sind, durch Verwendung leichterer Zug- und Stoßvorrichtungen und andere Maßnahmen wurde das Gewicht des wagenbaulichen Teils von 36,2 t auf rund 30 t herabgesetzt; durch weitere Einsparungen am maschi-

\*) Vergl. Heft 21, 1932.

## Über die Ermittlung der Fahrzeiten von diesel-mechanischen Triebwagen nach zeichnerischen Verfahren.

Von Reichsbahnrat Rüter, Kassel.

Hierzu Tafel 5.

Die Ermittlung der Fahrzeiten von Dampfzügen mit Hilfe der bekannten zeichnerischen Verfahren von Unrein, Müller, Strahl, Velte oder Caesar\*) ist sehr gebräuchlich geworden. Es lag daher nahe, auch für die neuen Eisenbahnverkehrsmittel eine graphische Fahrzeitermittlung zu versuchen.

Im folgenden sind für zwei diesel-mechanische Triebwagen verschiedener Bauart auf Grund der aufgestellten  $s/V$ -Diagramme für einen Streckenabschnitt nach dem Verfahren von Strahl die Fahrzeiten ermittelt und in dieselben Diagramme die auf Betriebsfahrten gemessenen Werte eingetragen worden.

Für die Aufstellung der  $s/V$ -Diagramme waren an Unterlagen vorhanden: die Kennlinien der Motoren, d. h. die Motorleistung  $N_e$  an der Motorwelle als Funktion der Motordrehzahl  $n$ , sowie das Schaltbild (Sägediagramm), das den Zusammenhang von Motordrehzahl  $n$  oder Motorleistung  $N_e$  und der Fahrgeschwindigkeit  $V$  km/h angibt.

Bezeichnet:

- $G$  das Triebwagengewicht in Tonnen
- $w$  den Fahrwiderstand in kg/t
- $s$  die Steigung in  $\frac{0}{100}$
- $N_r$  die Leistung in PS am Radumfang
- $Z_r$  die Zugkraft in kg am Radumfang
- $\eta$  den Wirkungsgrad des Getriebs

so ist:

$$Z_r = G(w + s) \text{ und daraus } s = \frac{Z_r}{G} - w.$$

$$Z_r \text{ läßt sich bestimmen aus } N_r = \eta N_e \quad \text{und } N_r = \frac{Z_r \cdot V}{270}$$

$$\text{zu } Z_r = \frac{270 \cdot \eta \cdot N_e}{V}.$$

\*) S. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1924, Heft 6.

nellen Teil konnte das Gesamtewagengewicht auf nur 42 t gebracht werden. Ferner wurden die bereits erwähnten Maßnahmen zur Herabsetzung des Luftwiderstandes getroffen, nämlich: Fortfall der Türnischen und bündiger Anschluß der Fenster an die Seitenwandbleche, abgerundete Stirnwände und Anbringung einer Blechschürze zur Verdeckung der Drehgestelle und der unter dem Wagen hängenden Apparate. (In Taf. 3, Abb. 15 [Aufsatz Fuchs] sind Aufriß und Grundriß dieser neuen Wagenbauart dargestellt.)

Außer diesen wagenbaulichen Änderungen sind auch wesentliche Änderungen in der maschinellen Ausrüstung getroffen worden. Der Dieselmotor arbeitet hier bei sonst gleichem mechanischen Aufbau kompressorlos, also mit unmittelbarer Brennstoffeinspritzung. Da somit auch die großen Luftflaschen wegfallen, muß das Anlassen elektrisch mit Hilfe der Starterbatterie und des als Anlaßmotor laufenden Hauptgenerators erfolgen. Die Verringerung des Luftwiderstandes ermöglichte es, die höchste Fahrgeschwindigkeit des Triebwagens auf 110 km/h zu erhöhen. Die elektrische Ausrüstung wurde deshalb so ausgelegt, daß bei 105 km/h Fahrgeschwindigkeit noch die volle Dieselmotorleistung ausgenutzt werden kann. Das Gewicht der elektrischen Ausrüstung allein konnte um fast 3 t vermindert werden. Wesentlich abgeändert wurde auch die Kühleranlage. Die Kühler-elemente sind vom Dach weg unter den Fußboden gebracht worden. Der Kühlerventilator wird direkt mechanisch vom Dieselmotor über eine Kardanwelle angetrieben.

Die für diese Triebwagen besonders bestellten Steuerwagen werden in ihrer Bauart den Triebwagen angepaßt und haben ein Gewicht von nur rund 20 t.

Zur Berechnung des Fahrwiderstands wurde die Formel:

$$w = 2,5 + 0,14 \frac{V^2}{1000} + \frac{41,3 \cdot V^2}{G \cdot 1000}$$

zugrunde gelegt.

Der erste Triebwagen A besitzt einen Sechszylinder-Kompressordieselmotor von 150 PS. Das für den vollbesetzten und für den leeren Triebwagen aufgestellte  $s/V$ -Diagramm wurde mit einem Wirkungsgrad von 0,85 errechnet und ist in der Textabb. 1 wiedergegeben. Für die Ermittlung der Auslaufkurve ist unterhalb der Abszissenachse der Widerstand für die  $t$  Gesamtewagengewicht nach der für den Fahrwiderstand angewendeten Formel aufgetragen. Der erste Gang wurde im Diagramm im halben Maßstab der übrigen Gänge aufgezeichnet, weil sonst das Diagramm eine unbequeme Höhe erhalten hätte.

Die Geschwindigkeits- und Zeitlinien wurden über einer Strecke entworfen, die zu einem großen Teil Steigungen von 13 bis  $19,3\frac{0}{100}$  besitzt (Abb. 1, Taf. 5). Für das Schalten auf einen anderen Gang — umfassend Auskuppeln, Drosseln des Motors, Einschalten und Steigern der Motorleistung — werden bei diesem Wagen 3 Sek. benötigt. Ein Abfall der Fahrgeschwindigkeit während der Schaltungen wurde nicht berücksichtigt, was allerdings besonders beim Befahren von Steigungen nicht zutreffend ist. Als Bremsverzögerung wurde wie bei Personenzügen  $0,3 \text{ m/sec}^2$  eingesetzt.

In das Schaubild wurden die auf zwei Betriebsfahrten a und b gemessenen Zeit- und Geschwindigkeitswerte eingetragen. Der Wagen war bei beiden Fahrten halb besetzt. Bei der Fahrt a war die volle Leistungsfähigkeit des Motors nicht vorhanden, da Störungen an der Brennstoff- und Luftzuführung auftraten. Die Endwerte der gemessenen Zeiten beider Betriebsfahrten liegen durchweg innerhalb der für den

vollbesetzten und leeren Wagen errechneten Zeitwerte. Auf der ersten Strecke zwischen Wa und Har ist der vierte Gang benutzt worden. Nach Erreichen der Geschwindigkeit von 50 km/h, die auf der Nebenbahn nicht überschritten werden darf, wurde der Motor abgestellt und vor Beginn der Steigung von 16<sup>0</sup>/<sub>00</sub> wieder eingeschaltet. Die großen Steigungen nach den Stationen Har und Has lassen den Wagen nur auf 35 bis 40 km/h kommen, was dem dritten Gang entspricht. Nur an einer Stelle, die unten näher betrachtet wird, wurde für kurze Zeit mit dem vierten Gang gefahren. Es fällt auf, daß nach dem Anfahren auf den Stationen Har und Has bei den Betriebsfahrten eine größere Geschwindigkeit erreicht wurde, als es nach der gezeichneten Geschwindigkeitslinie für den leeren Wagen möglich sein sollte. Diese Abweichung findet ihre Erklärung darin, daß wahrscheinlich die Lage der

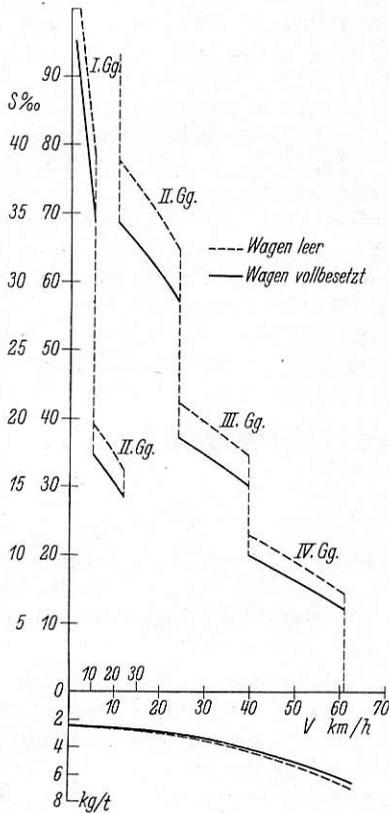


Abb. 1. s/V-Diagramm für den Triebwagen A.

Stationsgebäude nicht genau mit den im Streckenbild angegebenen Punkten übereinstimmt. Wenn als Haltepunkt die Mitte der Bahnsteiglänge genommen ist, so würde diese Lage für einen Dampfzug für beide Fahrtrichtungen stimmen. Da der kurze Triebwagen aber in der Regel vor dem Stationsgebäude hält, so wäre diese Angabe der Stationslage nur brauchbar für das zeichnerische Verfahren der Fahrzeitermittlung, wenn die Mitte der Bahnsteige und die Mitte des Stationsgebäudes gleiche Kilometerentfernungen haben. Liegen z. B. die Bahnhofsgebäude in Har und Has weiter zurück als in dem Streckenbild eingezeichnet, so würde der Triebwagen diese ebene Strecke mehr zu durchfahren haben, ehe er in die folgenden Steigungen von 16,6 bzw. 19,3<sup>0</sup>/<sub>00</sub> kommt. Er wird also auf der Geraden eine größere Geschwindigkeit erreichen und mit größerer Geschwindigkeit in die Steigung gehen, als infolge der im Streckenbild angegebenen Lage der Haltepunkte die Konstruktion mit Hilfe des s/V-Diagramms ergeben kann.

Nachdem der Wagen zwischen Has und Wal bei der Betriebsfahrt b auf der verminderten Steigung von 11,1<sup>0</sup>/<sub>00</sub> die Schaltgeschwindigkeit für den vierten Gang erreicht hatte,

ist dieser für kurze Zeit eingeschaltet gewesen. Während nun der Motor bei der Schaltgeschwindigkeit seine volle Leistung hergibt, ist die Leistung nach dem Schalten auf den höheren Gang beträchtlich geringer (Sägediagramm). Sie steigt erst wieder bis zur Höchstleistung an, wenn die Geschwindigkeit des Wagens ständig weiter zunimmt. Wie das Schaubild zeigt, ist die Geschwindigkeit nach Einschaltung des vierten Ganges nicht mehr gestiegen. Die zur Verfügung stehende Leistung

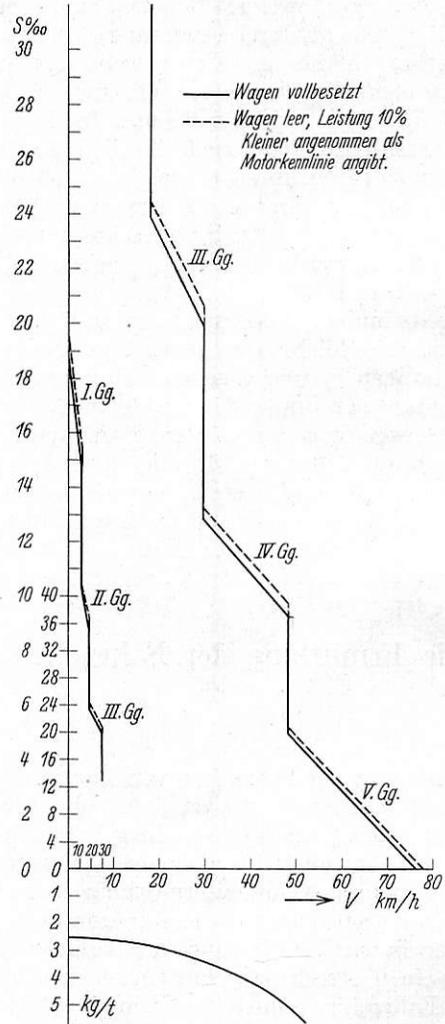


Abb. 2. s/V-Diagramm für den Triebwagen B.

des Motors reichte gerade aus, die Steigung von 18,5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> mit 40 km/h zu durchfahren. Das Rückschalten auf den dritten Gang, das der Führer vornahm, um mit Hilfe der größeren Motorleistung diese Geschwindigkeit sicher halten zu können, führte aber nicht zum Erfolg. Der Wagen erlitt während der Umschaltzeit einen Geschwindigkeitsverlust, der trotz der nun folgenden geringen Steigung von 16,6<sup>0</sup>/<sub>00</sub> nicht wieder aufgeholt werden konnte.

Das für den Triebwagen B aufgestellte s/V-Diagramm ist in Textabb. 2 abgebildet. Der Wagen ist mit zwei kompressorlosen Sechszylinder-Dieselmotoren von je 75 PS ausgerüstet. Das Diagramm wurde für den vollbesetzten Wagen unter Benutzung der Kennlinien des Motors errechnet. Das Diagramm für den leeren Wagen wurde aus Gründen, über die noch gesprochen wird, entworfen unter Annahme einer Motorkennlinie für  $N_e$ , die 10<sup>0</sup>/<sub>0</sub> tiefer lag als auf der Blaupause der Herstellerfirma angegeben war. Für die Ermittlung der Auslaufkurve ist unterhalb der Abszissenachse des Diagramms der Widerstand für die t Gesamtwagenengewicht nach der für die Errechnung des Fahrwiderstands benutzten Formel aufgetragen. Auch hier ist zur besseren Handhabung des Dia-

gramms von einer Verkürzung des Maßstabs für die ersten beiden Gänge Gebrauch gemacht worden.

Mit Hilfe des Diagramms wurden über dem Streckenbild mit passend gewählten Maßstäben die Geschwindigkeits- und Zeitlinien für den vollbesetzten Wagen entworfen (Abb. 2, Taf. 5). Nur für die erste Strecke Hü—Hof wurde auch die V- und t-Linie für den leeren Wagen gezeichnet. Dabei fällt die t-Linie für den vollbesetzten und für den leeren Wagen fast zusammen. Für jeden Gangwechsel sind 6 Sek. auf Grund vorgenommener Messungen eingesetzt worden. Ein Geschwindigkeitsverlust während der Schaltzeiten wurde auch bei diesem Wagen nicht berücksichtigt. Als Bremsverzögerung wurde  $0,3 \text{ m/sec}^2$  eingesetzt. Die in das Schaubild eingezeichneten Geschwindigkeits- und Zeitwerte, die auf einer Betriebsfahrt mit wenig besetztem Wagen gemessen wurden, zeigen Abweichungen verschiedener Art. Während der Wagen auf der ersten Strecke eine größere Geschwindigkeit als errechnet erzielte, bleiben die gemessenen Geschwindigkeiten auf den folgenden beiden Strecken sogar unter denen, die von einem vollbesetzten Wagen nach der zeichnerischen Darstellung erwartet werden können. Wie das Streckenbild zeigt, folgt nach der Ausfahrt aus dem Bahnhof Hü eine Gefällstrecke, und nach einem wagrechten Stück sind erst Strecken mit verhältnismäßig geringen Steigungen zu befahren. Dagegen kommt der Wagen nach den Bahnhöfen Hof und Gre sehr bald in Steigungen von 7 und  $6,5\%$ . Der Wagen besteht aus zwei kurzgekuppelten Hälften und hat die Achsanordnung A 1 + 1 A. Beide Motoren werden gleichzeitig von einem Führerstand durch ein Verbindungsgestänge geschaltet. Nach Beobachtungen erfolgen aber die Schaltungen trotzdem häufig nicht zu gleicher Zeit. An den Drehzahlmessern beider Motoren, die der Triebwagenführer vor sich hat, konnte man feststellen, daß oft nach dem Schalten die Drehzahl des einen Motors um 100 bis 200 Umdrehungen von der des anderen verschieden war. Erst nach einiger Zeit liefen beide Motoren mit derselben Drehzahl. Diese Tatsache erklärt sich dadurch, daß das Verbindungsgestänge trotz sorgfältiger Einstellung nach einiger Zeit toten Gang bekommt. Wenn also nach Ausführung der Schaltung für kurze Zeit nur ein Motor mit dem höheren Gang läuft, während der zweite noch nicht gekuppelt ist, so greift an dem Wagen nur die Hälfte der eigentlichen Leistung an. Die wenigen Sekunden, bis auch der zweite Motor mitwirkt, genügen, um in Steigungsstrecken eine Geschwindigkeitssteigerung zu verhindern. Fährt der Wagen dagegen im Gefälle wie nach dem Haltepunkt Hü, so erhält er nach dem Anfahren auch ohne Motorkraft eine Beschleunigung. Ein ungleichmäßiges Angreifen beider Motoren wird sich in diesem Falle nicht in einer Geschwindigkeitsverminderung auswirken.

Die Abweichungen der tatsächlich erzielten Geschwindigkeiten von den zeichnerisch ermittelten führten zu weiteren Schlüssen. Es ist anzunehmen, daß die Motoren während der Fahrt nicht die Leistungen hergeben, die auf dem Prüfstand erzielt wurden. Während auf dem Prüfstand der Motor ständig überwacht wird, die Auspuffgase ohne irgendeinen Widerstand in die Luft gehen und die Kühlwasserpumpe gleichmäßig Wasser von derselben Temperatur fördert, liegen die Verhältnisse beim eingebauten Motor wesentlich anders. Dem Führer ist die Überwachung des Motors nur zu bestimmten Zeiten möglich; die Auspuffgase gehen z. T. durch lange Leitungen, ehe sie ins Freie gelangen. Bei manchen Wagen werden sie im Winter auch noch zur Heizung des Wagens mitbenutzt. Es ist daher ein Gegendruck vorhanden, der nicht ohne Einfluß auf die Leistung des Motors sein kann. Außerdem arbeitet die Kühlwasserpumpe gegen größere Widerstände als auf dem Prüfstand, da sie die ganze Wassermenge durch den Kühler drücken muß. Das dem Motor zugeführte Wasser

hat daher auch nicht eine so gleichmäßige Temperatur wie bei Prüfstandsversuchen. Auch hierdurch dürfte auf eine geringere Motorleistung als bei Versuchen ermittelt, geschlossen werden können.

Um ein Bild darüber zu erhalten, welchen Einfluß bei der Entwicklung der V- und t-Linie über dem Streckenbild die Ansetzung einer geringeren Motorleistung ausübt, wurde für den leeren Triebwagen ein s/V-Diagramm entworfen unter Verwendung einer Motorleistung, die  $10\%$  geringer war als die Kennlinien des Motors aufweisen. Die hiermit gezeichnete V-Linie zwischen Hü und Hof zeigt in diesem Falle nur geringe Abweichungen von der V-Linie, die mit Hilfe des s/V-Diagramms für den vollbesetzten Wagen gezeichnet wurde. Die Fahrzeiten stimmen demgemäß auch fast vollkommen überein.

Zur Aufklärung der Abweichungen zwischen den gezeichneten und den gemessenen V-Linien wurden die auf der Probefahrt gemessenen Geschwindigkeitskurven integriert. Die dadurch erhaltenen Zeitkurven weichen in den Endpunkten um 7 bis  $8\%$  von den auf der Fahrt gemessenen Zeiten ab. Die letzteren mit Hilfe der Stoppuhr erzielten Werte sind als genau anzusprechen. Die Geschwindigkeitsmesser müssen demnach weniger zutreffend anzeigen. Außer der Trägheit des Instruments wird auch eine Rolle spielen, daß die Radreifen durch Abdrehen ihren Durchmesser verändert haben.

Zusammenfassend ist über die Ermittlung der Fahrzeiten von Triebwagen mit Verbrennungsmotor und Getriebeschaltungen nach zeichnerischen Verfahren zu sagen: Die Anwendung der bekannten Verfahren mit Ausnahme des Verfahrens von Unrein ist auch bei diesen Fahrzeugen möglich. Im Gegensatz zu den s/V-Diagrammen der Dampflokomotiven erhält man für die oben erwähnten Fahrzeuge Diagramme mit gebrochenen Linien. Während beim Diagramm der Dampflokomotive jeder Geschwindigkeit eine bestimmte Leistung und eine Steigung entspricht, gehören im Diagramm für Triebwagen zu den Schaltgeschwindigkeiten jedesmal zwei verschiedene Leistungen bzw. Steigungen. Da beim Unreinschen Verfahren das ausgeschnittene Diagramm zur Zeichnung der V-Linie geschwenkt werden muß, kann mit dem un stetigen Diagramm der diesel-mechanischen Triebwagen ein befriedigendes Ergebnis nicht erzielt werden.

Die Aufstellung eines einwandfreien s/V-Diagramms erfordert eine sorgfältige Auswahl der dazu notwendigen Werte. Die angewendete Widerstandsformel dürfte für alle älteren Triebwagen mit einer Geschwindigkeit bis zu  $70 \text{ km/h}$  brauchbar sein. Bei Wagen mit höheren Geschwindigkeiten wird besser eine Formel angewendet, in welcher der Einfluß der Kopfform und Oberflächengestaltung besonders berücksichtigt ist. Der Wirkungsgrad des Getriebes ist einigermaßen genau anzusetzen. Bei Verwertung der Motorcharakteristik muß eine um 10 bis  $20\%$  geringere Leistung des Motors angenommen werden. Am zweckmäßigsten wäre die Verwendung von s/V-Diagrammen, die in gleicher Weise wie bei den Dampflokomotiven auf Grund praktischer Versuche aufgestellt worden sind.

Beim Entwurf der V- und t-Kurven über dem Streckenbild ist auf die genaue Angabe des Haltepunkts der Triebwagen auf den Stationen zu achten. Die für das Umschalten notwendige Zeit muß für die einzelnen Wagengattungen durch Messungen bekannt sein. Je nach der Bauart können die Schaltzeiten sehr verschieden sein. Beim Umschalten in größeren Steigungen wird gegebenenfalls ein Geschwindigkeitsverlust zu berücksichtigen sein. Eine Unsicherheit bedeutet auch die Annahme einer Bremsverzögerung von  $0,3 \text{ m/sec}^2$ . Durch schärferes Bremsen kann ein Führer leicht die Fahrzeit

etwas verkürzen. Auch die Geschicklichkeit des Führers beim Schalten ist von Einfluß auf die Fahrzeit. Geht z. B. beim Befahren einer größeren Steigung die Geschwindigkeit des Wagens zurück, so daß der Führer auf einen niedrigeren Gang schalten muß, dann kann er durch schnelles Schalten das weitere Absinken der Geschwindigkeit verhindern, da sofort nach Eingreifen des niedrigeren Gangs eine wesentlich größere Leistung den Wagen vorwärts treibt.

Aus den vorstehend mitgeteilten Erfahrungen ist zu erkennen, daß die besprochenen Triebwagen mit Verbrennungs-

motor weniger elastisch sind als die Dampflokomotiven. Hinzu kommt, daß die Leistung der Wagen bei Einsatz auf Strecken mit vielen Steigungen fast ständig ausgenutzt wird. Diese hohe Beanspruchung der Wagen und das Fehlen einer Kraftreserve macht sich dann leicht in häufigen Beschädigungen unangenehm bemerkbar. Die neuen mit wesentlich stärkeren Motoren oder mit geringerem Gewicht gebauten Triebwagen dürften in dieser Beziehung eine Besserung schaffen und die weitere Verwendung dieser wirtschaftlichen Verkehrsmittel bedeutend fördern helfen.

## Rundschau.

### Der Schienentriebwagen im Neben- und Kleinbahnbetrieb.

Die Zeitschrift „Verkehrstechnik“ hat der Entwicklung des Schienentriebwagens auf Neben- und Kleinbahnen eine besondere Nummer — Heft 30 des Jahrgangs 1932 — gewidmet, in der die Bedeutung der neuen Fahrzeugbauart mit ihren wirtschaftlich günstigen Rückwirkungen für den Betrieb gewürdigt wird. Im Hinblick auf die Bestrebungen der großen Eisenbahnverwaltungen bei ähnlich gelagerten Verkehrsverhältnissen, heben wir daraus das Nachstehende hervor.

Triebwagen sind u. a. in Benützung bei der Halberstadt-Blankenburger-Eisenbahn, der Kleinbahn Lüdeburg-Soltau, Grifte-Gudensberg usw. Um ihre Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten, ist einfache Bedienung, geringe Reserve (25 %) und die Beachtung gewisser Konstruktionsgrundsätze notwendig, wie sie in besonders scharf umrissener Form der verstorbene Generaldirektor Steinhoff der Blankenburger-Eisenbahn und Dr. Ing. Kettler aufgestellt hat.

Vor allen Dingen müssen die Triebwagen leicht gebaut werden, um die Ausgaben für Betriebsstoffe und Oberbauunterhaltung möglichst gering zu halten. Das gilt ganz besonders für Gebirgstrecken. Das wirtschaftliche Optimum des Leichtbaues wird erreicht bei Verwendung von hochwertigem Stahlblech für die tragenden Teile (Spanten für Wagenkasten, Längsträger, Versteifungen) und von Leichtmetall für die nichttragenden Teile (Ausstattungsgegenstände, Fenstergriffe, Türbeschläge, Gepäcknetzträger und dergl.). Versuche haben ergeben, daß die Wagen bei ausschließlicher Verwendung von Leichtmetall zwar um 12 v. H. leichter, dafür um 40 v. H. teurer werden.

Eine Leichtbauweise kann nur erreicht werden, wenn man darauf verzichtet, den Triebwagen mit den normalen Fahrzeugen des Eisenbahnbetriebs in den allgemeinen Verkehr einzustellen. In diesem Fall werden die großen Zug- und Stoßkräfte vermieden und man braucht die Zug- und Stoßvorrichtungen nur so zu dimensionieren, daß das Fahrzeug bei Störungen abgeschleppt werden und im normalen Betrieb einen Anhänger mitnehmen kann.

Die Anordnung der Maschinenanlage muß so getroffen werden, daß ihr unmittelbar benachbart Diensträume liegen, daß Geräusch und Ölgeruch von den Reisenden ferngehalten und daß keine Erschütterungen auf den Wagenkasten übertragen werden. Die Anbringung von Dachlüftern und eines Entlüftungsschachtes ist besonders empfehlenswert. Trotzdem verlangen die Reisenden in den meisten Fällen herablaßbare Fenster. Zur Erzielung genügenden Reibungsgewichtes werden die schweren Maschinenteile tunlichst über der Triebachse oder dem Triebdrehgestell eingebaut. Dabei ist auf einfachen Ein- und Ausbau Bedacht zu nehmen, um die Überholungsarbeiten zu erleichtern. Eine Totmannseinrichtung sorgt für eine selbsttätige Abschaltung der Anlage und Betätigung der Bremsen. Dadurch kommt man mit Ein-Mann-Bedienung aus.

Als Kraftantrieb wird dank seines geringen Leistungsgewichtes (kg/PS) mit Ausnahme von einigen Versuchsausführungen fast durchweg der Verbrennungsmotor verwendet, und zwar wird der Dieselmotor dem Benzin- oder Benzolmotor vorgezogen, weil bei ersterem der Brennstoffverbrauch und -preis, ferner die Brandgefahr geringer ist. Um eine ausreichende Kühlung zu erreichen, soll man sich nicht auf die Kühlwirkung des Fahrtwindes allein beschränken, die in den Steigungen ungenügend ist, sondern außerdem für Fremdlüftung (Ventilatoren) sorgen.

Von den Kraftübertragungen eignet sich die rein mechanische, die ähnlich wie bei den Kraftwagen als Stufengetriebe ausgeführt wird, nur für die leichteren Triebwagen, weil bei diesen die zu bewegenden Massen geringer und deshalb die mit dem Schalten verbundenen Zugkraftunterbrechungen tragbar sind. Durch die Herstellung von Motoren und Stromerzeugern mit hohen Drehzahlen ist es gelungen, das Gewicht der elektrischen Übertragung soweit zu senken, daß sie schon bei Leistungen von 100 PS an angewendet werden kann. Ihre Vorzüge: Stufenloses Schalten, gleichmäßige Belastung und vollkommene Ausnutzung des Diesel-Motors, geringere Unterhaltungskosten, Unabhängigkeit in der Verteilung des Antriebes, gleichbleibendes Drehmoment am Radumfang, sind bekannt.

Dadurch werden die Nachteile — etwas höheres Gewicht und höherer Preis, sowie geringerer Wirkungsgrad als bei mechanischer Übertragung — aufgewogen.

Wegen der ständigen Zunahme der Brennstoffpreise wurden in letzter Zeit auch wieder Versuche mit Sauggas-Fahrzeugmotoren gemacht, die Holzgas mit eigenen Generatoren herstellen. Angefahren wird mit Leichtöl, während der Fahrt wird dann auf Holzgas umgeschaltet. Auch die Dampfmaschine, die sich das Gebiet der Triebwagen zurückzuerobert, versucht, kommt zur Anwendung. Hierfür werden besonders leichte, aus hochwertigen Baustoffen hergestellte Dampferzeugungsanlagen (meist mit Ölfuehrung) entwickelt.

Besonderes Augenmerk wird den Bremsen und Rädern zugewendet. Von der normalen Radklotzbremse ist man abgegangen.

Man gebraucht Einkammer-Druckluftbremsen, welche die Backen von außen auf Bremstrommeln pressen. Sie sind mit einer selbsttätigen Lastabbremsvorrichtung versehen, die den Übergang von Druckluft in die Bremszylinder je nach dem Gewicht des Wagens regelt. Die Vorteile dieser Bremsbauart sind: Geringes Gewicht, weil die schweren Übertragungs- und Ausgleichhebel entfallen, große Übersetzung und kleiner Luftverbrauch bei kleinem Luftspalt zwischen Bremsbacken und Bremstrommel, Vermeidung des Loswerdens von Radreifen.

Die Radsätze werden, um das Gewicht und die Abnutzung zu verringern, aus Material von ca. 80 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit angefertigt. Diese darf nicht übersteigert werden, damit nicht andererseits die Schienen zu früh ausgewechselt werden müssen. Am besten ist es, wenn die Abnutzung so fortschreitet, daß die Auswechsellung oder das Abdrehen der Radsätze auf eine größere Untersuchung oder Ausbesserung fällt.

Mit Rücksicht auf die Reisenden und um die Lebensdauer des Oberbaues und der Fahrzeuge zu erhöhen, werden vielfach zwischen Radreifen und Radstern elastische Zwischenlagen aus Gummi und dergleichen eingelegt. Auch Räder mit Gummibereifung werden angewendet (Micheline Frankreich, Budd USA). Diese haben zwar einen größeren Rollwiderstand als Eisenräder gleichen Durchmessers, dafür aber eine ungefähr dreifache Reibungsziffer auf der Schiene gegenüber den letzteren. Wagen mit solchen Rädern brauchen daher ein kleineres Reibungsgewicht und können trotzdem rasch beschleunigt und verzögert werden.

Nach den Erfahrungen der Halberstadt-Blankenburger-Eisenbahn kann man mit folgenden Wagentypen sämtlichen Bedingungen eines Nebenbahnverkehrs mit Flachland- und Gebirgstrecken genügen, da die Wagen auch noch zu verschiedenen Einheiten gekuppelt werden können:

Sechssachsige Triebwagen für 150 Personen, 65 km Höchstgeschwindigkeit, Betriebsgewicht 34 t, Nutzlast 12 t. Zwei Dreh-

gestelle, ein Triebdrehgestell in der Mitte, dessen Achsen einzeln mit dem Wagenkasten durch Lenker verbunden sind. Über dem Mitteldrehgestell sind die mit den Generatoren direkt gekuppelten Dieselmotoren von je 120 PS senkrecht zur Wagenlängsrichtung angeordnet. Ein Ersatztriebgestell wird vorgehalten.

Vierachsige Triebwagen für 100 Personen, Betriebsgewicht 24 t, Nutzlast 8 t. Ein Laufgestell, ein Triebgestell mit dem 150 PS-Antrieb darüber. Das Triebgestell ist hier wie das Laufgestell ausgebildet (keine Lenker). Die übrige Anordnung ist wie bei den sechsachsigen Triebwagen.

Zweiachsige Triebwagen für 80 Personen, Betriebsgewicht 14 t, zwei Deichselachsen nach jeder Seite mit Rückstellung durch die Federgehänge. Angetrieben wird nur eine Achse, eine Ersatztriebachse wird vorgehalten. Das Antriebsaggregat (120 PS) ist dasselbe wie das von den sechsachsigen Wagen.

Vierachsige Beiwagen für 120 Personen, Gewicht 15,5 t.

Zweiachsige Beiwagen für 80 Personen, Gewicht 8,5 t.

Zweiachsige Post- und Gepäckwagen, Gewicht 9 t. Dieses Fahrzeug ist vorgesehen für besonders starken Post- und Gepäckverkehr und wird dann an den sechsachsigen Wagen angehängt.

Schließlich ist in dem Sonderheft noch ein französischer Schienenomnibus erwähnt, der ohne Beiwagen fährt und weder Zug- noch Stoßvorrichtung hat. Das Eigengewicht ist nur 6,5 t, die Nutzlast 5,5 t, entsprechend einem Fassungsvermögen von 61 Sitzplätzen, also einem Sitzplatzgewicht von 108 kg. An dem Eigengewicht sind vergütete Leichtmetalle und Stahl mit je 2,0 t beteiligt. Als Fußboden wurde Leichtmetallwellblech von 1,5 mm Stärke verwendet. Auch das Blech für die Innenverkleidung ist nur 1 mm stark. Der Antrieb erfolgt von einem 75 PS Dieselmotor über ein Dreigangstufengetriebe auf die Hinterachse.

Genzenmüller.

### Eisenbahnfahrzeuge mit Luftgummi-Radreifen.

Wie die französische Südbahn, verwendet neuerdings auch die französische Ostbahn mit Gummiluftreifen ausgerüstete Leichtmotorwagen; die französische Ostbahn hat davon 30 Stück für Nebenbahnen in Dienst gestellt. Auch hat die London-Mittelland-Schottische Eisenbahngesellschaft Versuchsfahrten mit einem von französischer Seite zur Verfügung gestellten Wagen ausführen lassen. Ferner sind in Anlehnung an die französische Bauform in Amerika von der Budd-Gesellschaft derartige Schienenomnibusse gebaut worden.

Das französische Fahrzeug, dessen allgemeiner Aufbau bereits aus früheren Veröffentlichungen bekannt ist, stellt das Ergebnis einer Reihe von Versuchen der Michelin-Reifengesellschaft dar, die den Zweck hatten, ein Leichtfahrzeug für solche Zweigbahnen zu schaffen, auf denen durch eine dichte Zugfolge von kleinen Einheiten eine Belegung des Verkehrs erwartet wird. Als besonders bemerkenswert ist die Ausführung der mit Luftgummi bereiften Räder zu erwähnen. Bei Luftbereifung muß, um sowohl einen geringen Raddruck als auch eine möglichst geringe Achsenzahl zu erhalten, das Fahrzeug so leicht als möglich gebaut sein. Dies wurde erreicht durch Verwendung von Baustoffen des Flugzeugbaues; damit konnte ein Raddruck von nur 650 kg eingehalten werden. Allerdings mußte hierzu das Gesamtgewicht von 6500 kg auf fünf in zwei Drehgestellen angeordnete Achsen verteilt werden. Die inneren und äußeren Räder sind unabhängig voneinander drehbar wie beim Kraftwagen. Der Antrieb erfolgt daher auch hier über ein Differentialgetriebe. Dagegen sind die Achsen nicht lenkbar, behalten vielmehr ihre parallele Lage bei. Während also die aus den ungleichen Laufwegen am äußeren und inneren Schienenstrang folgenden Gleitwege der gewöhnlichen Eisenbahnräder hier entfallen, bleibt die Querverschiebung, die bekanntlich größer ist als die Gleitung im Umfange, bestehen. Die Erfahrung muß daher lehren, ob diese Quergleitung auch in Kurven mit kleinen Krümmungsradien unter elastischen Erscheinungen vor sich geht oder unter gleitender Reibung. Im letzteren Falle ist wohl eine rasche Zerstörung des Gummis zu erwarten.

Die Reifenform — eine Spezialform — zeigt die nebenstehende Abbildung. Der Reifen hat ebene Flanken; er wird mit 5 kg/cm<sup>2</sup> aufgepumpt und durch einen abnehmbaren Ring gegen den innenliegenden Spurkranz gedrückt. Die Reifenauswechslung erfordert 3 bis 5 Minuten. Die Räder haben Scheibenform, bei einem Durchmesser von 685 mm eine Breite von 100 mm und sind wie bei

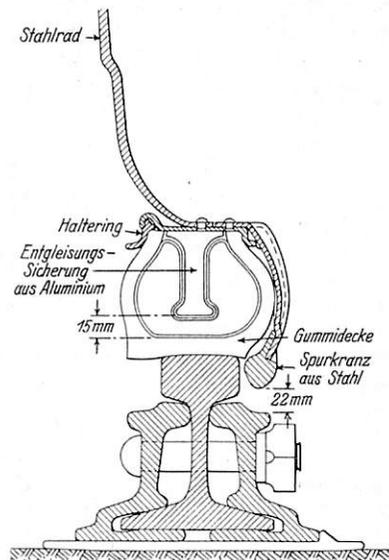
Straßenkraftwagen von den innenliegenden Bremsstrommeln abnehmbar. Im Innern des Reifens ist ein Radkranz aus Holz, Leichtmetall oder Bakelite, der im Falle eines Reifenschadens die Last abstützt. Entweicht die Luft, so kann der Reifen nicht weiter als 15 mm einsinken. Signallampen am Führerstand leuchten auf, sobald der Druck in irgend einem Reifen um 1 kg/cm<sup>2</sup> nachläßt. Die Laufleistung eines solchen Reifens wird mit 30000 km angegeben. Die Haftung solcher Räder auf der Schiene soll ungefähr dreimal so groß als die der Eisenräder sein, so daß trotz des geringen Gewichtes stärker als bisher beschleunigt und verzögert werden kann. Angeblich können diese Fahrzeuge auf einer Strecke von etwa 600 m auf eine Geschwindigkeit von 80 km/h gebracht werden. Die Bremswege sind mit 55 m bei feuchten, bzw. von ca. 40 m bei trockenen Schienen bei einer Geschwindigkeit von 90 km/h angegeben, doch scheinen uns diese Zahlen unwahrscheinlich niedrig.

Nach den Berichten haben die Wagen ruhigen, erschütterungsfreien Lauf. Sie sind für Einmannbedienung geeignet.

Die von der Edward-Budd-Gesellschaft in Philadelphia gebauten Schienenomnibusse passen sich hinsichtlich des allgemeinen Aufbaues und der Drehgestellanordnung mehr dem herkömmlichen Eisenbahnfahrzeugbau an. Sie haben zwei dreiachsige Drehgestelle. Form I kann nur nach einer Richtung, Form II nach beiden Richtungen gefahren werden.

Gegenüberstellung der beiden Typen:

	Französische Form	Amerikanische Formen	
		I	II
Gesamtlänge . . . . .	m	13,0	15,3
Gesamtbreite . . . . .	„	2,46	3,14
Drehzapfenabstand . . . . .	„	9,0	9,17
Radstand der Drehgestelle, vorn . . . . .	„	2,35	2,03
„ „ „ hinten . . . . .	„	1,4	2,03
Reifenabmessungen . . . . .	mm	838 × 102	838 × 114
Achszahl . . . . .		5	6
Sitzplatzzahl . . . . .		24	47
Leergewicht . . . . .	kg	4370	8200
Raddruck . . . . .	„	650	1370
Motorstärke . . . . .	PS	90	125
Höchstgeschwindigkeit . . . . .	km/h	90	90



Der Rahmen der Drehgestelle ist genietet und besteht aus Flußstahlträgern. Er hat gegen den Wagenkasten keine Seitenverschiebbarkeit und ruht auf Gummipuffern, die durch Joche paarweise mit den Achslagergehäusen verbunden sind. Jeder Puffer besteht aus vier Gummischeiben, zwischen die Stahlblechscheiben eingelegt sind. Die Joche selbst sind ebenfalls über Gummipuffer auf den Achsgehäusen gelagert.

Die Räder sind abnehmbar, Radscheibe und Spurkranz aus einem Stück gepreßt. Im Gegensatz zur französischen Ausführung, bei der ein besonderer Ring eine Entgleisung bei Reifenschäden verhindern soll, hat hier die Felge selbst in der Mitte einen Wulst, wodurch bei einem Entweichen der Luft der Reifen nur 15 mm einsinken kann. Die Laufflächen sind glatt und von annähernd zylindrischem Querschnitt. An sämtlichen Rädern sind Innenbackenbremsen.

Besondere Erwähnung verdient der Bau des Untergestelles und des Gerippes, das mit Ausnahme des Daches, vollkommen aus hochwertigem Stahl angefertigt ist und nur 1270 kg wiegt. Das Material ist durch Beimengung von 18 v. H. Chrom und 8 v. H. Nickel sehr widerstandsfähig gegen Rost, salzhaltige Luft und sonstige atmosphärische Einflüsse. Dadurch wird der Anstrich erspart. Durch seine hohe Dehnungsfestigkeit von ca. 130 bis 140 kg/mm<sup>2</sup> ermöglicht es eine Anwendung in sehr dünnen Querschnitten. Besondere Schwierigkeiten bot eine geeignete Verbindung solcher dünner Profile von weniger als 1 mm Stärke. Die Verwendung entsprechend schwacher Nieten ist wegen ihrer geringen Tragflächen nicht möglich. Die Schweißung üblicher Art dagegen zerstört durch Ausglühen des Materials in der Nähe der Schweißnaht dessen Festigkeit und chemische Eigenschaften. Die Budd-Gesellschaft hat daher ein besonderes Punktschweißverfahren entwickelt und dadurch diese Nachteile überwunden.

Der Rahmen besteht aus kaltgewalzten Spezialprofilen von 0,75 mm Stärke. Die Hauptträger sind zu einem Fachwerk zusammengefügt, das die Längsträger des Untergestelles bildet. Zwischen den Bindern sind zur Versteifung Diagonalstäbe aus 0,25 mm starkem Wellblech eingezogen.

Beim Wagenkasten werden im wesentlichen dieselben Bauelemente (Seitenstreben, Dachspriegel u. dergl.) verwendet wie bei normalen Ganzstahlpersonenwagen. Die Verkleidung besteht aus gewölbten, 0,25 mm starken Blechtafeln. Diese sind nichttragend und der Länge nach an den Innenwänden aneinander, an den Enden so an die Seitenstreben angeschweißt, daß sie den Formänderungen des Rahmens folgen können, ohne sich zu werfen oder zu zerziehen. Das Aluminiumdach ist mit Nieten an den Spriegeln befestigt. Der Boden ist bei dem einen Wagen aus Holz, bei dem anderen aus zusammengeschweißten Wellblechtafeln und mit Korkplatten belegt. Die von den Fenstern freigelassenen Flächen sind mit gummibespannten Tafeln aus Mikarta bedeckt. Die Fenster sind unzerbrechlich, vollkommen dicht, jedoch ohne Vorrichtung zum Öffnen. Dafür ist für ausreichende Lüftung gesorgt.

Die Sitze sind doppelseitig, aus Stahlrohren angefertigt und wiegen einschließlich der Polsterung ca. 15,5 kg.

Die Heizung geschieht durch das Kühlwasser.

Der Antrieb erfolgt beim Wagen I durch einen Chrysler-Benzinmotor über ein Stufengetriebe und eine Kette; der Wagen II hat eine dieselelektrische Anlage. Der Motor mit einem besonders leichten 250 V-Spezial-Generator ist in Wagenlängsrichtung auf dem einen Drehgestell, der Treibmotor auf dem anderen angeordnet, dessen Endachsen er antreibt. Die Maschinenanlage sitzt ziemlich tief und kann durch einen Deckel gereinigt und nachgesehen werden. Bei Untersuchungen kann das Ende des Wagenkastens gehoben und das Drehgestell mit der ganzen Anlage herausgefahren werden. Besondere Vorrichtungen erleichtern das Lösen und Verbinden der elektrischen und sonstigen Leitungen, so daß der Umstand, daß die Maschinen vom Wagenkasten getrennt angeordnet sind, keine Schwierigkeiten bereitet. Das Fahrzeug kann mit 0,9 m<sup>2</sup>/sec beschleunigt und aus der Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h auf 122 m zum Halten gebracht werden. Um trotz der isolierenden Wirkung der Gummibereifung die Signalstromkreise betätigen zu können, wurden zwischen den Rädern vier Paar Bürsten vorgesehen, welche die metallische Verbindung zwischen den Schienen herstellen.

Rbm. Ganzenmüller.

## Wettbewerb zwischen Schienen- und Straßenverkehr in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Generaldirektor Seefehlner der Österreichischen Bundesbahnen hat zum Studium der Frage des Wettbewerbs zwischen Eisenbahn und Kraftwagen in Amerika eine Studienreise dorthin unternommen. Aus einem darüber gehaltenen bemerkenswerten Vortrag entnehmen wir folgende Hauptergebnisse. Die amerikanischen Bahnen leiden unter dem Wettbewerb mindestens in dem gleichen Maße wie die Bahnen in anderen alten Eisenbahnländern, wie vor allem die Österreichischen Bundesbahnen und die Deutsche Reichsbahn — kein Wunder, wenn man die in Amerika besonders weit getriebene Entwicklung des Autos kennt.

Gemessen an der Zahl der gestellten Güterwagen in den ersten 8 Monaten 1932 ist der Verkehr um 41 % weniger gewesen als im gleichen Zeitraum 1930. Die Einnahmen gingen im ersten Halbjahr 1932 um 31 % gegen das erste Halbjahr 1930 zurück (218 Millionen gegen 315). 750000 Güterwagen stehen unbenützt. Die Aktien der Bahnverwaltungen sind dementsprechend auf den vierten Teil und darunter gefallen.

Die Ausbreitung des Autos hat seine Gründe in der außerordentlichen Vollkommenheit der Wagen, im billigen Anschaffungspreis und in den ausgezeichneten Landstraßen, dann aber, soweit der Personenverkehr in Frage kommt, in der verstärkten Durchführbarkeit des unmittelbaren Verkehrs zwischen dem Verkäufer und seinen Kunden, auf den in Amerika ganz besonderer Wert gelegt wird. Weiterhin wirkt sich ebenso wie bei uns die ungleiche Verteilung der Lasten aus. Die Eisenbahnen sind durch behördliche Einengungen und gesetzliche Verpflichtungen, vor allem aber durch die Notwendigkeit ihre Wege vollständig aus eigenen Mitteln zu unterhalten, außerordentlich im Nachteil gegenüber dem Auto, das erheblich weniger an solchen Lasten zu tragen hat, dazu bezüglich der Gewinnung von Rückfracht besser daran ist und sich die gewinnbringenden Versandgeschäfte herausucht. S. vergleicht das Auftreten des Kraftwagens mit dem Auftreten der Eisenbahn. Damals hat die Eisenbahn zwar auch große wirtschaftliche Härten für manchen Gewerbezweig gebracht, aber den Schaden bald ausgeglichen durch die ungeheuere Entwicklung der Wirtschaft. Der Autoverkehr sei aber parasitär, er nehme der Eisenbahn zu ihrer Existenz nötige Verkehrsanteile weg. — Die Wettbewerbsfähigkeit wird in Amerika weiter durch zu hohe Tarife der Eisenbahn eingeschränkt, die wieder auf zu hohe Bezüge des Personals zurückgeführt werden müßten.

Selbstverständlich kämpfen auch die amerikanischen Eisenbahnen aufs äußerste um die Beeinträchtigung ihrer Existenz. Sie pflegen „Dienst am Kunden“, bemühen sich durch Zusammenlegung parallellaufender Bahnen an Ausgaben zu sparen, erhöhen die Reisegeschwindigkeit, gehen zu elektrischem Betrieb über usw.

Das wichtigste ist aber, was S. am Schluß seines Vortrages unter Nutzenanwendung auf andere Bahnen sagt: daß der Fortbestand der Bahnen ohne Schutz gegen den in vorteilhafter Lage befindlichen Wettbewerb der Straße unmöglich sei, und daß diese Einsicht auch in Amerika noch nicht zum Durchbruch gekommen sei. Dieser Schutz müsse aber kommen, da der Fortbestand der Bahnen, die ja Einrichtungen zum Volkwohl sind und den weitaus größten Teil des Transportes auch zukünftig übernehmen müssen, unbedingt nötig und ihr finanzielles Gleichgewicht eine für einen geordneten Staatshaushalt selbstverständliche Forderung ist.

Ue.

„Bildwort-Englisch“. Technische Sprachhefte. Heft 4 Transportation. VDI-Verlag. DIN A 5, IV/37 Seiten mit 42 Abbildungen. Broschiert *R.M.* 1,50 (VDI-Mitglieder *R.M.* 1,35). — Wie im Schulgebrauch zur Aneignung des nötigen Wortschatzes und der Befähigung zum Ausdruck in der fremden Sprache längst Bücher mit zusammenhängenden Redewendungen und Gesprächen aus dem täglichen Leben, aus Familie, Schule usw. benutzt werden, so sind in der vorliegenden Sammlung geschlossene Beschreibungen in zusammenhängenden Sätzen über die wichtigsten Maschinen und technischen Einrichtungen zusammengestellt, verbunden mit der das Verständnis und die rasche Aneignung besonders fördernden beschrifteten Zeichnung. — Die Hefte, die sich gedrängter Kürze befleißigen und auch deshalb gerne in die Hand genommen werden, können als vortreffliches Mittel zur Erweiterung der Sprachkenntnisse des Ingenieurs zunächst in der für ihn ja besonders wichtigen englischen Sprache angesehen werden. Das uns vorliegende Heft 4 behandelt das Transportwesen (Eisenbahnfahrzeuge, Automobile, Luftverkehrsmittel, Krane und Verladeeinrichtungen).