

# Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

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

89. Jahrgang

10. Januar 1934

Heft 1/2

## Die Entwicklung des Triebwagens mit eigener Kraftquelle in den Vereinigten Staaten und Kanada\*).

Von Reichsbahnrat Dipl.-Ing. Fr. Witte, V.D.I., Berlin.

Hierzu Tafel 1.

Die technische Entwicklung im amerikanischen Eisenbahnwesen läßt erkennen, daß bis zum Jahre 1929, als dem Gipfelpunkt der Prosperität, bei dem ständig wachsenden Verkehr und Einnahmeüberschuß, der trotz des fühlbar werdenden Wettbewerbs anderer Verkehrsmittel noch vorhanden war, der Ingenieur keinen unmittelbaren Anlaß fand, zu einer spezifisch höheren Ausnutzung von Baustoff und Betriebsstoff überzugehen. Aus dem Vollen wirtschaftend, arbeitete der Konstrukteur im Fahrzeugbau teilweise mit Gewichten, die zunächst jeden Sinnes zu entbehren scheinen. Sieht man aber tiefer in die ganze Handhabung des Betriebs hinein, so erkennt man die Gründe. Allein schon die Einführung der Mittelpufferkupplung hat einen außerordentlichen Einfluß auf die Konstruktion der Wagen genommen. Das Spiel in den Kuppelungen und die Vereinigung der Aufgabe, Zug- und Druckkräfte im gleichen Organ aufzunehmen, auf der anderen Seite die für das Anfahren der Züge technisch unvollkommenen Regler bei den Lokomotiven bringen im Augenblick des Anfahrens außerordentlich starke Stoßbeanspruchungen in die Wagenkonstruktion. Entsprechende Verstärkung unter Aufwand von Gewicht soll dem entgegenwirken. Damit wird das Wagengewicht größer, die Leistung der Lokomotive und ihre Zugkraft muß gesteigert werden. Damit wachsen wieder die Beanspruchungen beim Anfahren und so haben sich gewissermaßen gegenseitig Leistung und Größe der Maschinen und Gewicht und Widerstandsfähigkeit der Wagen bis auf den heutigen Stand hinaufgeschraubt. Der in dem Pullmanwagen wegen der langen Reisezeiten dem Reisenden gebotene Komfort trug weiter zur Gewichtssteigerung bei. Man muß sich diese Entwicklung vor Augen halten, um die Entwicklung, die parallel dazu auf dem Gebiete des Triebwagens vor sich geht, verstehen zu können. Jede Erörterung technischer Möglichkeiten zur Verminderung des Gewichtes wird von dem amerikanischen Eisenbahner heute noch in den meisten Fällen mit dem Hinweis „Safety first“ beantwortet. Er schreckt selbst bei den Triebwagen — und das soll hier vorweg genommen werden — nicht davor zurück, die gleichen Sicherheitsbedingungen für Zusammenstöße wie bei dem Dampfzug zu stellen, so auch im Hinblick auf Zusammenstöße mit schweren Straßenlastzügen. Damit gibt er dem Omnibus und Lastwagen, die sich hierum nicht kümmern, das Feld zu überlegener Entwicklung frei. Man darf allerdings dabei nicht übersehen, daß die staatlichen Aufsichtsbehörden wesentlich hierzu beigetragen haben.

Hier mögen nur einige Zahlen über den amerikanischen Wagen und Zug angeführt werden. Die Züge zeigen selbst im dicht besiedelten Osten z. Z. eine Besetzung von 75 bis 100 Reisenden, denen acht bis zehn Wagen zur Verfügung stehen. Das Gewicht eines solchen Zuges ausschließlich Lokomotive und Tender beträgt 600 bis 800 t. Mit Lokomotive kommt man auf über 1000 t.

Aus oben angeführten Gründen und im Zusammenhang mit Einflüssen, die noch von außen hinzugekommen sind, ist

\*) Auszug aus einem Bericht über eine im Auftrag der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft unternommene Studienreise.

der amerikanische Triebwagen mehr den Weg einer lokomotivähnlichen Entwicklung gegangen als denjenigen, der ihm nach seiner Bezeichnung als Wagen hätte zukommen sollen.

Allerdings darf man hierbei nicht übersehen, daß im Vergleich zu den Verhältnissen bei der Reichsbahn ein sehr gewichtiger Umstand die Entwicklung des leichten Triebwagens mit einer Kraftquelle von etwa 100 bis 150 PS von vornherein stark ungünstig beeinflusst hat. Das ist das bewunderswert ausgebaute Straßennetz der Vereinigten Staaten einerseits und die niedrigen Beschaffungs- und Betriebskosten des privaten Kraftwagens und Omnibusses andererseits. So kam die American Railway Association in ihrer Mechanical Division auf ihrer letzten Tagung zu dem Schluß, daß in Zukunft als Hauptbetätigungsfeld des Triebwagens die Zugförderung, d. h. das Zusammenarbeiten mit zwei bis vier Anhängern in Frage komme, da diese Art von Verkehrsbedienung für amerikanische Verhältnisse dem nur mit großen Einheiten arbeitenden Dampftrieb wirtschaftlich überlegen ist. Wegen des Wettbewerbs mit dem Kraftwagen haben in vielen Fällen die Eisenbahnen auf ihren Zweiglinien mit geringem Verkehr den Personenverkehr überhaupt ganz aufgegeben. Da sie in der Stilllegung derartiger Linien aber nicht ihrem eigenen freien Ermessen überlassen sind, sondern die staatliche Aufsichtsbehörde, die ICC. \*) ein gewichtiges Wort mitzureden hat, findet sich ein eigenartiger Einfluß auf die Gesamtbildung dort eingesetzter Wagen; sie dienen in erster Linie dem Post-, Fracht- und Eilgutverkehr und — wenn überhaupt — nur in untergeordnetem Maße dem Personenverkehr. Der Einfluß dieser Umstände auf die Maschinenleistung und auf den Verwendungsumfang des Triebwagens geht aus den nachstehenden Ausführungen hervor.

### Entwicklung der Triebwagenverwendung in den Vereinigten Staaten.

Die Entwicklung des Triebwagens setzte parallel mit dem von Tag zu Tag fühlbarer werdenden Wettbewerb des Kraftwagens und dem vom Staat geforderten Ausbau des Straßennetzes, der einen Teil des in den Bahnen angelegten Kapitals brach legte, sehr bald nach Kriegsende ein. Aus den Berichten der ARA. \*\*) findet man als Stichjahr, in dem die ersten neuen Nachkriegsbauarten erschienen, das Jahr 1922. Bis 1933 sind seitdem 769 Triebwagen in den Vereinigten Staaten, Kanada und Mexiko in Betrieb genommen worden. Es handelt sich hier um die Erhebungen bei 142 Eisenbahngesellschaften, von denen aber nur 64 über Triebwagen verfügen. Wie sich die Beschaffung auf die einzelnen Jahre verteilt und wie bereits mit dem Ende der wirtschaftlichen Blüte auch die Beschaffung der Triebwagen zurückgegangen ist, zeigt folgende Aufstellung:

Zahl der jährlich in Dienst gestellten Wagen:

1923: 14; 1924: 32; 1925: 107; 1926: 93; 1927: 129; 1928: 141; 1929: 140; 1930: 64; 1931: 43; 1932: 6; 1933: 0; insgesamt: 769 Triebwagen.

\*) Interstate Commerce Commission.

\*\*) American Railway Association.

In Zusammenstellung 1 sind von den derzeitigen Bauarten Hauptdaten zusammengestellt. Das Anwachsen der durchschnittlichen Maschinenleistung zeigt folgende Aufstellung.

Durchschnittliche PS pro Triebwagen (in Auftrag gegeben):  
1923: 97,5; 1924: 97,0; 1925: 182,0; 1926: 231,0; 1927: 274,0; 1928: 293,0; 1929: 399,0; 1930: 430,0; 1931: 446,0; 1932: 508,0; 1933: —.

Diese Zahlenreihe kennzeichnet die ganze technische Entwicklung des Triebwagens in den Vereinigten Staaten. Die Steigerung der PS ist viel weniger auf das Bestreben, höhere

Geschwindigkeiten fahren und besser beschleunigen zu können, zurückzuführen, als auf die erwähnte Umstellung im Grundgedanken: Zurückstellen des Wettbewerbsgedankens gegenüber dem Kraftwagen und Übergang zum Ersatz des leichten Dampfzuges durch einen anderen Zug, nicht durch einen Wagen, der beispielsweise häufiger verkehrt. Die Dampflokomotive kleiner Leistung, wie sie für eine derartige Umstellung zur Herabsetzung der Betriebskosten erforderlich wäre, ist in den Vereinigten Staaten bis heute in ihrer Entwicklung stiefmütterlich behandelt worden. Es ist bemerkenswert, daß

Zusammen-  
Hauptabmessungen von

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	Leistung der Verbrennungsmotoranlage . . . . . PS		300	300	350	400	400	400	2×300	275	275
3	Bauart	Dieselmotor	Beardmore	Westinghouse	Westinghouse	Westinghouse	Westinghouse	Beardmore	Westinghouse	—	—
		Vergasermotor	—	—	—	—	—	—	—	Winton	Hall Scott
4	Betriebsverwaltung —		Canadian National Railroad	Pennsylvania Railroad	Canadian National Railroad	Great Northern Railroad	Great Northern Railroad	Canadian National Railroad	Erie-Railroad	Boston and Maine Railroad	Chesapeake and Ohio Railroad
5	Bauart der Wagen		Personen- u. Gepäckwagen	Personenwagen	Gepäck- u. Personenwagen	Post-, Gepäck- und Personenwagen	Post- und Gepäckwagen	Personen- u. Gepäckwagen	Post- und Gepäckwagen	Gepäck- u. Personenwagen	Personen-, Post- und Gepäckwagen
	und Lieferjahr . . . . .		1926	1929	1929	1930	1930	1925	1930	1926	1929
6	Zahl der Wagen . . . . .		5	2	9	1	1	2	1	10	6
7	Fahrgeschwindigkeit . . . . . km/h		90	90	90	90	90	90	90	90	90
8	Achsanordnung . . . . .		2 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgest.	3 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgest.
9	Zahl der Treibachsen . . . . .		2	2	2	2	2	4	4	2	2
10	Gesamter Achsstand . . . . . mm		18 500	18 500	18 669	18 500	18 500	25 750	18 200	18 600	20 000
11	Drehgestellachsstand . . . . . mm		2438/2134	2438/2134	2438/2134	2438/2134	2350	2300	2300	2100	2200
12	Raddurchmesser . . . . . mm		900	900	900	900	900	900	900	850	850
13	Leergewicht des Triebwagens . . . . . kg		70 600	66 600	72 000	72 000	66 200	85 200	94 250	58 800	57 800
14	Lastverteilung	vorn (Mot.-Raum) %	65	65	65	60	60	42	63	62	65
		hinten . . . %	35	35	35	40	40	26	37	38	35
15	Zahl der Sitzplätze		57	72	37	22	0	126	0	84	40
16	Größe des Maschinenraums mm <sup>2</sup>		5131×3100	5182×2900	5131×3100	4826×2950	4650×2825	4950×3100	5486×2900	2890×2900	3550×2775
17	Größe des Fracht- od. Gepäckraums mm <sup>2</sup>		4851×3100	2896×2900	8306×3100	12497×2950	9600×2825	5029×3100	7048×2900	3600×2900	5950×2775
18	Lage der Führerstände . . . . . —		Einseitig	Doppelseit.	Einseitig	Doppelseit.	Einseitig	Doppelseit.	Einseitig	Doppelseit.	Einseitig
19	Leistung des Generators . . . kW		250	250	—	—	—	—	—	180	185
20	Spannung . . . . . V		700	600	600	500	500	550	500	—	—
21	Anfahrzugkraft . . . kg		6000	8800	—	10 200	10 200	14 750	11 400	—	—
22	Dauerzugkraft bei km/h . . . . . kg/km/h		1650/42	1650/45	—	2900/30	2900/30	1330/—**)	3400/39	—	—

\*) Übergang zur Lokomotivform. — \*\*) Doppelwagen.

der Präsident der American Locomotive Comp. auf einem Vortrag vor dem New Yorker Railroad Club, Mr. William C. Dickermann, erstmalig im April d. J. eingehend auf diese Frage hinwies und den Entwurf einer leichten Dampflokomotive, wie sie bei der Reichsbahn seit langem in Verwendung stehen, vorlegte. Er bezog sich hierbei besonders auf die Verhältnisse bei den europäischen Bahnen, die der Entwicklung ihrer kleinen Zugkrafteinheiten die gleiche Aufmerksamkeit entgegenbringen wie derjenigen der großen. Sicher hätten die amerikanischen Bahnen mit kleineren Zugkrafteinheiten auch ihren Dampf-

betrieb wirtschaftlicher gestalten können. Wenn aber Mr. Dickermann mit seinem Vorschlag keine große Gegenliebe findet, so liegt das vielmehr daran, daß gerade der Triebwagen den amerikanischen Eisenbahnen die Möglichkeit gibt, von dem „full crew law“ frei zu kommen, d. h. sie brauchen für ihren Triebwagen nicht die volle Besetzung, wie sie für Dampfzüge durch Gesetz vorgeschrieben ist, einzuhalten. Die durch dieses Gesetz herbeigeführten, von den Eisenbahnverwaltungen als vermeidbar betrachteten Mehraufwendungen für Personal werden für die Zeit von 1927 bis 1931 einschließlich zu ins-

stellung 1.

amerikanischen Triebwagen neuerer Bauart.

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
300	3×135	400	400	2×250	535	2×300	2×300	2×300	2×400*)	900
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Winton	Hall Scott	Winton	Brill	Brill	Brill	Sterling	Winton	Hall Scott	Winton	Winton
Chicago and North Western Railroad	Southern Pacific	Southern Pacific	Pennsylvania Railroad	New York Central Railroad	Culf, Mobile & Northern Railroad	Baltimore and Ohio Railroad	Chicago and North Western Railroad	Southern Pacific	Chicago, Rock-Island Railroad	Atchison, Topeka and Santa Fe Railroad
Personen-, Post- und Gepäckwagen	Personen- u. Gepäckwagen	Personen- u. Gepäckwagen	Post-, Gepäck- und Personenwagen	Personen-, Post- und Gepäckwagen	Gepäck- u. Personenwagen	Personen- u. Gepäckwagen	Gepäck- u. Postwagen	Personen u. Gepäckwagen	Gepäckwagen	Gepäckwagen
1929	1929	1930	1930	1929	1930	1928	1929	1929	1929	1932
2	1	6	6	6	2	1	4	1	10	1
90	90	90	90	90	90	80	90	90	90	125
2 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgest.	2 Drehgestelle	2 Drehgest.	2 Drehgestelle	3 Drehgest.
2	3	2	2	4	2	4	4	4	4	4
18675	18950	18290	19560	18410	19560	18210	19235	18365	10566	—
2000/2250	2200	1930/2337	2362/2134	2400	2362/2134	2100	2250/2300	2360	2337	—
850	838	1090/838	900	850	900	1100	838	838	900	—
58500	66060	79200	72500	84000	77500	73500	77450	74300	95000	122500
64	57	56	60	57	58	63	64	58	50	43
36	43	44	40	43	42	37	36	42	50	37
27	74	34	66	31	40	46	—	55	—	20
4064×2938	4572×2950	4970×2950	4064×2930	4750×2850	4674×2900	4925×2900	5486×2900	4826×2950	10414×2900	9144×2900
4980×2938	3683×2950	6200×2950	4750×2930	6700×2850	5918×2900	5125×2900	12548×2900	4570×2950	2290×2900	18290×2900
Einseitig	Doppelseit.	Doppelseit.	Einseitig	Doppelseit.	Einseitig	Einseitig	Einseitig	Doppelseit.	Einseitig	Einseitig
—	—	—	—	2×160	—	2×210	2×210	—	—	—
—	500	500	600	—	600	—	500	500	—	500
—	—	—	—	—	—	—	—	—	13000 stdl.	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	8500	—

gesamt \$ 33310706 angegeben, das sind etwa 16% aller von den Eisenbahnen als unproduktiv angesehenen Kosten. Hier liegt nach Ansicht der Bahnen die Hauptersparnis und der Hauptvorteil. Der Ersatz des Vollbahnzugs durch häufiger fahrende kleinere Einheiten, etwa Triebwagen, ist trotz der

auch durch die Größenordnung, bis zu der sie entwickelt war, gegeben. Das ungünstige Verhältnis von Leistung zu Gewicht des Wagens ließ die gleichen Nachteile dieser Übertragung in die Erscheinung treten, wie sie bei den ersten europäischen Wagen vorlagen. Die Notwendigkeit, gegenüber der parallel laufenden Konkurrenzbahngesellschaft aber auf jeden Fall einen stets betriebssicheren Wagen zu haben, führte dann zusammen mit der Steigerung der Leistung zur Anwendung der elektrischen Übertragung. Diese beherrscht vollkommen das Feld; sie ist die „Standard-Übertragung“ geworden.

Zusammenstellung 2.

In Verwendung stehende Gasolinmotoren für Eisenbahntriebwagen.

Bauart	Leistung PS	Drehzahl in der Min.	Hub mm	Durchmesser mm	Zahl der Zylinder	Gewicht für die Leistung kg/PS
Electro Motive Comp (Winton-General Motors) Cleveland .	175/200	1000/1050	205	178	6	16—17
	225/250	1050/1100	205	185	6	
	275	1050	215	190	6	
	300	900	255	205	6	
	400	900	255	205	8	
	600	1200	215	190	12	
I. G. Brill, Philadelphia . . .	400	950	267	223	6	18,5
	535	950	267	223	8	17,8
Hall Scott, San Francisco . .	150	1750	178	127	6	7,7
	300	1100	229	190	6	15,4
Sterling, Buffalo . . . . .	300	1100	229	190	6	9,1
						8,2
						9
						14
						14

schwachen Belegung der Strecken infolge Zusammenballung des Verkehrs in einzelnen großen Zügeinheiten dem amerikanischen Eisenbahner noch völlig fremd und erscheint ihm abwegig.

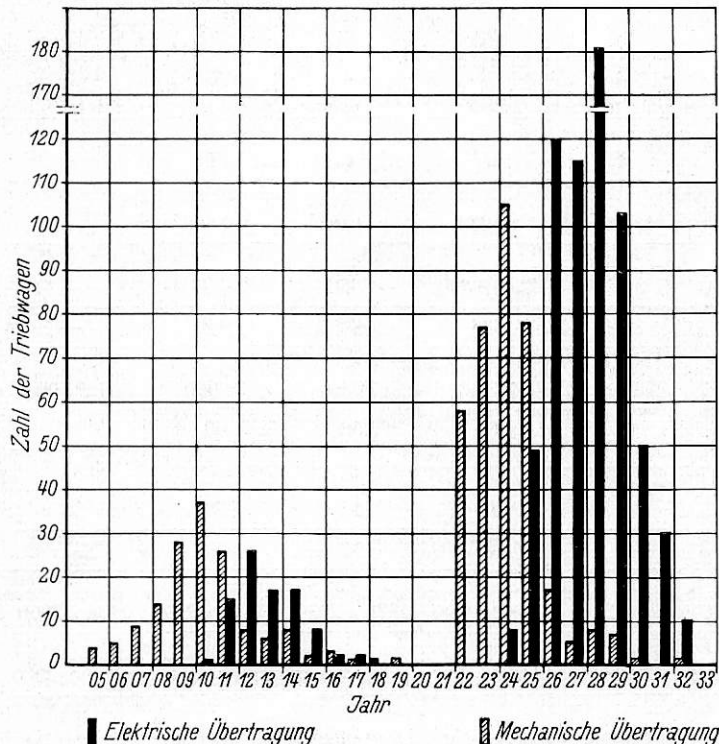


Abb. 1. Verhältnis der Anwendung mechanischer und elektrischer Übertragung.

In der Entwicklung des Triebwagens in den Vereinigten Staaten ist daher der Wagen kleiner Leistung so gut wie verschwunden. Am besten zeigt dies die Abb. 1 in dem das Verhältnis zwischen mechanischer Übertragung und elektrischer Übertragung zu erkennen ist. Die mechanische Übertragung wurde vom Kraftwagen übernommen, die Anwendung also

Während man mit der Steigerung der erforderlichen Leistung zunächst durch Anwendung von zwei bis zu drei Maschinensätzen Schritt zu halten versuchte, ist dann schließlich die Motorenindustrie mit neuen Entwicklungen von Motoreinheiten bis zu 900 PS nachgekommen, so daß heute wieder die einzelne Maschineneinheit vorherrscht.

Die amerikanischen Eisenbahnen sind in ihrer Mehrzahl, wenn man sich die Karte ihres Netzes ansieht, wie für die Verwendung von Triebwagen geschaffen. Um große durchgehende Hauptlinien gruppiert sich beiderseits eine große Zahl von Stich- oder Zubringerlinien, die die Verbindung mit den Nachbarbahnen herstellen, so weit sie nicht stumpf enden. Trotzdem ist der Triebwagen — auch trotz der großen absoluten Zahl, mit der er bereits in den Betrieb gelangt ist — noch lange nicht in dem Maße eingeführt, wie man es gerade auf Grund der Streckenkarten erwarten sollte. Das geht am besten aus der Tatsache hervor, daß von den der ARA. angehörenden Bahnen nur 64 über Triebwagen verfügen.

Allgemeine Betriebsbedingungen und Anschauungen über die Verwendbarkeit des Triebwagens.

Während der Jahre 1923 bis 1927, als der Kraftwagen in Abhängigkeit von dem Vordringen der bundesstaatlichen und einzelstaatlichen Straßen erst langsam den Bahnen fühlbare Konkurrenz auf dem Gebiet des Personenverkehrs machte, lag es nahe, den Triebwagen in einfacher Übertragung der Idee des Kraftwagens auf die Schiene in erster Linie für den Personenverkehr zu entwickeln. Bei der Neuartigkeit des Verkehrsmittels lag die Entwicklung zunächst in erster Linie in den Händen der Hersteller. Als solcher trat in erster Linie die Firma Brill auf. Sie verfügte über die praktischen Erfahrungen im Leichtbau des Straßenbahn- und Kraftwagenbaus und kannte die Bedeutung, die dem Verhältnis von Gewicht des Wagens und eingebauter Leistung zukommt. Die ersten rein auf Personenverkehr abgestellten Wagen zeigten deshalb auch wesentliche Unterschiede gegenüber dem normalen amerikanischen Eisenbahnpersonenwagen, sie zeigten mehr die Straßenbahnwagenbauweise und fast ausschließlich, in Anbetracht der niedrigen Leistungen, mechanische Übertragung. Diese Entwicklung ist aus Abb. 1 in der ursprünglich vorherrschenden Stellung des mechanischen Triebwagens ersichtlich.

Der leichte Triebwagen mit mechanischer Übertragung hat sich, je mehr die Bahnen und der Gesetzgeber sich der Frage des Triebwagens durch Vorschriften annahmen, nicht halten können. Bei den großen Hauptlinien erschien er seines geringen Fassungs- und Leistungsvermögens wegen nicht brauchbar, auf den kürzeren von der großen Hauptstrecke abzweigenden Nebenlinien kam es aber nur auf Transporte über verhältnismäßig kurze Entfernungen an, gerade für diese ist aber der Kraftwagen das gegebene Beförderungsmittel.

Dazu kommt, daß der amerikanische Reisende durch die Bequemlichkeit bei den großen Durchgangszügen verwöhnt ist und daher auch bei den Triebwagen gewisse Anforderungen stellt. Diese sind bei leichten Triebwagen nicht zu erfüllen. Erst heute, mit dem rapiden Anwachsen der Leistung im Triebwagen sieht man wieder eine Möglichkeit, den Triebwagen besser auszustatten und daher auch auf Hauptbahnen einsetzen zu können.

Bei den Zweiglinien versuchten die Bahnen in der Überzeugung, daß sie den hier verloren gegangenen Personenverkehr nur durch Aufnahme eines eigenen Kraftwagenverkehrs auf den Straßen indirekt wiedergewinnen konnten, diese stillzulegen. Da sie hierin aber nicht selbständig handeln können, sondern von der Zustimmung der ICC. abhängig sind, stießen sie sehr bald auf Schwierigkeiten. Selbst wenn für den öffentlichen Personenverkehr auf einer derartigen Strecke kein Nachteil aus der Stilllegung zu erwarten ist, wird im allgemeinen die Stilllegung aus Gründen des Güterverkehrs, sehr oft aber noch durch die Forderungen der Postverwaltung verhindert.

Wie sehr sich nach den vorausgegangenen Ausführungen in den Vereinigten Staaten die Entwicklung des Triebwagens in der Richtung der Lokomotivform bewegte, zeigen die zahlreichen Zwischenstufen zwischen der reinen Motorlokomotive und dem Triebwagen mit und ohne Personenbeförderungsmöglichkeit.

Diese Entwicklung ist nicht zuletzt durch die mangelhafte Erkenntnis der Möglichkeiten, die im Triebwagen stecken, seitens der Eisenbahnen erzwungen worden. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die ersten Triebwagen z. B. durchaus als leicht gebaute Fahrzeuge anzusprechen waren. Andererseits haben die Vorschriften der ICC. über die Bremsausrüstung, die sehr eingehenden und im wahrsten Sinne des Wortes erschwerenden Bestimmungen der Postverwaltung über die Einrichtung der Postabteile, die sich sogar aus Sicherheitsgründen mit dem Vorhandensein durchgehender Längsträger unter dem Wagenkasten und ihren Beanspruchungen u. a. m. befassen, die Vorstellung des Ersatzes gemischter Dampfzüge mit der Forderung, Güterwagen mitnehmen zu müssen, der Überfluß an älteren für Hauptbahnen nicht mehr geeigneten Personenwagen, alles zusammen hat den Triebwagen sehr schnell zu einem Fahrzeug gemacht, auf das alle baulichen Anforderungen, die an das überlieferte Schienenfahrzeug gestellt werden, heute bestimmungsgemäß angewendet werden. Auch die naheliegende Forderung der Zusammenarbeit der Kupplung mit derjenigen der normalen Fahrzeuge, also die Verwendung der amerikanischen Mittelpufferkupplung mit ihrem unheilvollen Einfluß auf die Konstruktion der Fahrzeuge hat ihre Wirkung auf die Durchbildung des Triebwagens nicht verfehlt.

Auf die Gestaltung des Triebwagens hat ferner die Art der technischen Vorbildung des Fahrpersonals, die wohl anerkanntermaßen hinter derjenigen bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft zurücksteht, das Bestreben, aus wirtschaftlichen und personalpolitischen Gründen keine besondere Personalgruppe entstehen zu lassen, eingewirkt. Die Bedienung des Triebwagens entspricht in der Handhabung und Anordnung der Bedienungshebel durchaus derjenigen der Dampflokomotive. Die Kraftanlage muß so erstellt sein, daß sie einer Wartung während des Betriebs nicht bedarf und eine gewisse Mißhandlung verträgt.

Schließlich ist noch auf die besondere Zurückhaltung der Bahnen bei der Einführung irgend welcher Neuerungen zum Verständnis der Entwicklung hinzuweisen, die aus der Sorge bei Störungen im Wettbewerb mit den anderen Bahnen schlecht abzuschneiden, entspringt und zu Einführungen von Neuerungen nur dann den Weg freigibt, wenn damit kein Wagnis verbunden ist.

Der Triebwagen, wie er bis zur Einstellung jeglicher

Aufträge auf Grund des wirtschaftlichen Niedergangs im Jahre 1932 entgegentritt, ist im großen Durchschnitt gesehen ein Fahrzeug hoher Leistung, bei dem Kraftanlage, Post-, Gepäck- und Frachtabteil den eigentlichen Triebwagenteil beherrschen. Die Beförderung von vier bis sechs Anhängern ist möglich. Betriebliche Verbesserungen etwa im Sinne einer Beschleunigung des Verkehrs gegenüber dem Dampftrieb sind nicht getroffen. Der Triebwagen ist einfach Ersatz des Dampfzuges.

### Die Kraftquelle.

Daß man vom Dampftrieb trotz des in Amerika angestellten Versuchs mit der Doble-Anlage abgesehen hat, liegt in dem stark gesteigerten nicht unter 300 bis 400 PS liegenden Leistungsbedarf pro Einheit begründet, denn die Doble-Anlage ist bis heute wirklich abgeschlossen erprobt in einer Einheit noch nicht weit über 120 bis 130 PS hinausgekommen. Nur eine Anlage wie die von Doble würde aber für Triebwagen in Frage kommen, weil andernfalls die Entbindung von dem „full crew law“ nicht gelten würde und damit ein wesentlicher Teil der Ersparnis entfiel.

Im einzelnen werden von den Fachleuten nachstehende Gründe gegen den Dampftrieb geltend gemacht:

1. Ölfeuerung vorausgesetzt, glaubt man auf Kondensationsbetrieb nicht verzichten zu können, weil anderenfalls bei den großen Leistungen durch den niedrigeren thermischen Wirkungsgrad die Brennstoffkosten zu hoch werden. Es ist aber äußerst schwierig, den Kondensator und auch den Kessel von Ölablagerungen auf die Dauer freizuhalten.

2. Wenn Selbstregelung der Dampfkesselanlage im Interesse der Einmannbedienung vorgesehen werden soll, ist eine Thermostatregelung erforderlich, die aber angeblich noch nicht betriebssicher genug entwickelt sein soll.

3. Um einen befriedigenden Wirkungsgrad zu erreichen, ist es notwendig, zu hohem Kesseldruck und hohen Dampftemperaturen überzugehen. Damit wachsen die Schwierigkeiten in der Unterhaltung, Lebensdauer und der Verhinderung von Leckverlusten und Durchbrennen von Rohren.

4. Die Hilfseinrichtungen stellen Verwicklungen dar, die besonders im Eisenbahnbetrieb unerwünscht erscheinen.

5. Im Vergleichsbetrieb von gaselektrischen und Dampftriebwagen soll der Dampftriebwagen 50% höhere Brennstoffkosten aufgewiesen haben, selbst unter der Voraussetzung, daß im Dampfkessel das billigere Destillat verbrannt wird.

Selbst wenn man diesen verschiedenen Bemängelungen durch die Weiterentwicklung begegnen kann, wie die Versuche mit Doble-Wagen bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft erwiesen haben, bleibt immer noch die bis jetzt nicht überwundene Schwierigkeit in der Entwicklung höherer Leistungseinheiten. Der Verwendung von mehreren Einheiten steht man dabei wegen des höheren Aufwandes an Gewicht und Kosten ablehnend gegenüber.

Das Feld beherrscht daher der Verbrennungsmotor und zwar der Vergasermotor. Die Wahl, ob Vergaser- oder Dieselmotor, ist dabei entscheidend durch die Preisbildung des Brennstoffes beeinflusst worden. Die Preise für Öl und Gasolin sind in den einzelnen Staaten verschieden, im Durchschnitt stehen 4 bis 5 cent je Gallone (4,5 Litern) Öl 7 bis 9 cent je Gallone Gasolin gegenüber, ein Liter Gasolin kostet also etwa 6,5 bis 8,5 Pfennig. Zwischen beiden Brennstoffen steht das sogenannte Destillat, das noch mit Vergaser und Zündung verarbeitet wird, allerdings für das Anlassen die Verwendung von Gasolin voraussetzt. Ein neuerdings noch zur Verwendung kommender Treibstoff ist Butane, verflüssigtes Naturgas. Es handelt sich hierbei jedoch vorerst um eine versuchsweise Anwendung, die den grundsätzlichen Aufbau des Verbrennungsmotors nicht beeinflusst.

Die vorläufige Beschränkung auf den Vergasermotor, begründet durch den geringen Anreiz, der in dem nicht fühlbaren Preisunterschied zwischen Öl und Gasolin liegt, ist dem amerikanischen Ingenieur aus den Schwierigkeiten, die im Dieselmotorproblem stecken, ein angenehmer Ausweg gewesen. Solange die Leistungen in den Maschinenanlagen eine gewisse Größe nicht überschritten und die tägliche Laufleistung 300 km nicht überschritt, ließ sich die Beschränkung auf den Vergasermotor auch wirtschaftlich noch begründen. Damit entfiel aber für die amerikanischen Verhältnisse alles das, was sich z. B. der Entwicklung des Triebwagens bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft als erschwerend in den Weg gestellt hat, denn hier ist der Preisunterschied zwischen Öl und Gasolin so groß, daß, abgesehen von den betrieblichen Vorzügen des Dieselmotors schon aus dem Brennstoffpreis heraus der Dieselmotor die wirtschaftliche Kraftquelle werden mußte. Beherrschung der größeren Kräfte im Dieselmotor, des nicht so ruhigen Laufs, die Schwierigkeiten der Steigerung der Drehzahl zur Herabsetzung des Gewichtes, kurzum das Problem der höheren spezifischen Ausnutzung der Baustoffe im Dieselmotor im Vergleich zum Vergasermotor, mit allen diesen Fragen hat sich der amerikanische Triebwagenbau nach anfänglichen Mißerfolgen in der Verwendung des Dieselmotors nur in sehr beschränktem Maße noch beschäftigt.

In wie geringem Maß der Dieselwagen in den Betrieb einzudringen vermochte, geht daraus hervor, daß unter den auf Seite 1 angeführten Wagen insgesamt nur etwa 5% Dieselwagen enthalten sind, hiervon entfallen allein auf die Canadian National 28 Wagen. Dort ist das Preisverhältnis zwischen Gasolin und Öl mit 18 zu 6 cent günstiger für die Entwicklung des Dieselmotors, natürlich spricht neben der von den Vertretern der Bahn betonten Feuersicherheit auch der nationale Gedanke mit, da der verwandte Motor seiner Entwicklung nach aus England stammt.

#### Bauarten der Vergasermotoren.

In der Hauptsache kommen nur vier Ausführungen zur Verwendung und zwar, dem Umfang ihrer Anwendung nach geordnet die Ausführungen: Electro-Motive-Winton (General Motors), Brill, Hall Scott und Sterling. Die letzteren Bauten sind in den letzten Jahren mit Anwachsen der Leistungsansprüche immer mehr in den Hintergrund getreten. Brill hat eine gewisse führende Stellung neben dem Wagenbau auch im Motorenbau gehabt, solange die von ihm gebauten kleinen Leistungen zusammen mit den eigenen mechanischen Getrieben geliefert werden konnten. Heute ist die Electro Motive Co. mit etwa 85% eigentlich so gut wie alleiniger Beherrscher des Marktes für Triebwagen-Vergasermotoren. Auf Grund ihrer vielen Ausführungen, die in der gleichen Form auch in Booten Verwendung finden, verfügt diese Firma über die besonderen Erfahrungen, bezüglich der in den Vereinigten Staaten an die Triebwagen zu stellenden Anforderungen. Erst vor kurzer Zeit ist Brill mit der Entwicklung von je einer 400 und 535 PS-Type den Forderungen der Eisenbahnen nach einer größeren Leistung nachgekommen (vergl. Abb. 2).

Die Zusammenstellung 2 zeigt, daß bezüglich der Gewichtsausnutzung, die allgemein sehr niedrig ist, ein gewisser Vorsprung gegenüber Winton erreicht worden ist, doch legten bisher die Bahnen hierauf nicht so großen Wert, weil sie Schwierigkeiten in der Betriebssicherheit der Maschinen fürchten. Der neueste abgelieferte Triebwagen der Atchison, Topeka und Santa Fe Rr mit 900 PS (vergl. Abb. 3 und 4) zeigt in dieser Beziehung sogar einen Rückschritt gegenüber dem 600 PS-Motor der gleichen Firma, der E-Mot (vergl. Abb. 5).

Das hohe Gewicht und die niedrige Drehzahl aller Motoren sind neben der Sorge um die Betriebssicherheit noch aus einem anderen Grunde zu erklären. Die ganze Maschine, wie sie

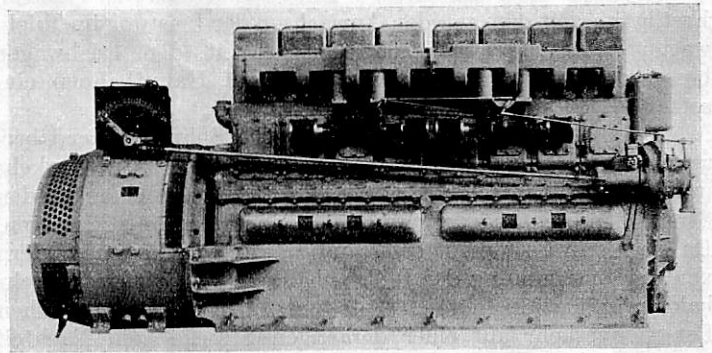


Abb. 2. 535 PS Vergasermotor Bauart Brill.

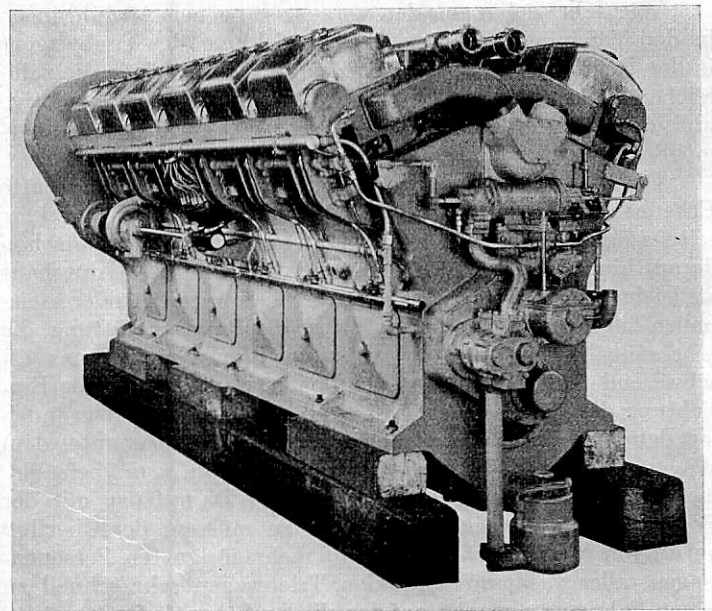


Abb. 3. 900 PS Vergasermotor Bauart Winton.

z. B. von E-Mot gebaut wird, ist in der Voraussicht der Verwendung in Verschiebelokomotiven, bei denen heute auch schon aus Wirtschaftlichkeitsgründen das Dieselprinzip angewandt

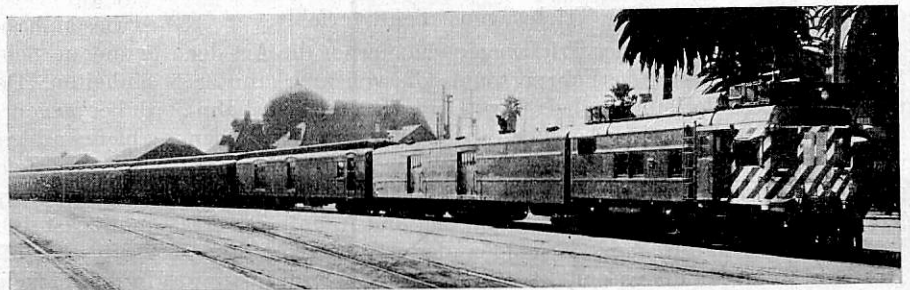


Abb. 4. 900 PS Triebwagenzug der Atchison, Topeka Santa Fe-Eisenbahn.

wird, so durchgebildet, daß nach Austausch der Zylinderköpfe und Anbringung von Brennstoffpumpen die gleiche Maschine mit einem etwas gesteigerten Gewicht als Dieselmotor laufen kann. Vorgeführt werden konnte allerdings ein derartiger Motor an keiner Stelle. Lediglich auf dem Aufbauzustand der Firma waren Motoren der 400 bzw. 600 PS-Typen (vergl. Abb. 5 und 6) im Aufbau begriffen, bei denen neben Anwendung des Dieselprinzips vor allem erste Schritte in Ersparnis von

Gewicht durch Schweißung des Motorständers und der Grundplatte zu erkennen waren.

Im Vergleich zu der Motorenentwicklung in Europa muten diese Ausführungen fast rückständig an. Man muß aber die Betriebssicherheit und Unempfindlichkeit dieser Motoren und ihre rauhe Behandlung im Betriebe selbst miterlebt haben, um ermessen zu können, daß sehr wohl ein Sinn in dieser Entwicklung steckt. Die amerikanischen Eisenbahner sind stolz

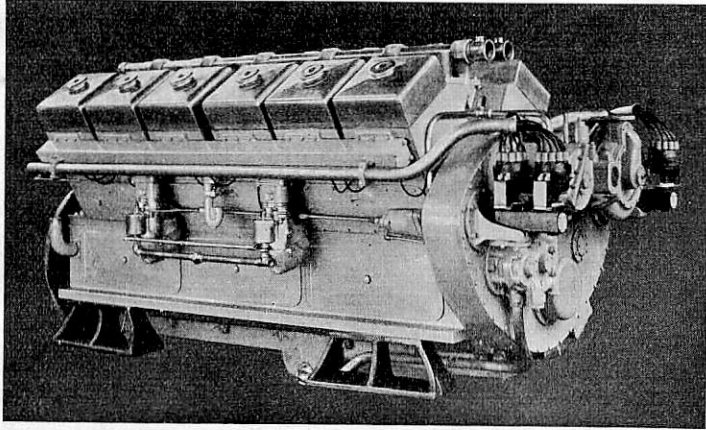


Abb. 5. 600 PS Vergasermotor Bauart Winton.

darauf, in diesen Motoren Antriebsmaschinen entwickelt zu haben, „auf die sie sich verlassen können, wie auf eine Dampflokomotive“.

Grundsätzlich ist bei allen Maschinen die Aufteilung in Kurbelgehäuse, Zylinderblock und einzelne Zylinderköpfe beibehalten worden. Von dieser Unterteilung glaubt man mit

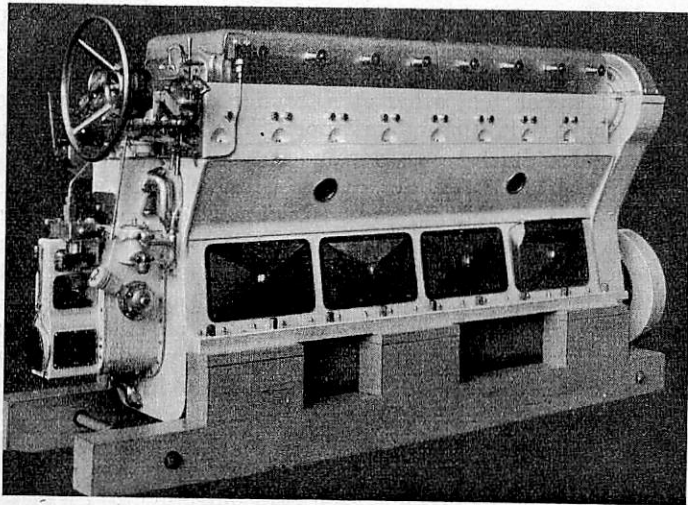


Abb. 6. 400 PS Vergasermotor Bauart Winton.

Rücksicht auf die Vereinfachung der Unterhaltung nicht abgehen zu sollen. Kurbelgehäuse und Zylinderkopf sind durch lange Bolzen, die vom Zylinderkopf bis zu den Kurbellagern durchgehen, von den Kräften entlastet, so daß aus der Kraftübertragung zusammen mit der Unterteilung kein besonderer Gewichtszuwachs entsteht. Das Kurbelgehäuse besteht, da es entlastet ist, aus Gußeisen, desgleichen das Zylindergehäuse, in das die einzelnen Zylinderbuchsen aus besonders feinkörnigem Gußeisen eingeschoben sind. Für die Zylinderköpfe wird neben dem neuerdings in der Erprobung stehenden Aluminium bis jetzt das gleiche Gußeisen wie für die Laufbuchsen verwandt. Neuerdings werden für die Auslaßventile auswechselbare Ringe verwandt, da man bei den verhältnismäßig großen Abmessungen Schwierigkeiten mit dem Dichthalten der Ventile hatte.

Es werden durchweg Gleitlager verwendet, als Lagermetall eine Kupferbronze. Die Stangen sind aus einem Stück gepreßt und warm vergütet. Für die Kolben steht Aluminium in Anwendung; um die starke Dehnung der großen Kolben auszugleichen, sind Längs- und Rundschlitze vorgesehen. Die einzelnen Kolbenlappen werden durch eingegossene Federringe ausgesteift. Für die schweren Motoren ist eine besonders betriebssichere doppelte Batteriezündung entwickelt worden. Alle Zubehöerteile, wie die Verteiler, sind dem Eisenbahnbetrieb durch entsprechend kräftige Ausführung besonders angepaßt worden.

Der Brennstoff wird für den Leerlauf und das Anlaufen durch einen allen Zylindern gemeinsamen Vergaser zugeführt. Für Lastbetrieb ist für je zwei Zylinder ein gemeinsamer Vergaser vorgesehen. Weiterhin ist für den Übergang von Leerlauf auf Last eine besondere Beschleunigungsdüse vorgesehen, durch die unmittelbar in den Hauptluftstrom im Augenblick des Auslegens des Reglerhebels ein kurzer Brennstoffstoß gegeben wird, so daß der sonst beim Anfahren häufig auftretende Brennstoffmangel vermieden wird.

### Bauarten der Dieselmotoren.

Während der Vergasermotor, wie er in den Triebwagen zur Verwendung gelangt, eine speziell amerikanische und hier wiederum besondere Entwicklung für das Eisenbahnwesen, daneben noch für die Verwendung im Bootsbetrieb, darstellt, ist der Dieselmotor vom Ausland übernommen worden. Von den ersten aus England gekommenen Motoren sind aber heute nur noch ganz wenige im Betrieb; die vorhandenen wenigen Motoren tragen zwar z. T. noch den Namen der ersten Ausführung „Beardmore“, haben aber schon sehr viele Wandlungen durchgemacht. Die heutigen Beardmore-Motoren stehen im Gewicht den Vergasermotoren nicht viel nach. Der Schwerpunkt ihrer Verwendung liegt heute in Kanada, bei der Canadian National Rr, die trotz der vielen Rückschläge, von denen sie selbst und von denen auch alle die anderen Bahnen berichten, an dem Dieselpinzipp festgehalten hat. Abgesehen von dem bereits erwähnten niedrigeren Preis, wird dort ein besonderer Wert auf die größere Feuersicherheit gelegt. Allerdings zeigen Wirtschaftlichkeitsnachweise, daß die Unterhaltungskosten der Dieselmotoren auch heute noch hoch sind, so daß sie die wirtschaftlichen Vorteile der geringeren Brennstoffkosten wieder wettmachen.

Es ist jedenfalls interessant zu sehen, wie durch die Verwendung einer nicht für den besonderen Verwendungszweck ausgereiften Form, wie sie die ersten Dieselmotoren hatten, die Entwicklung um Jahre hinaus zurückgeworfen wurde. Es ist wohl eine Eigenart des europäischen Ingenieurs, auf Grund seiner technischen Erziehung bei einer Problemstellung gleich eine 100%ige Lösung anzustreben. So sollte auch im Beardmore-Motor die spezifische Materialausnutzung bis auf das äußerste Maß getrieben werden und dabei ist man offenbar über das Ziel hinausgeschossen. Der amerikanische Ingenieur hat dann die Entwicklung in die Hand genommen, die Drehzahlen heruntergesetzt, das Gewicht gesteigert. Der heutige Motor, wie er von Westinghouse gebaut wird, kann sich im spezifischen Gewicht z. B. mit dem Maybach-Motor nicht mehr vergleichen, er ist 100% schwerer. Aber immerhin ist die Betriebssicherheit jetzt so groß, daß erhebliche Jahreslaufleistungen erreicht werden. Die Unterhaltungskosten sind jedoch immer noch hoch im Vergleich zu den Vergasermotoren. Schäden an den Kurbellagern, Brüche der Kurbelstangen, der Kurbelgehäuse kommen immer noch vor.

Westinghouse baut heute den Beard-Motor (Abb. 7) in den beiden Ausführungen für 300 und 400 PS. Der Motor arbeitet mit Druckeinspritzung des Brennstoffs. Jeder Zylinder hat eine Düse, deren Nadel durch eine Feder geschlossen

gehalten wird. Der Brennstoffdruck an der Pumpe beträgt etwa  $350 \text{ kg/cm}^2$ , die Federn geben die Nadel bei einem Druck von  $130 \text{ kg/cm}^2$  frei. Die Brennstoffpumpe, der der Brennstoff unter einem Druck von  $2,8 \text{ kg/cm}^2$  durch eine Zubringerpumpe zuläuft, hat für jede Düse ihren besonderen, leicht auswechselbaren Kolben. In üblicher Weise wird die Brennstoffpumpe vom Regler aus beeinflusst. Bei der Leer-

aufnimmt, ist mit Schwallblechen ausgestattet, die ein Umher-schleudern des Öles als Folge der Bewegungen des Fahrzeuges verhindern. Durch weite Reinigungsluken kann man zu dem Ölsumpf gelangen.

Zylinder- und Kurbelwellengehäuse besteht aus einem Stahlgußstück mit großen Ausschnitten, durch die man zu den Lagern gelangen kann. Um die von oben eingelassenen Zylinder-

laufbuchsen ist ein reichlicher Wasserraum vorgesehen. Gleich an das Gehäuse angegossen sind die Lagerstellen für die Steuernockenwelle. Das Gehäuse wird durch eine Verbindungsleitung mit der Außenluft entlüftet.

Die Zylinderlaufbuchsen bestehen aus einem warmvergüteten Stahl.

Die aus einem Stück hergestellte Kurbelwelle besteht aus Chromnickelstahl. Sämtliche Lager sind Gleitlager. Zur Auswechslung der Kurbelwelle ist es erforderlich, das Zylindergehäuse von der Grundplatte abzunehmen und um  $180^\circ$  zu drehen.

Außer dem Schwungrad zwischen Motor und Generator ist im Getriebekasten für den Antrieb der Steuerung ein Drehmoment-schwingungsdämpfer angeordnet. Der Dämpfer besteht aus Reibungsscheiben, die unter Federdruck aufeinander gepreßt werden.

Die Treibstangen sind aus Stahl geschmiedet. Das Kolbenlager besteht aus Bronze, das Kurbellager hat einen Weißmetallausguß.

Die Kolben aus Aluminiumlegierung haben zur Erzeugung einer wirbelnden Strömung

in der Kopfform eine Sonderausbildung erhalten, so daß die Verbrennung möglichst vollständig wird. Die fünf oberen Ringnuten nehmen die Dichtungsringe auf, der nächste Ring ist ein Ölkontrollring mit Bohrung nach dem Kolbeninnern. Die hohl gebohrten gehärteten Stahlkolbenbolzen sind an beiden Enden mit Aluminiumkappen abgedeckt, um ein Anlaufen an den Buchsen zu verhindern.

Ein gewisser Vorteil der gesamten Anordnung liegt darin, daß die Kolben einfach nach Abnehmen des betreffenden Zylinderkopfes nach oben herausgenommen werden können.

Jeder Zylinder besitzt zwei Einlaß- und zwei Auslaßventile, die aus hochlegiertem Nickelstahl hergestellt sind. Die Kräfte der beiden jeweils die Ventile auf ihren Sitzen haltenden Federn sind verschieden, um Schwingungen zu verhindern. Die Auslaßventile können durch ein Gestänge zur Verminderung der Kompression beim Anwerfen angehoben werden. Baustoff der Zylinderköpfe ist eine Aluminiumgußlegierung. Die Stahlsitze der Ventile sind eingegossen. Die bronzenen Ventilspindelführungen sind eingepreßt.

Der Gesamtaufbau der Maschine läßt erkennen, daß auf möglichst leichte Wartung durch gute Zugänglichkeit und leichte Auswechselbarkeit einzelner Teile größter Wert gelegt ist. Da tatsächlich der Beardmore-Motor bis heute die Dieselmachine des amerikanischen Eisenbahnwesens von der Motorlokomotive abgesehen verkörpert, verlohnt es sich nicht, auf andere Bauarten weiter einzugehen.

In neuester Zeit ist die Elektro-Motive-Comp. mit einer Zweimal-sechs-Zylinder-V-Type an die Öffentlichkeit getreten, die sie speziell für Eisenbahntriebwagen durchgebildet hat. Aber auch bei dieser die neuesten Erfahrungen in der Baustoffausnutzung ausschöpfenden Bauform hat man bewußt an der Drehzahlgrenze von 1000 Umläufen/Min. festgehalten und hat die erstrebte Gewichtseinsparung durch Wahl des Baustoffs für das Maschinengestell und besonders durch die Art der Herstellung erreicht. Das Motorengestell ist mittels Schweißung

### Zusammenstellung 3.

#### Dieselmotorenbauarten für Eisenbahntriebwagen.

Bauart	Leistung PS	Drehzahl in der Min.	Hub mm	Durchmesser mm	Zahl der Zylinder	Gewicht für die Leistung kg/PS
Beardmore (England) . . . . .	420	750	305	305	4	10,80
	630	750	305	305	6	10,00
	840	750	305	305	8	9,70
	1200	900	305	305	12	8,30
Beardmore (USA.) . . . . .	300	800	305	210	6	9,15
	(265)					
Beardmore „ . . . . .	400	900	305	210	8	6,20
Beardmore „ . . . . .	1330	800	305	305	12	9,10
Westinghouse . . . . .	300	800	305	228	6	10,20
Westinghouse . . . . .	350	800	305	228	6	9,40
Westinghouse . . . . .	400	900	305	228	6	8,25
Mc Intosh & Seymour . . . . .	300/350	700	267	242	6	19,00
	600	700	330	318	6	18,20
Ingersoll Rand . . . . .	325	550	305	254	6	21,5
	425	550	340	285	6	21,5
	800	500	407	375	6	20,0

laufdrehzahl bei niedrigen Zugkräften übernimmt der hydraulische Regler die Brennstoffregelung. Bei höherer Belastung wird die Brennstoffzufuhr vom Führer durch den Handregler entsprechend der Geschwindigkeits-Drehmoment-Charakteristik der Maschine geregelt.

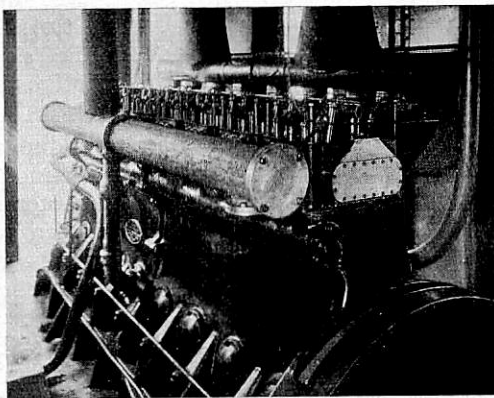


Abb. 7. 400 PS Dieselmotor Bauart Westinghouse-Beardmore.

Im Gegensatz zu der behandelten Bauart der Vergasermaschine sind hier die Lager der Kurbelwelle im Zylindergehäuse angeordnet, so daß die Maschine als Ganzes mit der Kurbelwelle von der Grundplatte abgehoben werden kann. Die Grundplatte ist aus Ersparnisgründen aus Stahlblechen zusammengeschweißt. Sie stellt gleichzeitig den Schmierölsumpf dar, so daß besondere Behälter entfallen. Das heiße von der Maschine kommende gebrauchte Öl tritt durch ein Sieb in einen besonderen Raum der Grundplatte ein. Das Öl wird dann durch eine Zentrifuge gereinigt, gekühlt und läuft in einen Zwischentank. Der Teil der Grundplatte, der das Öl



aus Barrenrahmenstücken und dünnen Verbindungsblechen aufgebaut (vergl. Abb. 9). Die 50 mm starken Barren sind aus Platten so ausgeschnitten daß für jedes in einem V zusammenlaufende Zylinderpaar aus zwei Barrenrahmen die Hauptkraftflußglieder von den Zylinderköpfen zu den Lagern entstehen. Die Hauptgewichtsparsnis wird neben der Anwendung der Schweißung durch Verwendung eines legierten Stahles erzielt. Die Elektro-Motive-Comp. hat nach diesen Grundsätzen nach dem Zweitaktverfahren arbeitende Motoren

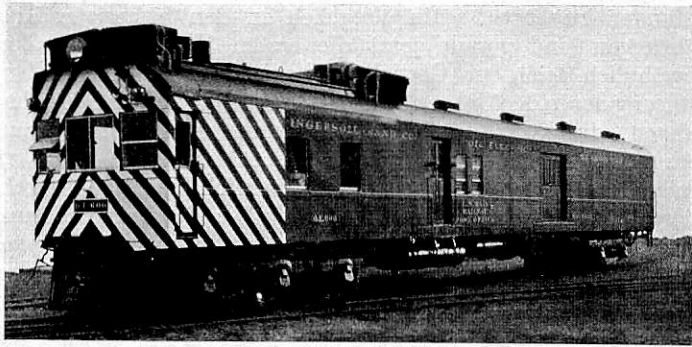


Abb. 8. 600 PS Dieseltriebwagen Bauart Ingersoll-Rand.

verschiedener Leistungsstufen durchgebildet, von denen die ersten beiden 600 PS-Motoren auf der Weltausstellung in Chicago gezeigt wurden. Bei diesen beträgt das Gewicht des Motors ungefähr 10 kg je PS. Die gleichen Baugrundsätze

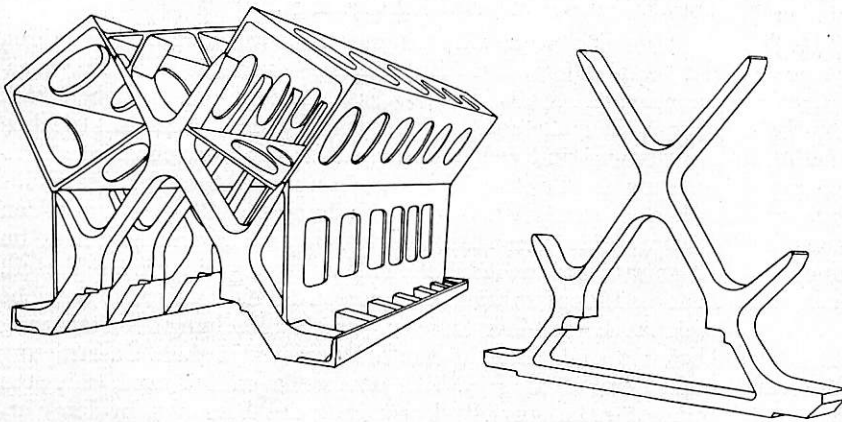


Abb. 9. Geschweißtes Motorengestell.

werden für die Maschinenanlage der ersten Schnelltriebwagenzüge der Union Pacific und Burlington Bahngesellschaft angewendet werden, bei denen bei 600 PS Leistung ein Gewicht von 15 kg je PS für die gesamte Maschinenanlage also einschließlich Generator und Hilfsmaschinen erwartet wird\*).

Mit vorstehenden Ausführungen soll nicht gesagt sein, daß es dem amerikanischen Dieselmotorenbau nicht gelungen sei, auch Dieselmotoren von hoher Drehzahl und niedrigem Gewicht zu entwickeln. Sie werden aber von der Verwendung im Eisenbahnwesen aus den oben angeführten Gründen ausgeschlossen, sie sind bestimmt für Flugzeuge, wo man sich mit einer viel geringeren Lebensdauer begnügt, dafür aber niedrigstes Gewicht an die vorderste Stelle setzt.

### Verwendung hochwertiger Baustoffe in Deutschland und in den Vereinigten Staaten.

Bei der bisherigen Entwicklung des Verbrennungsmotors in den Vereinigten Staaten sprechen alle Grundsätze im allgemeinen und speziellen Aufbau des Triebwagenmotors gegen jede Verwendung von Baustoffen, die man als besonders

hochwertig bezeichnet und die dementsprechende Kosten verursachen. Es mag sein, daß auch hier die Entwicklung an einem Wendepunkt angekommen ist und mit dem Vordringen des Leichtbaues im Wagenbau auch der Motor einer grundlegenden Wandlung im Sinne der Verwendung hochwertiger Baustoffe unterzogen wird. Bis jetzt jedenfalls sind die große Lebensdauer der amerikanischen Triebwagenmotoren und die niedrigen Unterhaltungsaufwendungen sowie die große Betriebssicherheit, soweit sie nicht schon durch das leichter zu beherrschende Vergaserverfahren bedingt sind, mit niedriger Baustoffausnutzung erreicht worden, also niedriger Drehzahl und großem Gewicht.

Die Güte der Baustoffe findet ihren äußeren Ausdruck in gewissem Sinn in dem Umfang, in dem ihre Normung fortgeschritten ist. In der Normung laufen alle Erfahrungen der Hersteller und Verbraucher zusammen, hier werden die erforderlichen Abstufungen der Anforderung, die an den Baustoff gestellt werden, gegeneinander abgewogen und hier ist die Auswahl getroffen, die den Forderungen der Praxis am besten entspricht. Hier werden auch die Erfahrungen, die gegen die eine oder andere Form eines Baustoffes sprechen, zusammengetragen und wirken sich in der Ausschließung eines derartigen Baustoffes aus.

Die amerikanische Industrie hat in ihrer anzuerkennenden Fähigkeit in der Standardisierung und ihrer frühen Erkenntnis des großen Wertes, der für Hersteller und Verbraucher in der Normung liegt, dieses Gebiet tatkräftig und mit Erfolg in Angriff genommen und zum Abschluß gebracht. Die beiden Stellen, die die Normung der Sonderbaustoffe für den

allgemeinen Maschinenbau und insbesondere für den Verbrennungsmotorbau durchführen und die Normen auf dem neuesten Stand halten, sind die „American Society for Steel Treating“ und insbesondere die hier in Betracht zu ziehende „Society of Automotive Engineers“. Die Festwerte und Empfehlungen der SAE umfassen zur Zeit mehr als 600 Anweisungen. Die Ersparnis, die aus ihrer Anwendung auf die Erzeugnisse, in denen Verbrennungsmotoren zur Verwendung kommen, erwachsen ist, wird auf 15% des jährlichen Verkaufswertes an Fahrzeugen und Verbrennungsmotoren geschätzt. Die Normungsarbeit ist ursprünglich von den Kraftwagenfabriken ausgegangen, 1910 hat bereits die SAE die Arbeit übernommen. Sechs Jahre später sind Parallelorganisationen auf dem Gebiet des Flugwesens, Traktorenbaues, der Herstellung von Verbrennungsmotoren für Boote usw. in der SAE aufgegangen, so daß praktisch heute das gesamte Gebiet des Verbrennungsmotors mit seiner ganzen Forschungs- und Entwicklungsarbeit den Sammelpunkt aller Erfahrungen in der SAE findet.

Die Bedeutung, die dem amerikanischen Normenwerk auf dem Gebiet der Baustoffe für Verbrennungsmotoren beigemessen wird, geht auch aus der Tatsache hervor, daß die amerikanischen Normen, die sehr eingehende Angaben über die Vergütung enthalten, auch bei deutschen Herstellern zu Vergleichszwecken zu finden sind und in Anwendung stehen. Übrigens lehnen sich die deutschen Normblätter den erheblich älteren amerikanischen jetzt in der Form der Darstellung weitgehend an.

Natürlich hat auch der ungeheure Aufschwung der Kraftwagenindustrie in den Vereinigten Staaten und das Eindringen des Kraftwagens und damit des Verbrennungsmotors in den Verkehr seinen Teil dazu beigetragen. Da man im Gegensatz zu der Entwicklung z. B. in Deutschland dem Gedanken der Austauschbarkeit der Teile im Verbrennungsmotor- und Kraftwagenbau im Interesse des Verbrauchers in den Vereinigten Staaten als einer Selbstverständlichkeit zuneigt, so

\*) Vergl. auch Railway Mechanical Engineer, Oktober 1933. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. LXXI. Band. 1./2. Heft 1934.

daß heute durchaus Teile verschiedener Hersteller am gleichen Motor verwendet werden können, fand die Normung hier ein günstiges Feld. In dieser Einheitlichkeit, die sich entsprechend der erwähnten Normung der Baustoffzusammensetzungen gerade auch auf diesem Gebiet früh entwickeln konnte, ist eigentlich zunächst, abgesehen von der tatsächlichen Zusammensetzung und ihrer Toleranz, die größte Überlegenheit gegenüber den Verhältnissen in Deutschland zu sehen.

Ein Vergleich der Baustoffe an Hand der physikalischen Eigenschaften ist insofern erschwert, als die Abmessungen der Versuchsstäbe für die Gewinnung der Unterlagen in den Vereinigten Staaten und in Deutschland voneinander abweichen. Die größere Stärke des Versuchsstabs in Deutschland muß zu etwas niedrigeren Werten, z. B. in der Dehnung, führen im Vergleich zu dem gleichen Material in den Vereinigten Staaten. Im großen und ganzen sind die Toleranzen in der chemischen Zusammensetzung in den allerdings wenigen bis heute vorliegenden deutschen Normen enger gezogen, besonders ist der Gehalt an Phosphor und Schwefel schärfer begrenzt.

Im allgemeinen gehen die Legierungen der Stähle mit hochwertigen Elementen viel weiter als in Deutschland. So geht der Nickelstahl, der in den deutschen Normen mit einem geringen Chromzusatz von 0,2 bis auf 1,5 Nickel hinaufgeht, in den Vereinigten Staaten bis auf 5,25 Nickel. Im Chromnickelstahl, als einem sehr weitgehend angewandten legierten Stahl, geht der Chromzusatz in Deutschland bis 1,3, in den Vereinigten Staaten bis auf 1,75, demgegenüber bleibt der Nickelzusatz etwas zurück. In der Verwendung hochlegierter Stähle mit Zusätzen von Molybdän, Vanadium, Silicium und sehr hohem Chromzusatz liegt tatsächlich eine gewisse Hochwertigkeit der verwendeten Baustoffe. Hier sei besonders auf einen 8,75 Chromstahl mit 0,5 Manganzusatz für Ventile hingewiesen, sowie auf die Chromvanadiumstähle für Kurbelwellen und Kolbenstangen und den Zusatz von Vanadium zum Kohlenstoffstahl, wegen der besonders guten Verarbeitungsmöglichkeit dieser Stähle. Desgleichen wird Vanadium zugesetzt bei Stahlguß für Kurbelgehäuse. Im allgemeinen finden derartige Legierungen aber nur dort Verwendung, wo es auf besonders hohe Ausnutzung der Gewichtseinheit des Baustoffs ankommt, also speziell im Flugmotorenbau.

Die amerikanischen Normen haben es ermöglicht, daß die Eisenbahnen in der Wahl der Baustoffe bei den Motoren mitsprechen können. Die Normung gewährleistet hier, daß sehr sorgfältig entsprechend ihrer Zusammensetzung und Wärmevergiftung zu behandelnde Baustoffe des gleichen Maschinenteils verschiedener Lieferer gleich sind. Fehler in der Behandlung werden vermieden. In Deutschland ist dieser Stand bisher nicht erreicht worden.

### Die Kraftübertragung.

Im amerikanischen Triebwagenbau sind eigentlich nur zwei Übertragungsarten in Betracht gezogen worden, und zwar die mechanische und die elektrische.

Wie weit die mechanische Übertragung sich Eingang zu verschaffen vermochte und wie mit wachsender Leistung ihre Bedeutung für den amerikanischen Triebwagen abgenommen hat, geht am klarsten aus Kurvenblatt Abb. 1 hervor.

Wie aus dem Diagramm ersichtlich und wie schon oben ausgeführt, ist ein ständiges Steigen der Maschinenleistung zu beobachten. Damit wird sehr schnell die Grenze der mechanischen Übertragung erreicht, weil es schwierig wird, die bei stufenweisem Abfallen der Zugkraftkurve von den Kupplungselementen aufzunehmende Arbeit so umzuformen bzw. die Kupplungselemente so auszubilden, daß sie in Zusammenhang mit der Schwierigkeit der Schaltung den Beanspruchungen auf die Dauer sicher gewachsen sind.

Würde man es unternehmen, die Entwicklung nach dem Stand von 1933 für die nächsten Jahre vorzuzeichnen, so könnte man versucht sein, ein ähnliches Bild wie bei den ersten beiden Perioden zu entwerfen. Mit dem Jahre 1933 schwingt das Pendel in der Gewichtsentwicklung des amerikanischen Triebwagens, soweit es sich um den wagenbaulichen Teil und auch soweit es sich um die dem Wagen zugeordneten Aufgaben handelt, wieder einmal nach der Gegenseite aus. Dieses Mal glaubt man in der Verwendung von Leichtmetallen und ganz besonders leichter Stahlbauweise einen neuen Weg gefunden zu haben. Im Vergleich zu den bisherigen Ausführungen sind gerade jetzt die ersten Wagen mit außergewöhnlich leichtem Gewicht gebaut worden. Die Überalterung der in den Jahren 1922 bis 1924 gebauten mechanischen Wagen, die zwar unter ganz bestimmten Verkehrsvoraussetzungen durchaus noch ihren Dienst versehen, nötigt zu einem Ersatz, den man heute mit den leichten Wagen durchführt. Für Wagen bis zu 20 t und reine Personenförderung kommt man wieder mit Leistungen unterhalb 200 PS aus und das mechanische Getriebe gewinnt wieder an Bedeutung. Schon werden aber die ersten Wagen wieder für einen bis zwei Anhänger durchgebildet und die Geschwindigkeitsanforderung wird gesteigert. Die ersten Leichtwagen mit elektrischer Übertragung sind schon wieder im Bau, so daß sich diesmal wahrscheinlich der Übergang vom mechanischen zum elektrischen Wagen noch schneller vollzieht wie in den vorhergehenden Perioden. Die Aussichten der mechanischen Übertragung sind also in den Vereinigten Staaten sehr gering. Zu derartig hochentwickelten Getriebeformen, wie sie in Europa in Gebrauch stehen, ist man nicht gelangt.

Die elektrische Übertragung hat zwar auch in den Jahren der zurückliegenden Entwicklung verschiedene Formveränderungen erlebt. Alle diese Änderungen beziehen sich aber doch mehr auf die inneren Vorgänge in der elektrischen Ausrüstung und zielen mehr auf bessere wirtschaftliche Ausnutzung der Leistung des Verbrennungsmotors ab. Jedenfalls haben sie bezüglich der Handhabung des Wagens durch den Führer keine neuen Anforderungen gestellt und hier liegt im Gegensatz zur mechanischen Übertragung ein großer Vorteil. Während Konstruktionsänderungen im mechanischen Getriebe meist auch von einer Änderung der Handhabung der Steuerung begleitet sind, braucht das bei der elektrischen Übertragung nicht der Fall zu sein. Bei dem geringen Aufwand, den man bisher für die spezielle Vorbildung des Personals in den Vereinigten Staaten getrieben hat, lag hierin ein großer Vorzug.

An der Entwicklung der elektrischen Übertragung sind in der Hauptsache zwei Firmen beteiligt, in überwiegender Maße die „General Electric“ und daneben noch die „Westinghouse Electric“.

Die bei den Triebwagen der Vereinigten Staaten zur Anwendung kommenden Schaltungsarten lassen wieder den Grundsatz erkennen, mit möglichst einfachen Mitteln, d. h. mit einem möglichst geringen Aufwand an empfindlichen besonderen Schalt- und Regelapparaten auszukommen. Dieser Forderung genügen die zugrunde gelegten Schaltungen besonders. Man strebt also mehr eine gesamtwirtschaftlich befriedigende Anlage an, als eine technischwirtschaftlich besonders hochwertige.

### Anordnung der Maschinenanlagen.

Die Bahnen lehnen, — nicht nur wegen der technischen Schwierigkeiten, wie dies bei den Ausführungen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft der Fall ist, sondern aus grundsätzlichen Erwägungen heraus —, die Anordnung der Maschinenanlage im Drehgestell ab. Sie betrachten es als eine der wichtigsten Anforderungen, die an die Maschinenanlage gestellt werden muß, daß sie jederzeit auch während der

Fahrt in allen Teilen bequem zugänglich sein muß, so daß Abstellung irgendwelcher auftretender Schäden, vor allem aber die regelrechte eingehende Wartung ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann. Die neueren Wagen, ob Diesel- oder Vergaserantrieb, haben deshalb sämtlich einen mit dem Führerstand unmittelbar vereinigten Maschinenraum, in dem je nach der erforderlichen Leistung und der entsprechenden Verwendung von ein oder zwei Maschinensätzen die Quer- oder Längsanordnung über dem einen Drehgestell angewendet wird. Die bis jetzt gewissermaßen als Einheitstyp entwickelten Motoren mit Leistungen von 300, 400, 500 PS gestatten demnach die Erweiterung durch Verdoppelung auf 600, 800, 1000 PS. Selbst bei den Doppelmotorenanlagen ist die Zugänglichkeit zu den Kurbelwellen und ihren Lagern, zu den Vergasern und Brennstoffpumpen, kurzum zu allen Hilfseinrichtungen und Teilen, die einer besonderen Wartung nun einmal bedürfen, sehr gut gewahrt. Auf eine besondere Abtrennung des Führerraums vom Maschinenraum wird im großen und ganzen verzichtet, wenigstens bei Triebwagen, um bei der hier angewandten einmännigen Bedienung die Maschinenanlage unmittelbar unter die Kontrolle der Augen und Ohren des Führers zu stellen. Gerade das letztere ist von nicht zu unterschätzender Bedeutung, — wenn auch beim erstmaligen Betreten einer solchen Maschinenanlage das Geräusch unangenehm auffällt —, denn bei den völlig eingekapselten Motoren ist das Gehör weitaus mehr geeignet, Fehler im Arbeiten der Maschine zu erkennen, als das Auge. Überlastungen der Motoren, die bei Ausfall einzelner Zylinder eintreten können, werden bei dieser Anordnung leichter vermieden, als wenn die Kraftanlage dem Ohr des Führers entzogen unter der Verschalung liegt. Von einer gewissen psychologischen erzieherischen Wirkung ist die Ausstattung des Maschinenraumes mit hellem Linoleum, das das Überwachungs- und Bedienungspersonal zu der gerade bei Verbrennungskraftmaschinen so sehr notwendigen Sauberkeit und Ordnung erzieht. Die Maschinenanlagen zeichnen sich deshalb auch bei den Bahnen, die dem Triebwagen besondere Aufmerksamkeit entgegenbringen durch vorbildliche Sauberkeit aus.

Im Gegensatz zu der Ausführung bei den Triebwagen wird bei gleichen Anlagen für Verschiebelokomotiven mit Rücksicht auf die Aufnahme von Signalen im Verschiebedienst der Maschinenraum vom Führerraum durch schallsichere Wände getrennt. Hier bietet die Überwachung der Anlage bei den stets auftretenden Betriebspausen und bei der niedrigeren durchschnittlichen Auslastung der Motoren auch keine Schwierigkeiten.

Bezüglich der Kühlanlage hält man auf Grund von Erfahrungen daran fest, daß der Wassertank so hoch angeordnet wird, daß auch bei Versagen der Kühlwasserpumpe die Maschinenkühlräume auf jeden Fall noch unter Wasser stehen. Die Kühler werden deshalb in Dachhöhe angeordnet, von ihnen läuft das Kühlwasser dem Hochtank zu. In die Leitung zu den Kühlern ist im allgemeinen ein elektropneumatisch gesteuertes Ventil eingeschaltet, dessen Umschaltung von einem Thermostaten in Abhängigkeit von der Kühlwassertemperatur überwacht wird. Bei Unterschreitung einer bestimmten Temperatur schaltet dieses Ventil unmittelbar auf den Rücklauf zum Tank.

Das Schmierömlaufsystem ist nach ähnlichen Grundsätzen durchgebildet. Der Ausgleichstank steht mit der Maschine auf der gleichen Höhe. Die Kühlschlange ist auf dem Dach untergebracht, so daß ein Leerlauf der Motorenwanne unmöglich ist.

Wie bei der Behandlung der Steuerung schon ausgeführt wurde, besteht die ganze Bedienung der Maschinenanlage einheitlich bei allen Triebwagen in der Handhabung dreier Hebel, eines Hebels, mit dem an Stelle des Reglers der Dampf-

lokomotive im gleichen Sinne die Brennstoffzuführung des Motors geregelt wird. Der unmittelbar darunter angeordnete kleinere Steuerhebel dient zur Umschaltung der Fahrmotoren von Reihe auf Parallel und Feldschwächung, der dritte Hebel zum Fahrtrichtungswechsel. Durch die Einfachheit der Bedienung und Einheitlichkeit der Anordnung auf allen Triebwagen ist es auch dem nicht vorgebildeten Führer möglich, den Wagen in Betrieb zu nehmen. Die Triebwagen werden im Führerstand einmännig gefahren. Bei dem Triebwagen mit Postabteil ist es sogar laut Gesetz nicht zulässig, einen Durchgang vom Personenraum zum Maschinenraum vorzusehen. Es ist deshalb stets ein zweiter Mann, entweder für die Betreuung der Reisenden oder für Gepäckabfertigung im Wagen. Nur für den äußersten Notfall, zum Schutz der einzeln fahrenden Postbeamten gegen verbrecherische Anschläge, ist in der Trennwand zum Postabteil nahe dem Boden eine Luke vorhanden, durch die man aber nur kriechend hindurchgelangen kann. Damit der Triebwagenführer auf den Stationen seinen Platz nicht zu verlassen braucht, hat er auf der gegenüberliegenden Fensterseite außerhalb einen Spiegel, der ihm den ganzen Zug in seiner Länge zeigt und durch den er das Signal des Zugbegleiters aufnimmt. Die vorzügliche Eignung dieser Einrichtung konnte auf den Fahrten beobachtet werden.

### Grundrißentwicklung der Triebwagen.

Mit der wachsenden Leistungsanforderung an die Maschinenanlage des Triebwagens als Folge der Angleichung an die Bedingungen des normalen Dampfzugbetriebes und der überragenden Bedeutung des Post-, Gepäck- und Frachtverkehrs hat auch der Grundriß der Triebwagen vom ursprünglichen reinen Personentriebwagen ausgehend eine stete Wandlung erfahren. Bei den heute überwiegenden Leistungen von 300 und 400 PS und mehr ist der Reisende aus dem eigentlichen Triebwagen mehr und mehr in den Anhänger verwiesen worden. In Abb. 1 a bis d und 2 a bis d, Taf. 1 sind als Beispiele des heutigen Standes der Entwicklung zwei Triebwagenreihen dargestellt, die den Anforderungen der Bahngesellschaften als Einheitsausführungen entsprechen. Diese Wagen können je nach den Streckenverhältnissen und Betriebsanforderungen mit Leistungen von 300, 400, 600 oder 800 PS und mehr ausgestattet werden. Dabei ändert sich am Grundriß lediglich der Platzbedarf für die Maschinenanlage, wenn von der einmotorigen zur zweimotorigen übergegangen wird. Diese 16 verschiedenen Wagentypen geben zweifellos die Möglichkeit, den vielen verschiedenen Anforderungen der Bahnnetze gerecht werden zu können. Sämtliche Typen sind in der Lage, Anhängewagen im normalen Verkehr mitzunehmen, also Personen- oder Güterwagen. Wo kein Post-, dagegen starker Fracht- und Expreßgutverkehr vorhanden ist, wird bei einfachen Streckenverhältnissen die Wagentype I mit 300 PS gewählt. Ist Personenverkehr zu erwarten, wird ein Personenwagen angehängt. Im allgemeinen ist aber dort, wo kein Postverkehr durch den Triebwagen bedient werden muß, auch kein Personenverkehr für ihn zu erwarten, weil beide in diesem Fall besser durch die Straße und den Kraftwagen bedient werden. Der Wagen etwa der Type I findet deshalb mehr für Sonderzwecke Verwendung, z. B. für den sehr einträglichen Milchschnellverkehr, wie er bei der Lehigh-Valley Rr zu beobachten war. Ist Post-, Gepäck- und Personenverkehr zu bedienen (vergl. Abb. 10), so wird Type IV verwendet. Der 600 PS-Wagen bedient hier speziell mit zwei bis drei Anhängern den Milchtransport nach den großen Plätzen. Derartige Wagen verkehren auf Haupt- und Nebenbahnen, vorwiegend auf ersteren. Die Wagentype II ist besonders den einfachen Postanforderungen, die Type III vorwiegend den Bedürfnissen der Postverwaltung angepaßt. Die Type IV dagegen ist der ausgesprochene Nebenbahnwagen,

wobei, wie ausgeführt, unter Nebenbahn etwas anderes zu verstehen ist als bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Den wenigen Reisenden, die dem Schienenverkehr treu geblieben sind, ist am Ende des Wagens, naturgemäß möglichst entfernt von der Maschinenanlage, noch ein kleiner Raum vorbehalten. Da die Personenwagen der Vereinigten Staaten im allgemeinen nicht unterteilt sind, bietet diese Anordnung bei Mitnahme eines Anhängers noch die Annehmlichkeit, daß wenigstens ein kleines Raucherabteil vorhanden ist. Wo einzelne Triebwagen dieser Art verkehren, ist das Rauchen

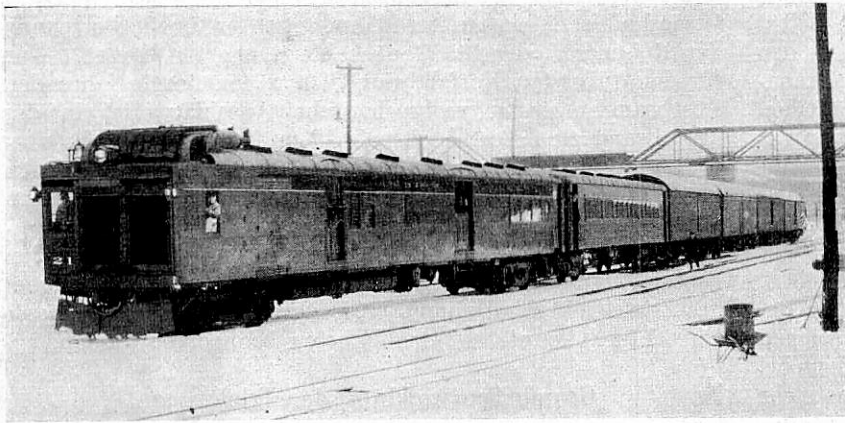


Abb. 10. Triebwagenzug für Milchtransport.

untersagt, wie ja bekanntlich auch in den großen Zügen nur in dem Club- oder Observation-Car das Rauchen gestattet ist. Neben dem Vergleich der Grundrisse mit denen bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft zugrunde gelegten geben insbesondere die außerordentlich hohen Gewichte (vergl. Zusammenstellung 1) der Fahrzeuge einen Maßstab dafür, wie man in den Vereinigten Staaten auf diesem Gebiet noch in der Ausnutzung der Gewichtseinheit auf dem alten eingefahrenen Weg weiterschreitet. Selbst wenn die Forderung, die bis jetzt ausschlaggebend ist, aufrecht erhalten bleibt, daß der Triebwagen mit mehreren Wagen des normalen Verkehrs zusammenarbeiten muß, müßte noch eine wesentliche Gewichtseinsparung möglich sein.

#### Wagenbaulicher Teil der Triebwagen.

In der Durchbildung des Wagenkastens der Triebwagen ist man im gegenwärtigen Zeitpunkt an einem einschneidenden Wendepunkt angekommen. Da gerade die ersten Wagen nach neuen Grundsätzen fertiggestellt worden sind, liegen über die bei ihnen angewandten Konstruktionen noch keine längeren praktischen Erfahrungen vor, jedoch ist bei der Eigenart des beschrittenen Weges nicht anzunehmen, daß sich sehr bald aus dieser Entwicklung eine Standardkonstruktion entwickeln wird, die in großem Maße in den Betrieb gelangt.

Die Bauweise des normalen Triebwagens lehnt sich an die Bauweise der Personenwagen an, namentlich seitdem die Bahnen auf die Entwicklung der Triebwagen unmittelbaren Einfluß genommen haben. Ursprünglich lag die Entwicklung in den Händen der Hersteller, die von dem Straßenbahnwagenbau und dem Lastkraftwagen sowie Omnibus her Erfahrungen in leichter Bauform hatten, und die vor allem nicht durch die von Anfang an schwere Bauweise der Eisenbahnwagen vorbelastet waren. Es sind zwar auch hier schon die grundsätzlichen Merkmale des amerikanischen Triebwagens, die besonders lang durchlaufenden Mittelträger vorhanden, sie sind aber doch den angenommenen leichteren Betriebsbedingungen entsprechend leichter gehalten, wie auch die ganze Konstruktion der Seitenwände das Bestreben erkennen läßt, neben der Verwendung von gebogenen oder gepreßten Blechprofilen an Stelle

starkwandiger Walzprofile im Gesamtbaustoffaufwand sparsam zu sein. Die niedrige Leistung dieser ersten Wagen hat sie von vornherein auf einen kleinen Anwendungsbereich beschränkt. Die Eisenbahnen forderten und fordern auch heute noch, daß die Wagen mit solchen des normalen Verkehrs zusammenarbeiten müssen und den hieraus entspringenden Beanspruchungen gewachsen sind. Als solche werden aber nicht nur die Beanspruchungen des normalen Betriebes angesehen, sondern auch die aus Unfällen, besonders dem Zusammenprallen mit schweren Straßenfahrzeugen erwachsenden Beanspruchungen.

Die ersten werden durch die bei den Bahnen der Vereinigten Staaten verwandte Mittelpufferkupplung bestimmt, die noch heute ihre großen Mängel aufweist, großes Spiel in der Kupplung selbst und mangelhafte Anpassung des Zug- und Stoßapparates an die wechselnden Kräfte, die in kurzen oder langen Zügen auftreten. Sie erlaubten nicht, auf die mittleren Längsträger bei Triebwagen zu verzichten und die Kräfte auf die Seitenwände abzulenken.

Das zweite Moment, die Rammfestigkeit der Wagenköpfe, die mit starken Stahlprofilen ausgestattet werden, hat weiterhin zur Gewichtszunahme beigetragen. Außerdem beeinflusst in gewissem Sinn auch das Lohnniveau in den Vereinigten Staaten die Gewichtsfrage. Die Löhne sind sehr hoch und beeinflussen unmittelbar die Konstruktion. Es sei nur auf ein Beispiel hingewiesen,

das wegen der Verwandtschaft der Bauelemente sehr aufschlußreich ist. Während Laufkräne in Europa im Interesse möglichst niedrigen Eigengewichts als Fachwerkträger ausgebildet sind, hat man in den Vereinigten Staaten von jeher den hochwandigen Blechträger bevorzugt, obwohl er höheres Gewicht bringt. Er ist aber trotzdem gesamtwirtschaftlich überlegen wegen seines geringeren Aufwands an Löhnen. Auf das Eisenbahnwesen und besonders den Wagen- und Lokomotivbau übertragen, liegt hierin die Erklärung, warum in so weitgehendem Maße von der Verwendung des Stahlgusses Gebrauch gemacht wird. Und so hat auch der Stahlguß insbesondere für die Durchbildung der Kopfschwellen und sogar der ganzen Stirnwände in den Triebwagenbau Einzug halten können und hat naturgemäß das Gewicht anwachsen lassen. Daß auch die Drehgestelle gegossen sind und lange Zeit auch das gegossene Rad sich behauptet hat, liegt in der gleichen Richtung, ebenso die Ablehnung der Auswechselbarkeit der Radreifen, so daß z. B. die heute wieder bevorzugten Scheibenräder gleich mit Reifen aus einem Stück gewalzt, im angewalzten Reifen teilweise sogar warmvergütet werden.

Die stetig wachsende Leistung und damit der immer mehr lokomotivähnliche Charakter der Triebwagen hat durch den mehr zugähnlichen Betrieb zur Anwendung der dort üblichen Bauregeln geführt.

Dagegen ist auf dem Gebiet des Wagenbaues dort, wo es sich um nicht freizügige Fahrzeuge handelt und, — wo die Betriebskostensparnisse aus der Herabsetzung des Gewichts in ungleich höherem Maße unmittelbar in die Erscheinung treten, also z. B. bei ausgesprochenen Vorortbahnen —, versucht worden, neue Wege zu gehen. An die Stelle der Walzprofile ist das gepreßte Blech getreten, der Längsträger ist erheblich zusammengeschrumpft.

Der verwandte Baustoff hat folgende Eigenschaften:

	Walzprofile	Bleche für Kaltbearbeitung	Nietmaterial
Zugfestigkeit . . kg/mm <sup>2</sup>	38—45	34—40	32—39
Streckgrenze . . kg/mm <sup>2</sup>	19—23	17—20	16—20
Dehnung . . . . . %	25	25	25

Der Phosphorgehalt ist auf 0,05%,  
der Schwefelgehalt auf 0,05% begrenzt,  
der Stahl enthält außerdem 0,20% Kupferzusatz.

Ein hochwertigerer Stahl ist nicht zur Verwendung gekommen. Dies ist letzten Endes die Ursache dafür, daß die an einer Gewichtsverminderung interessierten Bahnen auf die Verwendung von Aluminium abgekommen sind.

Tatsächlich ist Aluminium sowohl für die Innenausstattung und Verkleidung, wie auch in weitgehendem Maße für Hauptteile wie Motorenhäuser, für ganze Wagenkästen bei elektrischen Schnell-, Vorort- und Städtebahnen in großem Umfang bei weit über hundert Wagen zur Anwendung gekommen.

Erst in neuester Zeit ist die Pullman-Gesellschaft mit einem leichten Stromlinienwagen an die Öffentlichkeit getreten, dessen Wagenkasten aus einer Rohrkonstruktion besteht und bei dem die Rohre aus Chrom-Molybdänstahl bestehen, dessen physikalische und chemische Eigenschaften etwa dem Stahl entsprechen, wie er bei den Leichttriebwagen der Deutschen Reichsbahn schon geraume Zeit in Anwendung steht.

Die erste und in den Vereinigten Staaten einzige Anwendung der Aluminiumbauweise bei Triebwagen mit eigener Kraftquelle liegt in dem von der Clark Equipment Company entwickelten Schnelltriebwagen vor. Hier ist von einer Firma die sich bisher nur mit der Herstellung von Kraftwagenzubehörteilen im Großen, von Achsen, Rädern und Getrieben sowie Traktoren beschäftigt hat, der erste Schritt in Richtung einer neuen Entwicklung getan worden. Man wollte die vorhandenen Werkstatteinrichtungen, die mehr und mehr durch die rückläufige Wirtschaftsentwicklung unter Arbeitsmangel litten, für die Herstellung von Fahrzeugen ausnutzen, von denen man sich für die nächste Zukunft eine gewisse Bedeutung versprach. Dabei sollten aber die Nachteile, die dem Luftgummiwegen wegen seines geringen Tragvermögens anhaften, durch eine neue Radkonstruktion mit Zwischenschaltung von Gummi zwischen Reifen und Rad vermieden werden. Da man von vornherein ein Fahrzeug schaffen wollte, das selbständig und unabhängig von den normalen Fahrzeugen mit hoher Geschwindigkeit verkehren sollte, hätte eigentlich nichts näher gelegen, bei der in Aussicht genommenen Aluminiumbauweise, die aus dem Kraftwagenbau her bekannte Aluminiumspantenbauweise auch hier anzuwenden. Man glaubte aber, den Anforderungen der Bahnen in gewissem Sinne entgegenkommen zu sollen, vor allem deshalb, weil sonst gegen eine Verwendung auf dem Schienenweg seitens der Aufsichtsbehörden Schwierigkeiten erwartet wurden.

Von Seiten der Behörde wird verlangt, daß Personenwagen auf Hauptstrecken Stoßkräfte von 200 t von den Enden her aufnehmen können. Zur Aufnahme dieser Kraft hat man wieder eine Mittelträgerkonstruktion im Rahmen angewandt. Der Träger dient gleichzeitig dazu, die Durchbiegung möglichst niedrig zu halten. Die American Railway Association hat zusammen mit dem Post Office Departement inzwischen für Triebwagen, die in Zügen von einem Gewicht mit weniger als 100 t Gesamtgewicht laufen, also ausgesprochenen Triebwagenzügen, die aufzunehmende Stoßkraft auf 50 t festgelegt. Dieser Kraft würde der Rahmen noch mit 5,4 kg/mm<sup>2</sup> spezifischer Beanspruchung widerstehen können. Trotz dieser günstigen Werte wird als größter Mangel dem Wagen zu geringe Widerstandsfähigkeit bei Zusammenstößen nachgesagt.

Die Bodenlast wird von Querträgern geringer Höhe aus Walzprofilen getragen. Sie sind gegen den Untergurt der Längsträger durch aus dem Flugzeugbau übernommene Stromlinienrohrstützen abgesteift.

Die Seitenwanduntergurte bestehen aus einer Vereinigung von Winkelprofilen und Spezial-Z-Profilen. Die Seitenwandbleche sind 3 mm stark. Sämtliche Seitenwandpfosten bestehen aus U-Profilen mit nach innen verlängerten Flanschen, so daß

sie eine Art Kastenträger darstellen. Die Fensterriegel sind gleichfalls U-Profile. Der Seitenwandobergurt wird von zwei aufeinandergelegten Winkeln 62 × 56 mm gebildet, an deren einem Schenkel das Dachblech unmittelbar angenietet ist. Die Dachspriegel sind wieder die gleichen Profile wie die Seitenwandpfosten.

Der Wagen wird von einem 160 PS Cadillac-Motor (Ver-gaser) über ein mechanisches Cadillac-Stufengetriebe angetrieben. Wegen der großen zu beschleunigenden Masse hat man aber zusätzlich eine schwere Scheibenkupplung eingebaut, um die Arbeit beim Schalten aufnehmen zu können. Die ganze Kraftanlage ist im vorderen Teil des Wagenkastens unmittelbar auf dem Rahmen angeordnet und treibt über Kegelräder und eine senkrecht nach unten über ein Differential führende Welle die beiden Achsen des vorderen Drehgestells an. Für die Lagerung des Motors sowie aller übrigen Hilfsmaschinensätze, wie Hilfsgenerator, Luftverdichter, Belüftungsmotor usw. auf dem Rahmen sind Gummizwischenlagen verwandt worden, die eine sehr gute Dämpfung geben.

Die Räder sind gleichfalls mit Gummidämpfung ausgebildet.

Die Drehgestelle selbst sind aus Stahl.

Die äußere Form des Wagens ist aus Windkanalversuchen entstanden. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 125 km/h.

Die bisher zu beobachtende Entwicklung zeigt, daß der allgemeine amerikanische Fahrzeugbau weitgehend zur Verwendung von Aluminium übergegangen ist, daß diese Entwicklung jetzt auch auf den Triebwagen übergreift und damit die Entwicklung, mit einem Pendel verglichen, von einem Extrem zum anderen hinüber wechselt. Auf der einen Seite steht die überaus schwere Ausführung der alten Wagen, auf der anderen die extrem leichte unter Verwendung teurer Baustoffe, im vorliegenden Fall außerdem von Baustoffen, über deren dauernde Bewährung man mangels ausreichend langer Betriebszeit noch nichts bezüglich der Erhaltung der Festigkeitseigenschaften und der Korrosionsbeständigkeit bei Verbindung mit Stahl sagen kann.

Auch auf dem Gebiet der Verwendung von Stahl hat die Entwicklung gleich dem äußersten Maß zugestrebt, nämlich der Verwendung des sehr teuren, nicht rostenden Stahles.

Wie bei den Clark-Wagen ist die Initiative hier ebenfalls auch von der Kraftwagenindustrie ausgegangen, der Firma Budd in Philadelphia.

Die Grundidee ist die volle Ausnutzung der hohen Festigkeitseigenschaften des Baustoffs und damit äußerste Bemessung der Querschnitte. Bei dieser Wagenkastenkonstruktion ist endgültig auf den besonderen Mittellängsträger verzichtet und die Aufgabe der Übernahme der senkrechten Lasten voll in die Seitenwände gelegt worden. Seitenwanduntergurte, Obergurte, Pfosten, Bodenquerträger, Drehgestellzapfen-träger, alles ist in Bauteile aus einem im allgemeinen 3/4 mm starken Blech aufgelöst worden; an die Stelle bisher üblicher hochbordiger Walzprofile tritt das zusammengesetzte Blechprofil. Hier liegt, wie bei den neuen Triebwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, ein ausgesprochener Spantenbau vor (vergl. Abb. 11 und 12). Der (nichtrostende) Stahl hat folgende Zusammensetzung:

C	Mn	Si	P	S	Chr	Mi
0,15	0,40	0,60	0,02	0,02	18,0	8,0
Zugfestigkeit . . .			105,46 kg/mm <sup>2</sup> .			
Streckgrenze . . .			84,37 kg/mm <sup>2</sup> .			
Dehnung . . . . .			18%.			

Sämtliche Verbindungen werden geschweißt, ein Herstellungsverfahren, das den amerikanischen Eisenbahnen noch neu ist.

Der wesentlichste in diesem Zusammenhang besonders bemerkenswerte Unterschied zwischen der ersten und letzten Bauart, einem Doppelwagenzug für die Texas and Pacific Rr

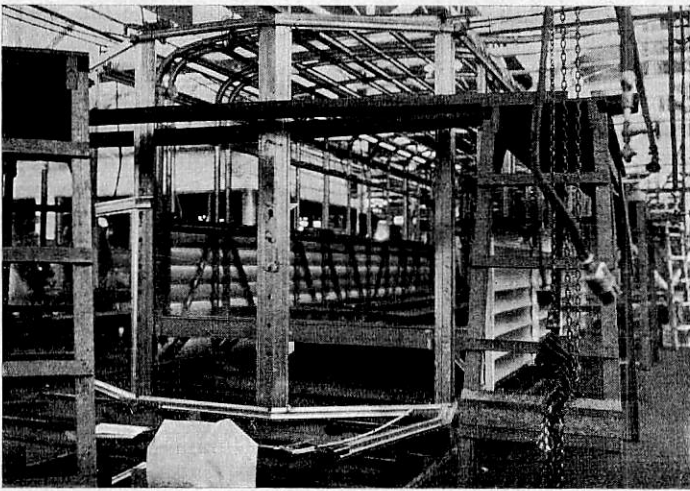


Abb. 11. Wagenkasten eines Budd-Leichttriebwagens.

liegt in der Verschiebung der Aufgaben der einzelnen Bauglieder. Im Gegensatz zu den bisher bekannt gewordenen Leichtbauweisen, bei denen die Seitenwandbleche mit zum Tragen herangezogen werden, ist hier zur Vermeidung des

rostendem Stahl wegen der Korrosionsbeständigkeit, die erforderlich ist, wenn man wiederum alle Teile schweißen will oder muß, bringt auch die ganzen Schwierigkeiten der Verarbeitung von Blechen größerer Flächen dieses stark federnden Baustoffes in die Konstruktion. Die Seitenwände sind deshalb auch nicht aus durchgehend gewellten Blechen aufgebaut, sondern aus einzelnen Streifen von der Breite der Wellen, die durch Anbiegen von Kanten in sich ausgesteift miteinander verschweißt werden.

Man ist nicht darum herum gekommen, bei den neuesten Wagen das Dach noch als versteifendes Bauglied in die Rechnung mit einzubeziehen. Diese Konstruktion ist letzthin für die Texas and Pacific ausgeführt worden. Die Fensterriegel bekommen dadurch untergeordnete Bedeutung, da sie in die neutrale Achse fallen. Die von Budd heute als besondere Erkenntnis betonte Konstruktion mit Dach und Boden als Hauptgurten und Einbeziehung beider in den Kräftefluß ist für den Triebwagenbau der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft nichts Neues mehr. Die Bedeutung liegt allein noch in der Verwendung des hochwertigen Baustoffes und vor allem in der Art seiner Verarbeitung.

Die Anwendung besonders leichter Bauweise entspringt bei Budd bekannterweise dem engen Zusammenarbeiten mit Michelin und dem Bestreben der Verwendung von Gummireifenrädern im Interesse hoher Beschleunigung und Verzögerung — wenigstens bei trockenen Schienen\*) — sowie besonders ruhigen Laufes. Der Entwurf der Doppelwagen für die Texas and Pacific zeigt bereits eine strenge Teilung zwischen

Maschinenanlage und Fahrgastraum und dem eigentlichen Triebwagen, der noch Post- und Gepäckabteile enthält und wieder auf Stahlreifen läuft, weil die Tragfähigkeit der Gummireifen mit der Entwicklung nach Leistungsbedarf und Größe der Wagen nicht Schritt zu halten vermochte. Da der gesamte Wagenzug neben dem elektrischen Antrieb auch die sich mehr und mehr einbürgernde künstliche Luftreinigungs- und Kühlanlage — „air conditioning“ — erhält, ist das Gewicht für die Gummireifen zu groß geworden. Die Kühl-, Lüftungs- und Kraftanlage liegen im ersten Wagen, dagegen ist im Anhänger aller Komfort zusammengefaßt, den man nach den heutigen Erkenntnissen bieten kann.

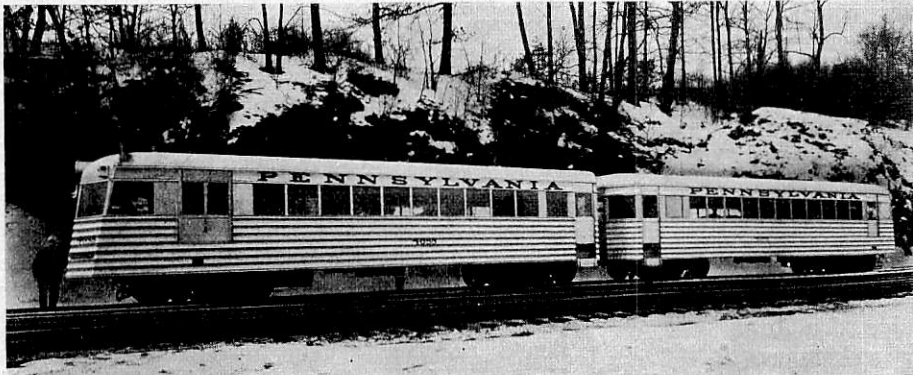


Abb. 12. Budd-Leichttriebwagen aus nichtrostendem Stahl.

Faltens der dünnen Bleche das Tragen der Seitenwandverkleidung eingeschränkt worden. Das setzte ein Wagen-gestell mit kleinster Durchbiegung voraus, wenn das Falten der Bleche verhindert werden soll.

Bei den ersten Budd-Wagen für die Readingbahn waren die Hauptträgerglieder Sprengwerke mit einer Höhe von etwa 600 mm innerhalb der Seitenwände. Der Wagenkasten baute sich um dieses Untergestell auf und wurde nicht in die Kräfteberechnung einbezogen. Wegen der noch zu hohen Durchbiegung, die diese Konstruktion ergab, ging man bei dem nächsten Wagen bereits zu einer Erhöhung des Sprengwerkes über und nahm als Obergurt die unteren Fensterrahmenriegel. Die Seitenwand ist wellenförmig und aus Blechstreifen zusammengesetzt.

Diese Ausführung zeigt, daß die Frage der glatten Verkleidung und des Falten noch nicht beherrscht wird, denn gerade bei der bis ins kleinste durchdachten Tragkonstruktion im Sinne hoher Ausnutzung des teuren Baustoffes wäre nichts naheliegender als auch die teuren Seitenwandbleche in ihren physikalischen Eigenschaften soweit wie möglich auszunutzen. Die Festlegung auf die ausschließliche Verwendung von nicht-

Die Hauptdaten des für die Reading Co. gebauten Wagens sind beispielsweise:

Bauart . . . . .	Reiner Personenwagen
Kraftanlage . . . . .	125 PS-Dieselmotor
Generator . . . . .	250 Volt Westinghouse
Geschwindigkeit . . . . .	90 km/h

Abmessungen:

Gesamtlänge . . . . .	15025 mm
Lichte Weite . . . . .	2700 „
Breite (außen gemessen) . . . . .	2975 „
Höhe über SO . . . . .	3425 „
Höhe vom Fußboden bis zur Decke . . . . .	2333 „
Länge des Sitzraumes . . . . .	9000 „
Länge des Vorraumes . . . . .	2687 „
Abstand der Drehgestelldrehzapfen . . . . .	9025 „
Drehgestell-Achsstand . . . . .	2000 „
Raddurchmesser . . . . .	875 „ zu 137 mm
Reifenluftdruck . . . . .	7 kg/cm <sup>2</sup>
Sitzplatzzahl . . . . .	47

\*) Vergl. auch Verkehrstechn. Woche, Jahrg. XXVII, H. 39, S. 573.

**Gewichte:**

Wagenkasten . . . . .	4100 kg
Drehgestelle und Kraftanlage . . . . .	3500 „
Triebdrehgestelle . . . . .	2150 „
Steuerung und Zubehör . . . . .	1250 „
<b>Gesamtgewicht</b>	<b>11000 kg</b>

Wie weit man mit dem hochwertigen Baustoff das Gewicht der reinen tragenden und verbindenden Bauglieder herabsetzen kann, geht daraus hervor, daß z. B. das Gewicht des reinen Drehgestellrahmens, in dem die Kraftanlage ruht, nur 140 kg beträgt.

Der Wagen besitzt elektrische Westinghouse Kraftübertragung nach dem Torque-Control-System. Die Budd-Wagen sind heute in den Vereinigten Staaten die einzigen, bei denen wie bei den Wagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft die Kraftanlage im Drehgestell angeordnet ist.

Ob diese Anordnung trotz ihrer Vorzüge für Fernhaltung von Geräusch, Erschütterungen und Schmutz auf die Dauer beibehalten werden kann, erscheint im Hinblick auf die schon wieder einsetzende Forderung nach höheren Leistungen und der Bemängelung der schlechten Zugänglichkeit und Wartungsmöglichkeit seitens der Eisenbahnen sehr fraglich. Jedenfalls ist die Gesellschaft bereits mit eingehenden Studien beschäftigt, entsprechende Dämpfungsmöglichkeiten für eine Unterbringung der Kraftanlage im Wageninnern zu entwickeln.

Die Kraftanlage ist in dem einen Drehgestell (vergl. Abb. 13) untergebracht, der Antrieb in Form eines gemeinsamen Motors im anderen Drehgestell (Abb. 14). Der Motor arbeitet über Kardankupplungen und Schraubendifferentiale auf die beiden äußeren Achsen des Drehgestells. Das Übersetzungsverhältnis zwischen Motor und Achse beträgt 9:1. Die mit dem Wagen erreichte Beschleunigung beträgt 3,2 km/h<sup>2</sup>.

Die Wagen werden durch das vom Motor kommende erwärmte Kühlwasser geheizt. Die Heizkörper sind am Wagende untergebracht und geben ihre Wärme an die Frischluft ab, die dem Wageninnern durch Gebläse über Verteilungskanäle in Höhe des Fußbodens zugeführt wird. Die verbrauchte Luft wird mit Ventilatoren aus dem Dach abbefördert. Die Fenster können nicht geöffnet werden, ein Verfahren, das sich in den Vereinigten Staaten immer mehr durchsetzt.

Das Heizverfahren hat in der ursprünglichen Form deshalb zu Anständen geführt, weil bei Stillstand des Wagens und beabsichtigter Vorheizung die durch den Leerlauf des Motors über das Kühlwasser zugeführte Wärme nicht ausreichte und deshalb der Motor mit hohem Eigenverbrauch sehr lange laufen mußte. Die neueste Form zeigt hier eine einfache aber sehr wirksame und auch wirtschaftliche Ergänzung. Für Stillstandheizung ist ein besonderes Widerstandsheizelement im Wasserkreislauf vorgesehen, das vom Generatorstrom beheizt wird. Dadurch wird erreicht, daß der Motor unter Belastung läuft, einen günstigeren Verbrauch bekommt und die Aufheizung in kürzester Zeit erfolgt.

Die Erkenntnis, daß der hohe Preis des nichtrostenden Stahls schwerlich durch die Gewichtseinsparung und größere Unempfindlichkeit gegen Zerstörung wirtschaftlich ausgeglichen werden kann, ist wohl der Grund, daß, wie erwähnt, die Pullman-Gesellschaft in Verfolg ihrer Studienarbeiten auf dem Gebiet der Entwicklung von Schnelltriebwagenzügen einen erstmaligen praktischen Versuch mit einer Wagenkastenbauart in Rohren aus Chrom-Molybdänstahl gemacht hat. Der als „Railplane“ bezeichnete Wagen hat ausgesprochene Stromlinienform, stark abgerundete Köpfe; die seitlichen Abmessungen im Übergang zum Wagenboden nach Art von Schürzen decken noch den oberen Teil der Drehgestelle zu. Der Wagen hat bei 20 m Länge ein Gewicht von 12,5 t und erreicht bis zu 150 km/h Geschwindigkeit. Das Kastengerippe ist vollkommen geschweißt und zwar sind die Spanten in den

Ecken stark ausgerundete Ringe. Das über und unter den Fenstern liegende Diagonalfachwerk zwischen den Längsgurten zeigt infolge seiner Lage in den erwähnten starken Ausrundungen räumliche Krümmung der Diagonalen. Auch die Drehgestelle zeigen, — wohl in Anlehnung an die Buddausführung —, Rohrkonstruktion. Im Triebgestell sind zwei Motoren in Längsrichtung außerhalb der Räder gelagert, von denen jeder eine Achse, — also versetzt —, mechanisch von außen her antreibt. Die Lager liegen innen\*).

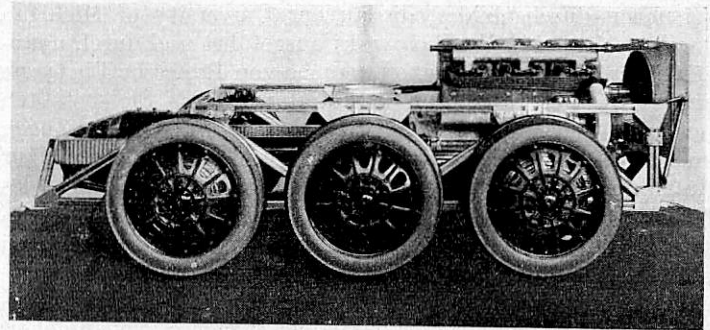


Abb. 13. Maschinendrehgestell Bauart Budd.

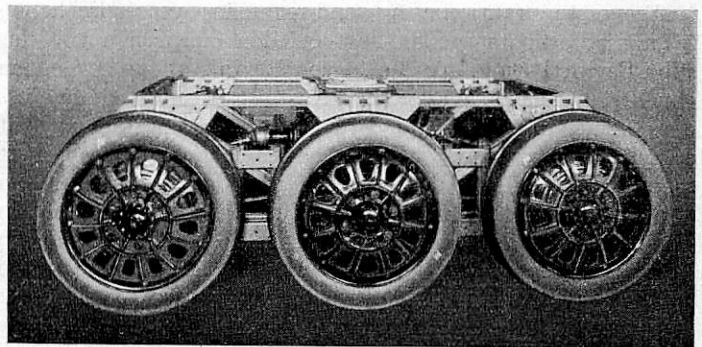


Abb. 14. Triebdrehgestell Bauart Budd.

**Verringerung des Luftwiderstandes und Steigerung der Fahrgeschwindigkeit.**

Alle bis jetzt gebauten Wagen mit eigener Kraftquelle zeigen mit Ausnahme des Clark-Wagens und des neuen Pullman-Wagens keinerlei wirksame Ansätze, durch konstruktive Maßnahmen den Luftwiderstand herabzusetzen. Trotz der z. T. erheblichen Fahrgeschwindigkeiten von 100 und mehr km/h und trotz der Erkenntnis, daß z. T. erhebliche Ersparnisse in der Kraftanlage bei hohen Fahrgeschwindigkeiten erzielt werden können, hat man sich, abgesehen von theoretischen Untersuchungen zu praktischen Ausführungen nicht entschließen können. Als einen Hauptgrund für diese Einstellung kann man in dem letzten Bericht des Committee on Automotive Rolling Stock der American Railway Association erkennen, daß Standardausführung der Triebwagen und Übergangsmöglichkeit entscheidende Bedeutung für die Gesamtwirtschaftlichkeit haben und keine Änderungen in der einmal gewählten Konstruktion zulassen. Diese Entscheidung liegt auch durchaus im Sinne der ganzen Entwicklung in betriebstechnischer Beziehung und damit auch in Beziehung zur stetig gesteigerten Leistung. Die vorherrschende Stellung, die die Zugförderung mit Triebwagen einnimmt, muß naturgemäß auch die Idee der Stromlinienausbildung erschwerend beeinflussen.

Die Durchführung von Windkanalversuchen und die Entwicklung von Stromlinienformen für Eisenbahnwagen hat

\*) Rly. Age 1933, S. 489.

deshalb bis heute einzig und allein in den Händen der Industrie gelegen. Die praktische Anwendung aber hat zunächst bei verhältnismäßig kleinen Bahngesellschaften, Überlandstraßenschnellbahnen, gelegen, einmal weil für ihre einfacheren Betriebsverhältnisse die Anwendungsmöglichkeit einfacher erschien, dann aber auch, weil sie besonders stark mit Wettbewerb zu kämpfen hatten. Es handelt sich um die gleichen Fahrzeuge, die im Zusammenhang mit der Verwendung von Aluminium als Baustoff erwähnt wurden.

Diese Wagenformen sind auf Grund von Windkanalversuchen durchgebildet, die an der University of Michigan durch Professor F. W. Palowski ausgeführt und durch unabhängig davon durchgeführte Versuche von Professor Tietjens und Ripley in Pittsburgh bestätigt wurden. Sie befaßten sich mit dem Luftwiderstand von schnellfahrenden Zügen und besonderen Wagenbauarten. Den äußeren Anstoß zur Aufnahme dieser Versuche hat die Konstruktion des Kruckenbergs-Wagens gegeben und das Ziel war, im Gegensatz zu der für sehr hohe Geschwindigkeiten entwickelten Kruckenberg-Form, eine einfache und wirtschaftliche angenäherte Stromlinienform zu finden. Damit sollten Unterlagen für den Energiebedarf derartiger Wagen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bei verschiedenen langen Läufen zwischen den einzelnen Halten gewonnen werden.

Die erste praktische Anwendung einer ausgesprochenen Stromlinienform im großen liegt bei den inzwischen von der Union Pacific Rr und der Burlington Rr, in Auftrag gegebenen Schnelltriebwagenzügen vor. Den Anstoß zur Entwicklung eines Zuges, wie er in Abb. 3, Taf. 1 im Grundriß dargestellt ist, hat der Schnelltriebwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft gegeben. Die Union Pacific hat erkannt, daß sich ihr hier ein Betriebsmittel darbietet, das gerade für den transkontinentalen Verkehr der Vereinigten Staaten in jeder Beziehung erheblichen Vorteil einschließt. Selbst Bewirtschafter eines ausgedehnten Omnibusverkehrs bis zur Westküste hinüber und entlang der Westküste mußte sie die Erfahrung machen, daß der Reisende bei den geringen Fahrpreisen des Omnibus unter dem Druck der wirtschaftlichen Entwicklung widerspruchslos die Unbequemlichkeiten dieses Verkehrsmittels auf sich nahm. Sollten die Reisenden dieses Fernverkehrs zurückgewonnen werden, so mußte ein Fahrzeug entwickelt werden, das mit seinen Betriebskosten so viel niedriger liegt, daß auch die Bahnverwaltung entsprechend niedrigere Tarife einführen kann. Die Ersparnisse, die im Anlagekapital bei weitgehender Beschränkung des Gewichts und Aufwands im Vergleich mit einem normalen Zug zu erzielen sind, die geringeren Betriebsstoffkosten, die herauspringen, Ersparnisse in den Personalkosten durch Entbindung vom „full crew law“ und auf der anderen Seite eine schnellere Beförderung der Reisenden, haben die Union Pacific veranlaßt, den Gedanken des Schnelltriebwagens umgehend in die Tat umzusetzen. Bezeichnend ist, daß trotz der hohen Geschwindigkeit und der von 62 auf 45 Stunden heruntergesetzten Fahrzeit zwischen Chicago und San Francisco, die eigentlich den Anlaß geben sollte, derartige Züge dem Publikum mit verwöhnten Ansprüchen zur Verfügung zu stellen, diese Züge gerade für den minderbemittelten Reisenden zuerst bestimmt sind, insofern, als keine Schlafgelegenheit vorgesehen ist, sondern die Wagen den Grundriß der „Coach“ bekommen. Entscheidend für diesen Entschluß ist eben das Bestreben, den Omnibusbenutzer zurückzuziehen. Daneben spielt aber auch die Tatsache mit, daß heute schon in den großen Durchgangszügen, man kann fast sagen die Mehrzahl der Reisenden die „Coach“ benutzt, weil sie den Schlafwagen nicht mehr bezahlen können.

Auch bei diesem Zug wird der Grundgedanke, der sich durch die ganze Entwicklung des Triebwagens in den Vereinigten Staaten hindurchzieht, beibehalten, daß die Maschinenanlage frei zugänglich sein muß, sie wird deshalb, wie bisher im

allein fahrenden Wagen, auf dem Wagenkastenboden unter unmittelbarer Wartung und Beobachtung des Führers angeordnet (Abb. 3, Taf. 1). Die wiederum erforderlichen Post- und Gepäck- bzw. Frachtabteile nehmen den ersten Wagenteil voll in Anspruch. Der gegenüber dem ersten Schnelltriebwagen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft um eine Wageneinheit vergrößerte Zug gleicht aber im übrigen mit den Jakobs-Drehgestellen seinem deutschen Vorbild. Zur vollen Ausnutzung der Stromlinienform namentlich in Richtung der Ausschaltung des in den zu durchfahrenden Wüstenstrecken äußerst unangenehmen Staubes für Reisende, Maschinenanlage und Laufwerk soll der Wagenkasten die Form mit unten geschlossener Rundung erhalten. Auch hier wird, wie bei den neuen Budd-Wagen mit künstlicher Luftkühlung und Reinigung der Aufenthalt im Wagen äußerst angenehm gestaltet werden können, wie die bereits mit den airconditioning-Anlagen laufenden normalen Personenwagen beweisen. Die Fenster sind dementsprechend fest eingebaut. Man muß dabei daran denken, daß auch in den Normalwagen das Öffnen der Fenster — es sind durchweg Doppelfenster vorhanden — nicht üblich, meist aber auch wegen der Umständlichkeit nicht möglich ist. Das reisende Publikum wird hier also vor keine neuen einschränkenden Maßnahmen gestellt und ist sich außerdem der Vorteile der künstlichen Belüftung namentlich bei hohen Außentemperaturen sowie des Schutzes vor Schmutz und Geräusch bewußt.

Der Zug soll eine Höchstgeschwindigkeit von 175 km/h erhalten. Das Gewicht wird, da für den ersten Zug inzwischen die Entscheidung für Reinaluminiumausführung gefallen ist, nur 80 t wiegen. Trotzdem erscheint es sehr zweifelhaft, ob bei der Wahl von nur 600 PS in der Antriebsmaschine diese Geschwindigkeit unter den im allgemeinen auf den transkontinentalen Strecken vorherrschenden starken Windverhältnissen eingehalten bzw. überhaupt erreicht werden kann. Der zweite erwähnte Zug wird in nichtrostendem Stahl ausgeführt.

In der Wahl der Maschinenleistung ist man aber, — und das ist ein entscheidender Punkt beim Bau des ganzen Zuges —, stark durch die bisherige Motorenentwicklung gebunden.

„Competition is the life of trade“, dieses Wort, das die Entwicklung des amerikanischen Eisenbahnwesens und aller Verkehrsmittel bis auf den heutigen Stand insbesondere durch die Anerkennung und Förderung durch den Staat selbst richtungweisend beeinflusst hat, findet auch hier wieder einmal praktisch Ausdruck. Schon bald nach Bekanntwerden der ersten Entwürfe konnte die Auswirkung des Vorgehens der U. P. auf die übrigen transkontinentalen am Verkehr beteiligten Bahnen festgestellt werden. Die Atchison Topeka and S. Fe Rr, die bisher etwa  $\frac{2}{3}$  des Personenverkehrs nach der Westküste bedient, fühlte sich an einer empfindlichen Stelle durch die Aussicht getroffen, daß infolge der Fahrzeitverkürzung bei der U. P. die Reisenden abwandern. Es sind z. Z. eingehende Erhebungen im Gange, den gleichen Weg mit ähnlichen Mitteln zu beschreiten.

Die Entwicklung des Triebwagens als Ganzes gesehen ist in den Vereinigten Staaten grundsätzlich andere Wege gegangen als in Europa. Der vorstehende Vergleich beweist, wie sehr wirtschaftliche Notlage und Beschränkung in den zur Verfügung stehenden Mitteln, wie hier z. B. in der Wahl des wirtschaftlichen Betriebsstoffes, Lehrmeister in der technischen Entwicklung werden können. Der europäische Ingenieur stand hier bezüglich des Triebwagens viel früher vor Problemen, die gelöst werden mußten, sei es die Verbesserung des Dieselmotors oder die Entwicklung des wirtschaftlichen Leichtbaues im wagentechnischen Teil u. a. m. So ist bei aller Anerkennung der Leistungen in der Entwicklung des Triebwagens in den Vereinigten Staaten doch immer wieder zu erkennen, daß der Anstoß zu wirklichen technischen Fortschritten letzten Endes seinen Ursprung in der „alten Welt“ hat.



## Entwicklung des Triebwagenbaues bei den Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen.

Von Regierungsbaumeister **Hans Dorner**, Wernigerode (Harz).

Die Kgl. Ungarischen Staatsbahnen besitzen z. Z. ein Streckennetz von rund 7600 km. Davon werden rund 4070 km oder 53,5% neben Dampflokomotiven von Triebwagen bedient. Reiner Triebwagenverkehr ist auf Strecken von 260 km Länge vorhanden. Täglich werden 11430 Triebwagenkilometer geleistet. Dabei beläuft sich, ohne Schnellzüge, die Anzahl der täglich geleisteten Zugkilometer im Reiseverkehr auf dem ganzen Netz auf 72320. Davon werden also rund 16% durch Triebwagen gefahren. Einen Überblick über die Triebwagenstrecken gibt Abb. 1.

motoren versagten in der Hauptsache die Getriebe für den Geschwindigkeits- und Richtungswechsel. Mit den Dampftriebwagen hatte man deshalb keinen Erfolg, weil in Gegenden mit hartem Wasser sich zu viel Kesselstein in dem Kessel absetzte, während in Gegenden mit gereinigtem Wasser dieses Zusätze von Soda enthielt und durch die Bildung von Schaum ein betrieblich einwandfreies Fahren unmöglich gemacht wurde.

Der nach dem Kriege einsetzende starke Auftrieb, den der Motorenbau erfuhr, veranlaßte die Direktion der Kgl. Ungarischen Staatsbahnen im Jahre 1925, der Beschaffung von

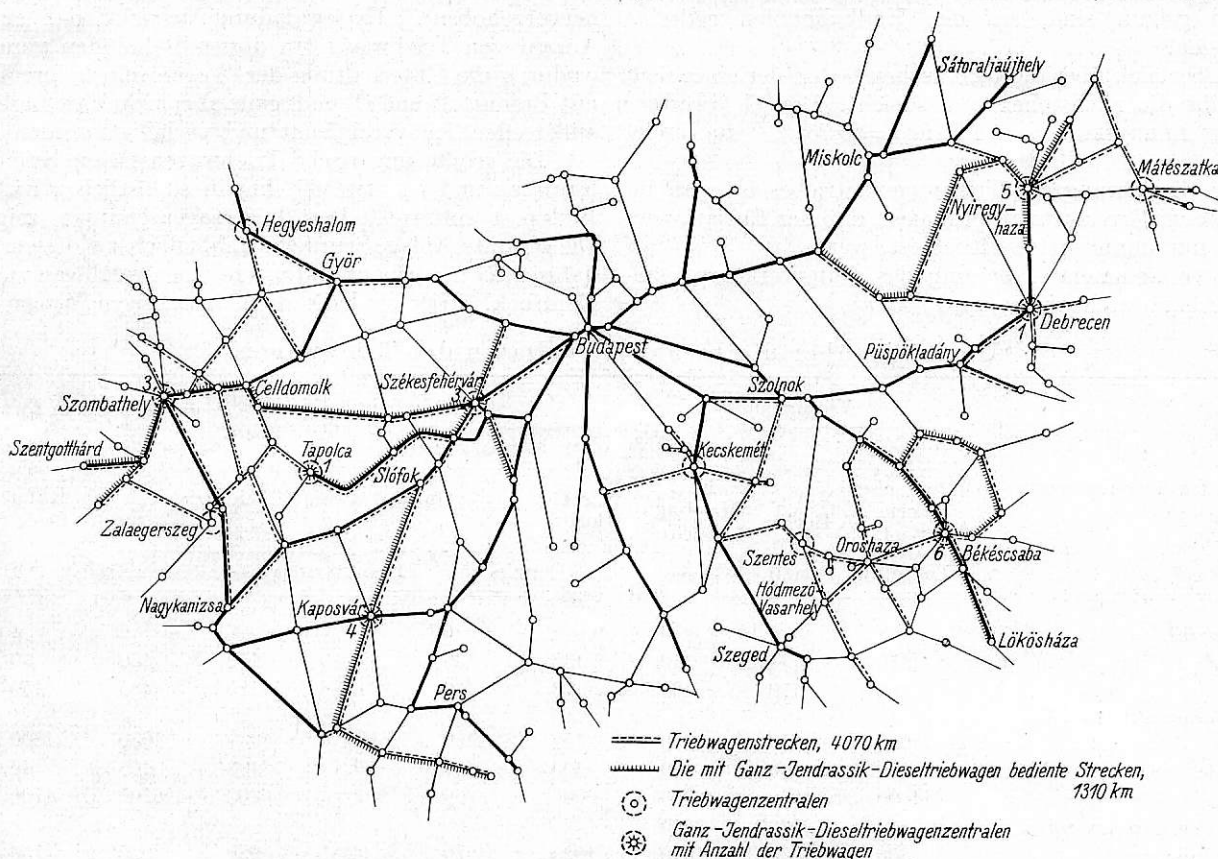


Abb. 1. Übersicht über die von den Triebwagen gefahrenen Strecken.

Diese kurzen Zahlenangaben erhellen deutlich die Bedeutung des Triebwagenverkehrs in Ungarn und lassen erkennen, daß das Studium dieses Verkehrs sehr nützlich ist. Dieses Studium ist begünstigt durch den Umstand, daß die Entwicklung des Triebwagenbaues in Ungarn für die nächste Zukunft so gut wie abgeschlossen ist, da man nach jahrelangen Versuchen jetzt zu einer einheitlichen Bauart gekommen und nur diese zu bauen gewillt ist. Die Untersuchung dieser, von der deutschen abweichenden Entwicklung war Zweck einer Studienreise, die den Verfasser im September 1932 nach Ungarn führte. Er erfreute sich dabei in reichem Maße der Unterstützung der Direktion der Kgl. Ungarischen Staatsbahnen und der Firma Ganz & Co. A.-G. in Budapest, denen auch hier nochmals bestens gedankt sei.

### 1. Triebwagenverkehr und Triebwagendienst.

Zur Vervollständigung dieses Überblicks möge kurz auf die Verwendung von Triebwagen in Ungarn vor dem Kriege eingegangen werden. Schon im Jahre 1903 begann man Triebwagen auf Nebenbahnstrecken einzusetzen. Als Antriebskraft dienten Benzin- und Dampfmotoren. Mit beiden Bauarten machte man jedoch schlechte Erfahrungen. Bei den Benzin-

Motortriebwagen in größerem Umfang wieder näherzutreten. Dampftriebwagen blieben aus den obengenannten Gründen außer Betracht. So wurden bis heute 92 Motortriebwagen und drei Schienenautobusse in Betrieb genommen. Nachdem man zunächst in der Hauptsache Vergasermotoren als Antriebskraft gewählt hatte, ging man in letzter Zeit zum Betrieb mit Rohölmotoren über, von denen 20 Triebwagen neu erbaut und Anfang November v. J. dem Betrieb übergeben waren. Die Firma Ganz & Co. hatte hierzu den Ungarischen Staatsbahnen zwei Dieseltriebwagen probeweise zwei Jahre lang zur Verfügung gestellt, um den Beweis für die Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit des Dieseltriebwagens zu erbringen. Diese Triebwagen waren mit Rohölmotoren, Bauart Ganz-Jendrassik, ausgerüstet.

Die ersten nach dem Kriege in Ungarn laufenden Triebwagen waren in Deutschland gebaut und von den Firmen: Nationale Automobilgesellschaft (NAG) Berlin, Deutsche Werke Kiel und der Eisenbahn-Verkehrsmittel-A.-G. Waggonfabrik Wismar in Verbindung mit den Maybach-Motorenwerken Friedrichshafen geliefert. Die deutschen Wagen sind noch im Betrieb und haben sich im allgemeinen gut bewährt. Nachdem aber auch die Firma Ganz & Co. sich auf den Bau von Trieb-

wagen eingestellt hatte, ging man dazu über, nur noch inländische Wagen in Betrieb zu nehmen, um vom Ausland unabhängig zu sein und gleichzeitig auch der einheimischen Industrie Beschäftigung zu geben. Für Dieseltriebwagen hat die Firma Ganz & Co. einen besonderen Motor, den schon oben erwähnten Motor Bauart Ganz-Jendrassik, entwickelt, so daß sie jetzt für den Triebwagenbau in Ungarn nahezu eine Monopolstellung einnimmt, besonders nachdem man sich entschlossen hat, nur noch Rohölmotoren als Antrieb zu benutzen.

Der Bau von Schienenomnibussen ist hinter dem Triebwagenbau vollkommen zurückgetreten. Die Ursache liegt darin, daß die Schienenautos infolge der Eigentümlichkeit ihrer Bauart keine Anhänger mitführen können und, da sie mit nur einem Führerstand gebaut sind, auf den Endbahnhöfen gedreht werden müssen.

Einen Überblick über die technischen Daten der einzelnen Bauarten gibt die nachstehende Übersicht. Den Geldwerten ist ein Umrechnungskurs von 1 Pengö = 0,75 *R.M.* zugrunde gelegt.

Bei der Einrichtung des Triebwagenbetriebes ist man in Ungarn von dem Grundstz ausgegangen, daß der Einsatz von Triebwagen nur dann wirtschaftlich ist, wenn

1. eine vollkommene Trennung des Güterverkehrs vom Personenverkehr durchgeführt wird,

2. die Reisegeschwindigkeit der Triebwagenzüge wesentlich höher als die der durch sie ersetzten Dampfzüge ist,

3. statt einer geringen Zahl langsam fahrender größerer Einheiten eine größere Zahl kleiner Zugeinheiten gefahren werden und

4. möglichst wenig Bauarten — im Idealfalle nur eine Einheitsbauart — vorhanden sind, deren Unterhaltungskosten dadurch auf ein Kleinmaß herabgesetzt werden können.

Aus diesen letzten Erwägungen heraus haben die Kgl. Ungarischen Staatsbahnen größere Knotenpunkte, deren angrenzende Strecken sich für den Triebwagenverkehr eignen, als Stützpunkte für die Abwicklung dieses Verkehrs gewählt und zweckentsprechend ausgebildet (in Abb. 1 durch Kreise hervorgehoben). Es ist dadurch erreicht, daß eine größere Anzahl von Triebwagen an diesen Bahnhöfen vereinigt sind, wodurch die Unterhaltung der Wagen selbst, ihre Versorgung mit Brennstoff und Öl und, ganz allgemein, ihre tägliche Pflege außerordentlich vereinfacht und verbilligt worden ist.

Die größte ungarische Triebwagenstation befindet sich in Szentes und ist etwa 170 km in südöstlicher Richtung von Budapest entfernt. Den Triebwagenschuppen zeigt Abb. 2. Die gesamte Anlage wurde ausschließlich zu diesem Zweck im Jahre 1927 neu erbaut und macht einen gefälligen und sauberen Eindruck. Hier sind die drei vierachsigen Wagen von NAG

Übersicht über die technischen Daten der Triebwagen.

Type des Triebwagens	Vierachsige			Zweiachsige				Dreiachsige	Zweiachsige		
	T r i e b w a g e n										
	Deutsche Werke Kiel	N.A.G. Berlin	Eva-Maybach Berlin	N.A.G. Berlin	Ganz & Comp., Budapest			„Rába“ Győr	Ganz & Comp. Budapest		
	Diesel <sup>1)</sup>	Benzin	Diesel	Benzin	Diesel, System: Ganz-Jendrassik			Benzin			
Motor	Zylinderzahl . . . . .	8	6	6	6	6	6	6	4	4	
	Bohrung . . . . . mm	150	135	140	135	130	150	150	90	130	
Maße des Wagens	Hub . . . . . „	185	170	180	170	160	185	185	150	160	
	Umdrehungszahl in der Minute . . . . .	1000	950	1300	950	1150	1050	1050	1800	1100	
Maße des Wagens	Pferdestärken . . . . .	150	2 × 100	150	100	90	108	108	46	50	
	Achsstand . . . . . mm	14000	14950	16800	6000	6200	7000	6200	4700	5700	
	„ des Drehgestells „	2500	2200	3500	—	—	—	—	—	—	
	Raddurchmesser . . . . . „	850	1020	1000	1020	920	920	920	750	750	
	Kastenlänge . . . . . „	17100	18380	19740	10700	10802	11470	10802	7345	9080	
	Innenbreite . . . . . „	2840	2790	2917	2940	2956	2932	2956	2400	2950	
	Innenhöhe . . . . . „	2565	2670	2545	2565	2569	2150	2569	2050	2796	
	Anzahl der Sitzplätze										
	2./3. Klasse . . . . .	20/52	24/49	29/51	10/30	15/31	43/—	15/31	15/31	29/—	29/—
	Eigengewicht . . . . . kg	34860	35600	40000	18680	18000	19730	19430	20970	7740	6970
Heizung . . . . .		Kühlwasser	Auspuffgas	Kühlwasser	Auspuffgas	Auspuffgas	Kühlwasser		Auspuffgas		
	Brennstoffverbrauch { pro Zug/km g	450	480	480	480	370	260	280	280	180	182
	„ 100 t „	640	1110	880	1440	1100	1100	800	800	—	—
Fassungsraum des Brennstoffbehälters . . . . . Liter	330	300	340	170	250	250	300	300	140	240	
Schmierstoffverbrauch { pro Zug/km g	12	9	15	9	9	16	8	8	9	11,5	
	„ 100 t „	23	19,5	27,5	27	27	41	20,5	20,5	—	—
Zulässige Höchstgeschwindigkeit . . . . . km/Std.	60	60	60	60	55	75	55	55	60	75	
Anzahl der im Betriebe befindlichen Triebwagen . .	1	3	1	1	64	5	10	12	3	3	
Anzahl der beförderten Beiwagen <sup>2)</sup> auf Steigungen											
1 bis 5 ‰	3	3	3	2	2	2	3	3	—	—	

<sup>1)</sup> Der Antriebsmechanismus des im Jahre 1926 gelieferten Triebwagens wurde im Jahre 1932 mit einem Achtzylinder-Ganz-Jendrassik kompressorlosen Dieselmotor, das Wechsel- und Wendegetriebe mit einem Getriebe System Ganz & Comp. ausgetauscht. Die motortragende Wiege wurde abmontiert und der Motor wurde an den Wagenkasten aufgehängt.

<sup>2)</sup> Die Beiwagen (einheitliche Bauart) wiegen 12500 kg und fassen 56 Personen.

und 24 zweiachsige Benzin-Benzoltriebswagen von Ganz beheimatet. Die vierachsigen Wagen haben je zwei Motoren von zusammen 200 PS und die zweiachsigen je einen Ganz-Motor von 90 PS Leistung. An Zugkilometern wurden im Jahre 1930/31 insgesamt von durchschnittlich 26 Wagen 1236 000 km, oder monatlich einschließlich der in Untersuchung befindlichen Wagen 4000 km geleistet. Die tatsächliche monatliche Leistung, ohne Berücksichtigung der Untersuchungswagen, war 4860 km. Das entspricht bei 26 Arbeitstagen einer täglichen Leistung von 187 km. Für die Zugförderung wurden im Jahresdurchschnitt 1931/32 folgende Mittel aufgewendet, auf das Zugkilometer berechnet:

Gehälter . . . . .	9,66	Fillér
Löhne . . . . .	1,12	„
Brennstoff . . . . .	17,90	„
Öl . . . . .	0,60	„
Beleuchtung der Triebwagen . . . . .	0,02	„
Sonstige Betriebsstoffe . . . . .	0,13	„
Putzstoffe . . . . .	0,05	„
Heizung . . . . .	0,77	„
Heizhauskosten . . . . .	0,37	„
zusammen . . . . .	30,62	Fillér

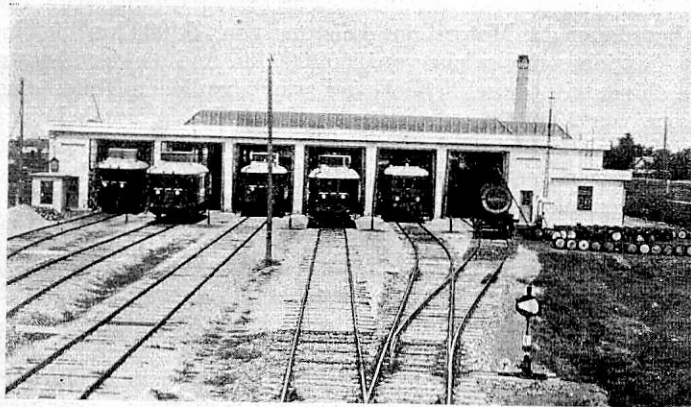


Abb. 2. Triebwagenschuppen in Szentes.

das sind 22,96 *Rpf* pro Zugkilometer oder abzüglich der Brennstoffkosten 12,72 Fillér = 9,55 *Rpf*. Die Durchschnittsausgaben auf 100 tkm beliefen sich im gleichen Zeitraum auf 101,2 Fillér = 75,9 *Rpf*.

Für den Brennstoff- und Ölverbrauch wurden in Szentes folgende Werte erzielt, die aus nachstehender Zusammenstellung 1 ersichtlich sind und sich auf den Monat Juli 1932 beziehen. Bei diesen Verbrauchsziffern ist zu berücksichtigen, daß die NAG-Triebwagen je zwei Motoren, die Ganzschen Triebwagen jedoch nur einen Motor besitzen. Der tatsächliche Durchschnittsverbrauch an Brennstoff für sämtliche Triebwagen beträgt 374 g/Zugkilometer und 1152 g/100 t km, so daß der Verbrauch in Szentes unterhalb des Durchschnitts liegt.

Zusammenstellung 1.

Brennstoff- und Ölverbrauch in Szentes.

	Brennstoffverbrauch		Ölverbrauch g/Zugkm
	g/Zugkm	g/100 tkm	
Ganz-Motore . . . . .	295	1155	6,33
NAG-Motore . . . . .	412	933	6,19
Durchschnitt . . . . .	308	1114	6,31

Es ist selbstverständlich und braucht eigentlich nicht besonders erwähnt zu werden, daß über die Leistungen, den Brennstoff- und Ölverbrauch eine genaue Statistik in den

Heizhäusern geführt wird. Diese Zahlen werden nicht für eine Gruppe von Wagen zusammen, sondern für jeden Wagen einzeln erfaßt, so daß man sich über das betriebliche Verhalten jedes Triebwagens immer ein ganz genaues Bild machen kann.

Die Fristen für die laufenden Untersuchungen der Triebwagen werden nicht nach Zeitfristen, sondern nach den tatsächlichen Kilometerleistungen bemessen. Die laufenden Untersuchungen der Wagen erfolgen nach folgenden Grundsätzen:

Alltäglich ist es Pflicht des Wagenführers, den Wagen auf Grund seiner während der Fahrt gemachten Beobachtungen gründlich zu untersuchen und etwa wahrgenommene Fehler selbst zu beheben oder zu melden.

Wöchentlich sollen das Brennstoff- und das Schmierölfilter, ferner das Gestänge für Regelung der Brennstoffpumpe — (bei Rohölwagen) — gereinigt bzw. geschmiert werden.

Nach einer Leistung von 5000 km (1. Untersuchung, etwa monatlich) werden die Akkumulatoren, der Kompressor und die Luftleitung, der Vergaser, bei Dieselmotoren die Brennstoffpumpen, Magnete und die Zündvorrichtung, Lichtmaschine, Starter, Sandstreuapparat, Achsgabeln und Federn und die Radreifen untersucht. Diese kleine Revision hat während größerer Betriebspausen, die sich aus dem Dienstplan ergeben, zu geschehen. Motor, Getriebe und elektrische Einrichtungen dürfen dabei nicht auseinandergenommen werden.

Nach 15000 km (2. Untersuchung, nach etwa 3 Monaten) sind die Ventile einzuschleifen, Nockenwelle, Steuerung des Motors und die Lager nachzusehen. Ohne Ausbau des Kolbens ist die Zylinderlauffläche nachzuprüfen, Ölpumpen, Wendgetriebe, Schaltgetriebe sowie die Luftanlage der Steuerung zu untersuchen.

Nach 30000 km (3. Untersuchung) werden die gesamten Bremsenrichtungen des Wagens, Geschwindigkeitsmesser, Wasserpumpe, Kolben und Kolbenringe, Steuerwelle, Grundschrauben des Motors mit Puffer, die gesamte Kühleinrichtung, Brennstoffleitung und Brennstoffpumpen, Tankeinrichtung für Wasser und Brennstoff, Zug- und Stoßvorrichtung eingehend untersucht.

Nach 60000 km findet eine Untersuchung des Laufgestells des Wagens sowie der elektrischen Beleuchtung auf Isolation statt.

Daraus geht hervor, daß sich die vorzunehmenden Untersuchungen mit zunehmenden Kilometerleistungen vergrößern. Denn nach einer Leistung von 60000 km fallen auch die ersten, zweiten und dritten Untersuchungen an, so daß also umfangreiche Arbeiten dabei zu erledigen sind. Diese gesamten laufenden Untersuchungen werden in den Triebwagenstationen selbst vorgenommen. Erst nach einer Leistung von 110000 bis 120000 km findet die Hauptuntersuchung des Wagens und der Maschinenanlage statt, bei der Motor, Triebwerk und Hilfsgeräte vollständig auseinandergenommen, untersucht, gereinigt und ausgebessert werden. Für diese Hauptuntersuchungen ist einzige Werkstätte die nördliche Hauptwerkstatt in Budapest zuständig.

Nach jeder Nachschau wird der Motor wieder frisch eingestellt. Die Führer haben bei den laufenden Untersuchungen ihrer Wagen im Triebwagenschuppen zugegen zu sein und diese zu überwachen.

Wie richtig die Untersuchungen auf die Kilometerleistungen verteilt sind, zeigt die folgende Aufstellung, wonach die Ausbesserungstage für das Jahr laufend abnehmen. Die Zahlen beziehen sich auf die zweite und dritte Untersuchung, also nach einer Leistung von 15000 bzw. 30000 km.

## Zusammenstellung 2.

Ausbesserungstage für die vorgeschriebene zweite und dritte Untersuchung.

	Vierachsige Wagen	Zweiachsige Wagen	Durchschnitt in Szentes
1929/30	9,50	6,00	6,40
1930/31	8,33	5,20	5,50
1931/32	6,67	3,80	4,10

Hierbei ist ein Tag = 24 Stunden = 3 Arbeiter zu je 8 Stunden gerechnet. Der Triebwagenführer ist jedoch nicht mitgerechnet. Die Ausbesserungstage haben demnach in den 3 Jahren bei den vierachsigen Wagen um rund 30%, bei den zweiachsigen um rund 37% und im Durchschnitt um rund 36% abgenommen. Die zweite Untersuchung, die nach dem Untersuchungsplan nach 15000 km vorgenommen werden sollte, brauchte infolge der sorgfältigen Unterhaltung im Jahre 1929/30 durchschnittlich erst nach 17500 km, 1930/31 nach 16500 km und 1931/32 nach rund 19000 km zu erfolgen. Die größte bis jetzt erreichte Kilometerleistung zwischen zwei Hauptuntersuchungen betrug 128000 km.

Bei der Einführung des Triebwagenverkehrs wurde ein Ausbesserungsstand von 25% angenommen. Er war jedoch bei weitem zu hoch gerechnet. Tatsächlich erreicht wurden in den Jahren:

1929/30	1930/31	1931/32
16,8%	16,5%	9,9%

davon wurden aufgewendet:

für die Hauptuntersuchung . . .	4,9%	7,8%	5,3%
für Programmuntersuchungen . .	5,1%	4,4%	2,7%
für kleinere Ausbesserungen . . .	6,8%	4,3%	1,9%

In der nachfolgenden Zusammenstellung 3 sind die Kosten in Zugkilometer der ersten, zweiten und dritten Werkstattuntersuchung, also nach 5000, 15000 und 30000 km, angegeben. Demnach konnten die Ausgaben für diese Untersuchungen im Geschäftsjahr 1931/32 gegenüber 1930/31 wesentlich gesenkt werden.

## Zusammenstellung 3.

Kosten/Zugkilometer der ersten, zweiten und dritten Werkstattuntersuchung.

	NAG-Triebwagen		Ganz-Triebwagen		Durchschnitt	
	Fillér	Rpf	Fillér	Rpf	Fillér	Rpf
1930/31	4,19	3,14	2,29	1,72	3,24	2,43
1931/32	2,87	2,15	1,84	1,38	2,36	1,77

Die Ausgaben für diese Untersuchungen konnten demnach bei den NAG-Triebwagen um 31,5%, bei den Ganz-Triebwagen um 19,8% und im Durchschnitt um 27,2% herabgesetzt werden. Vergleicht man diese Werte, die in dem Triebwagenbahnhof Szentes erzielt worden sind, mit den in Zusammenstellung 2 angegebenen, so stimmen sie bezüglich der NAG-Triebwagen verhältnismäßig gut überein. Bei den Ganzschen Wagen jedoch scheinen die Werte in Zusammenstellung 2 etwas zu optimistisch dargestellt zu sein.

Insgesamt wurden im Jahre 1931 506000 Pengö = 380000 R.M. für Brennstoff ausgegeben, mit dem eine Leistung von 3034000 Zugkilometer und 98592200 tkm erzielt wurden. In diesen Zahlen sind auch die Leistungen der Beiwagen enthalten. Demnach beträgt das durchschnittliche Zuggewicht 32,5 t, was etwa einer Zugzusammensetzung von einem Triebwagen und einem Beiwagen entspricht. Wird das

Dienstgewicht eines besetzten Triebwagens bei einer 50%igen Sitzplatzausnutzung mit 20,0 t in die Rechnung eingesetzt, so haben die Triebwagen  $20,0 \times 3034000 = 60680000$  tkm geleistet. Wenn die Gesamtleistung von 98592200 tkm um diesen Betrag vermindert wird, so verbleibt für die Beiwagen eine Leistung von 37912200 tkm. Bei einem Gewicht des etwa 50% besetzten Beiwagens von 14,6 t erhält man so die Kilometerleistung der Beiwagen mit 2596700 km. Es sind also rund 85% aller Triebwagenzüge mit Beiwagen gefahren worden. Die Brennstoffkosten für diese Leistung können bei einem Verbrauch von etwa 80 g/Zugkilometer auf 183000 Pengö = 137000 R.M. geschätzt werden, so daß für die Beförderung der Triebwagen allein etwa 243000 R.M. ausgegeben worden sind.

Die Kosten für die laufende Unterhaltung (erste, zweite usw. Untersuchung) und die Hauptausbesserung der Triebwagen einschließlich der Beiwagen beliefen sich im Jahre 1931 auf 264632 Pengö = 198500 R.M. Die Ausbesserungskosten der Beiwagen betragen 31300 Pengö = 23475 R.M. Die entsprechenden Kosten für die Triebwagen allein waren demnach 175025 R.M. Ein reiner Triebwagenkilometer wird also mit durchschnittlich 5,78 Rpf, einschließlich Beiwagen mit 6,54 Rpf für Unterhaltungs- und Ausbesserungskosten belastet.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung werden für die Lebensdauer des Motors eine Leistung von 500000 km, für die des Getriebes eine solche von 1000000 km und die der übrigen Maschinenteile einschließlich des wagenbaulichen Teiles eine solche von 2000000 km zugrunde gelegt. Das ergibt bei einer durchschnittlichen jährlichen Fahrleistung von 50000 km eine Lebensdauer des Motors von 10 Jahren, des Getriebes von 20 Jahren und der übrigen Maschinenteile einschließlich des wagenbaulichen Teiles von 40 Jahren.

Die Kosten eines Zugkilometers einschließlich Kapitaldienst betragen nun, wenn für die Betriebsausgaben ausschließlich der Brennstoffkosten die von Szentes aus dem Jahresdurchschnitt 1931/32, für den Brennstoffverbrauch ein Durchschnittsverbrauch von  $374 - 80 = 294$  g/Zugkilometer für den Triebwagen allein und 374 g/Zugkilometer für Triebwagen und Beiwagen und für die Anschaffungskosten ein Durchschnittspreis von 98000 Pengö = 73500 R.M. für den Triebwagen und 30000 Pengö = 22500 R.M. für einen Beiwagen zugrunde gelegt werden und 1 kg Brennstoff mit 0,56 Pengö = 0,42 R.M. berechnet wird.

a) Triebwagen allein:

1. Betriebsausgaben einschließlich Gehälter und Löhne, jedoch ausschließlich der Brennstoffkosten im Jahresdurchschnitt 1931/32 . . . . .	9,55 Rpf
2. Brennstoffkosten (294 g/Zugkilometer) . . . . .	12,30 „
3. Unterhaltung und Hauptausbesserung . . . . .	5,78 „ 27,63 Rpf
4. Kapitaldienst . . . . .	15,30 „
Gesamtkosten eines Zugkilometers . . . . .	42,93 Rpf

Bei der Berechnung des Kapitaldienstes ist eine Verzinsung von 6% angenommen. Für die Abschreibungen ergeben sich folgende Werte:

Motor . . . . .	12000 R.M., abzuschr. mit 10% = 1200,- R.M.
Getriebe . . . . .	20000 „ „ „ 5% = 1000,- „
Wagenteil . . . . .	41500 „ „ „ 2 1/2% = 1037,50 „
insgesamt . . . . .	73500 R.M. 3237,50 R.M.
+ Verzinsung des Anlagekapitals mit 6% = 4410,- „	
gesamter Kapitaldienst . . . . .	= 7647,50 R.M.

oder für einen Zugkilometer bei einer jährlichen Fahrleistung von 50000 km = 15,30 Rpf.

b) Triebwagen und ein Beiwagen:

1. Wie oben + Zuschlag für Reinigung der Beiwagen . . . . .	9,70 <i>Rpf</i>	
2. Brennstoffkosten (374 g/Zugkilometer) . . . . .	15,70 „	
3. Unterhaltung und Hauptausbesserung . . . . .	6,54 „	31,94 <i>Rpf</i>
4. Kapitaldienst 15,30 + 3,83 . . . . .	19,13 „	
Gesamtkosten eines Zugkilometers . . . . .		<u>51,07 <i>Rpf</i></u>

Der Kapitaldienst für einen Beiwagen beträgt einschließlich Verzinsung und Abschreibung (6% + 2½%) 1912,50 *R.M* oder für den Zugkilometer 3,83 *Rpf*.

Für 100 Sitzplätze sind je Kilometer aufzuwenden bei a) bei einem Platzangebot von 46 Sitzplätzen, Triebwagen allein,  $42,93 \times 100/46 = 93,33$  *Rpf*,

b) bei einem Platzangebot von 102 Sitzplätzen, Triebwagen + ein Beiwagen,  $51,07 \times 100/102 = 50,07$  *Rpf*.

Die Höhe dieser Werte überrascht, sie ist jedoch damit zu erklären, daß der Brennstoffpreis in Ungarn unverhältnismäßig hoch ist und er daher die Wirtschaftlichkeitsberechnung ungünstig beeinflusst. Auch sind die Beschaffungspreise der Trieb- und Beiwagen merklich höher als in Deutschland.

2. Die maschinellen Einrichtungen der Triebwagen.

Die Kgl. Ungarischen Staatsbahnen verwenden, abgesehen von den oben erwähnten vierachsigen Wagen, die als Sonderbauarten zu betrachten sind, nur eine einzige Type von Triebwagen. Diese besaß bis vor kurzem einen Ganzschen Benzin-Benzolmotor, der bei den seit 1932 gebauten Wagen durch einen Rohölmotor ersetzt wird. Äußerlich unterscheiden sich beide Wagen nur durch die Anordnung des Kühlers auf dem Dach.

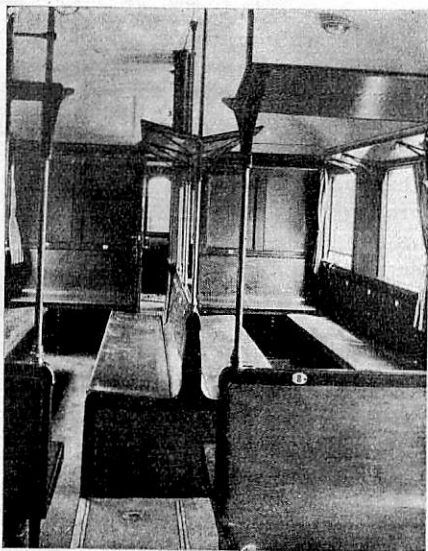


Abb. 3. Motorschacht im Triebwagen.

Die Benzinmotoren besitzen sechs Zylinder, die zusammen eine Leistung von 90 PS entwickeln. Die Umdrehungszahlen der Motoren betragen dabei 1150 in der Minute. Die Drehzahlen können ohne wesentliche Änderung des Drehmomentes zwischen 300 und 1300 Umdr./Min. verändert werden. Die Motoren sind im allgemeinen gut ausgewuchtet, wesentliche Erschütterungen sind in den Wagen nicht zu bemerken. Die Motoren selbst sind unterhalb des Fußbodens des Wagenkastens unter den Mittelsitzen eingebaut, um für den Fahrgastraum Platz zu gewinnen. Der obere Teil des Motors ragt mit seinen Schutzwänden etwa bis in Sitzhöhe in diesen hinein. Die Abdeckung dieses Motorschachtes bilden sehr geschickt je zwei Sitzreihen zu vier Sitzen, so daß das Hineinragen des Motors in den Fahrgastraum nicht sehr auffällt und vor allen Dingen nicht störend wirkt (Abb. 3).

Die Kraftübertragung erfolgt mechanisch auf eine Achse. Es sind in jeder Richtung vier Gänge vorhanden. Die Zahnräder des Getriebes sind dauernd in Eingriff. Jede Geschwindigkeitsstufe besitzt eine eigene Lamellenkupplung, die durch Druckluft von beiden Führerständen aus gesteuert werden kann. Die Zahnräder sind aus hochwertigem Stahl hergestellt,

gehärtet und geschliffen. Sie haben sich bis jetzt sehr gut bewährt. Selbst die Wagen, die schon 120000 bis 150000 km geleistet haben, besitzen Zahnräder, an denen kaum eine merkliche Abnutzung festgestellt werden konnte. Eine äußere Ansicht des Getriebes zeigt Abb. 4.

Das Getriebe für die Richtungsänderung sitzt auf der angetriebenen Achse und wird ebenfalls durch Druckluft getätigt (Abb. 5).

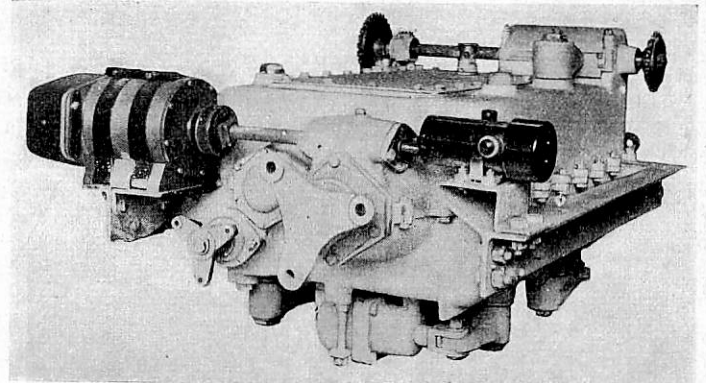


Abb. 4. Getriebe.

Der Wagenkasten ist in Eisen ausgeführt. Das gesamte Kastengerippe und dessen Verschalung einschließlich des Wagendaches sind als Tragwerk ausgebildet. Infolgedessen ist eine hohe Sicherheit bei Zusammenstößen und Entgleisungen gewährleistet. Der Wagen besitzt normale Zug- und Stoßvorrichtung. An beiden Wagenenden sind die Führerstände angeordnet, die gleichzeitig auch als Ein- und Ausstieg des Wagens dienen. Einen Blick auf den Führerstand vermittelt Abb. 6. Außer den Handgriffen zur Bedienung der einzelnen Geschwindigkeitsgänge, des Fahrtrichtungsgetriebes, der

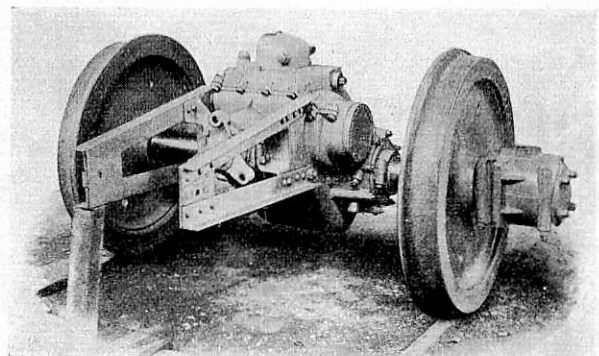


Abb. 5. Achsantrieb.

Bremse und des Sandstreuers sind dort die Instrumente zum Ablesen der Umdrehungszahlen des Motors, des Öldrucks, der Kühlwassertemperatur, des Geschwindigkeitsmessers usw. angebracht. Die Wagen besitzen Druckluftbremse Bauart Knorr.

Das Innere des Wagens ist einfach, aber geschmackvoll eingerichtet. In der 3. Klasse sind 31, in der 2. Klasse 15 Sitzplätze vorhanden. In den Wagen darf nicht geraucht werden.

Das Gewicht des Triebwagens beträgt leer 18 t. Davon entfallen auf Motor, Getriebe samt Zubehör rund 4,8 t, so daß der Wagenteil nur 13,2 t wiegt, ein Beweis dafür, daß trotz normaler Kupplung und Puffer und eiserner Bauart Triebwagen verhältnismäßig leicht gebaut werden können. Die Höchstgeschwindigkeit der Triebwagen beträgt 55 km/Std.

Weitere Daten sind aus der Übersicht über die technischen Daten der Triebwagen (Seite 18) zu entnehmen.

Wie schon oben erwähnt, sind die neuen im Jahre 1932 gebauten und in Betrieb genommenen Triebwagen mit Rohölmotoren ausgerüstet. Da die Einrichtungen dieser Wagen die gleichen wie bei den Benzin-Motorwagen sind, kann auf eine Beschreibung der Einzelheiten verzichtet werden.

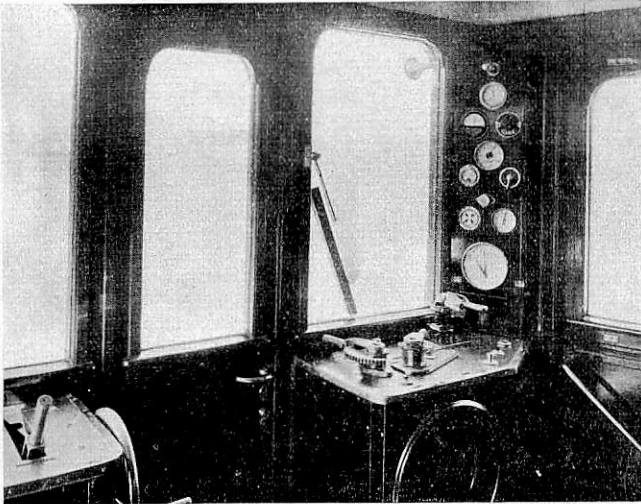


Abb. 6. Führerstand.

Es soll jedoch hier näher auf den Rohölmotor Bauart Ganz-Jendrassik eingegangen werden. Dieser Motor ist in den Werkstätten der Firma Ganz nach Ideen des ungarischen Ingenieurs Jendrassik erbaut worden und hat sich nach Angaben der Firma und der Kgl. Ungarischen Staatsbahnen sehr gut bewährt. Er besitzt sechs Zylinder und arbeitet nach dem Viertaktverfahren ohne Luftspritzung. Damit wird eine Leistung von 108 PS bei 1000 Umdrehungen in der Minute erzielt (Abb. 7, Auspuffseite).

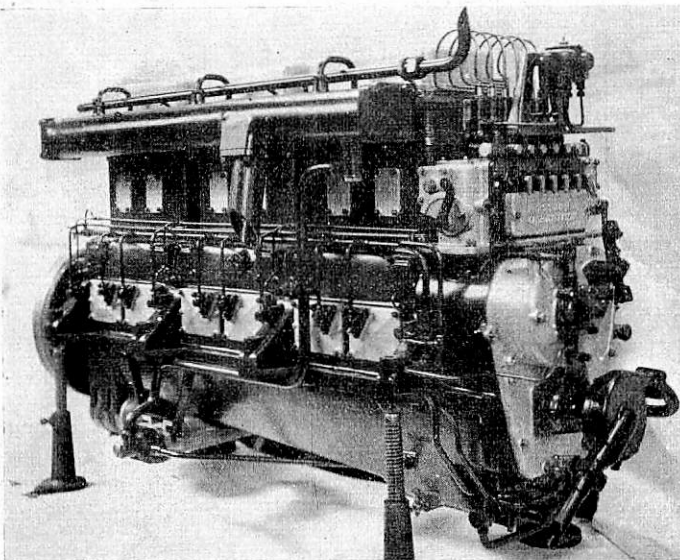


Abb. 7. Dieselmotor Bauart Ganz-Jendrassik, Ausuffseite.

Die besondere Eigenart des Rohölmotors Bauart Ganz-Jendrassik besteht in der eigentümlichen Ausbildung der Verbrennungskammer und in der Unabhängigkeit des Einspritzvorganges von der Drehzahl.

Die Einspritzung und die Verbrennung des Brennstoffes geschieht folgendermaßen: Während des Kompressionshubes verdichtet der Kolben die Luft im Zylinder und drückt einen Teil in die Vorkammer (Abb. 8). In dieser entsteht dadurch ein starker Luftwirbel. Die Einspritzung des Brennstoffes

erfolgt in der oberen Totlage des Kolbens durch einen einzigen Strahl, von dem sich in der Vorkammer schon einzelne Teile ablösen. Der übrige Teil des Brennstoffes gelangt durch die Bohrung der Vorkammer, die in der Richtung des aus der Düse kommenden Brennstoffstrahles liegt, in den eigentlichen Zylinder und Hauptverbrennungsraum. Hier trifft sie auf eine am Kolbenboden angebrachte Prallfläche, die den Brennstoff im Hauptverbrennungsraum nach allen Seiten hin verteilt.

Die Wirkung der Vorkammer liegt nun darin, daß die sich in ihr vom Hauptbrennstoffstrahl ablösenden Brennstoffteilchen eher entzünden als im Hauptverbrennungsraum. Dadurch entsteht in der Vorkammer eine Drucksteigerung, die eine heftige Gasströmung nach dem Zylinder und eine gute Durchwirbelung des Brennstoff-Luftgemisches bewirkt. Die verteilende Wirkung der Prallfläche und der starke Gasstrom aus der Vorkammer unterstützen sich dabei gegenseitig. Als wesentlich bei der Einspritzung des Brennstoffes ist noch anzuführen, daß die Düse, die im allgemeinen bei kompressorlosen Dieselmotoren nur eine feine Bohrung (0,1 bis 0,25 mm Durchmesser) aufweisen, eine solche von 1 mm Durchmesser besitzt. Dadurch werden lästige Verstopfungen der Düsenöffnung vermieden, die während des Betriebes häufig auftreten können.

Der Einspritzüberdruck beträgt etwa 80 atü.

Die Unabhängigkeit der Brennstoffpumpe von der Drehzahl wird dadurch bewirkt, daß die Kolben der Brennstoffpumpe während des Druckhubes nicht durch Nocken, sondern durch gespannte Federn betätigt werden. Diese werden im Augenblick der Einspritzung von der Steuerung freigegeben und während des Saughubes zusammengedrückt. Der Druckhub ist somit von der Drehzahl unabhängig. Dies hat den großen Vorteil, daß der Motor bei Drehzahländerungen gleichmäßig zündet. Weiter wird dadurch hauptsächlich das Anlassen in kaltem Zustand insofern erleichtert, als eine gute Zerstäubung des Brennstoffes auch bei niedriger Drehzahl gewährleistet ist, Fehlzündungen also fast ausgeschlossen sind. Um das Anlassen in kaltem Zustand zu erleichtern, ist außerdem noch eine weitere Maßnahme getroffen worden. Die Saugventile des Motors werden während des Saughubes beim Anlassen durch Betätigung einer besonderen Nockenwelle nicht am Anfang, sondern erst gegen Ende des Hubes geöffnet. Dadurch entsteht im ersten Teil des Saughubes im Zylinder ein starker Unterdruck. Durch das verspätete Öffnen des Saugventils wird durch den Druckausgleich die rasch einströmende Luft so weit erwärmt, daß die Erwärmung mit Sicherheit dafür ausreicht, um die Selbstentzündung des Brennstoffes am Ende des Verdichtungshubes zu gewährleisten. Auf diese Weise sind die üblichen Hilfsmittel beim Anlassen der Dieselmotoren wie Glühspiralen, Zündkerzen usw. entbehrlich.

Im Betriebe ist der Motor zwischen 300 und 1100 Umdrehungen regelbar.

Die Kraftübertragung erfolgt wie beim Benzintriebwagen über das Getriebe zu einer Achse, auf der auch wieder das Fahrtrichtungsgetriebe hängt (Abb. 9).

Der Rohöltriebwagen ist teilweise auch dreiachsig ausgebildet. Die Mittelachse ist deshalb eingebaut, um den Wagen auch auf solchen Strecken verwenden zu können, auf denen nur ein geringer Achsdruck zugelassen ist. Im übrigen entsprechen diese Wagen in ihrer Ausführung den zweiachsigen.

Sämtliche Triebwagen besitzen elektrische Beleuchtung.

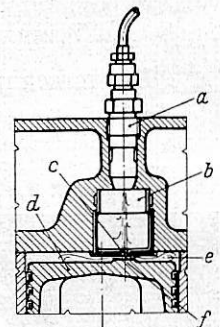


Abb. 8.

Verbrennungsraum  
und Brennstoff-  
einspritzung  
des Dieselmotors  
Bauart  
Ganz - Jendrassik.

Der Generator wird durch den Motor angetrieben und ist mit einer Batterie parallel geschaltet. Zum Anlassen des Motors dient außerdem ein elektrischer Anlaßmotor.

Faßt man das Gesehene kritisch zusammen, so kann man sagen, daß die Kgl. Ungarischen Staatsbahnen auf dem Gebiet des Triebwagenbaues Hervorragendes geleistet haben. Als man 1925 erkannte, daß der Betrieb auf den Nebenstrecken wirtschaftlich gestaltet werden konnte, ging man langsam aber zielsicher an die Ausführung dieses Planes heran. Nachdem man zuerst mit ausländischen Wagen, und zwar deutschen Wagen, sich über die besonderen Eigenheiten des Triebwagenbetriebes unterrichtet hatte, führte man eingehende Versuche mit den verschiedensten Bauarten durch, um die für ungarische Verhältnisse zweckmäßigste Bauart zu finden. Sehr genaue Aufzeichnungen über die Wirtschaftlichkeit jedes einzelnen Wagens gaben gute Unterlagen für die Bewertung der einzelnen Wagenbauarten. Daß hierbei die ungarischen Wagentypen, die inzwischen von den ungarischen Maschinenfabriken gebaut worden waren, den Sieg über die deutschen davon trugen, lag nicht an der unzulänglichen Beschaffenheit der deutschen Wagen, sondern an dem Bestreben, möglichst nur Erzeugnisse des eigenen Landes zu verwenden, um vom Ausland unabhängig zu sein. Dies ist auch gelungen, denn bis auf kleine Teile, deren Bedarf die eigene Herstellung nicht lohnt, ist der ganze ungarische Trieb- und Beiwagen ungarisches Erzeugnis.

Als großen Erfolg können die Kgl. Ungarischen Staatsbahnen für sich buchen, daß sie, von den wenigen 1926 beschafften Wagen abgesehen, einen Einheitstriebwagen besitzen. Die 1932 beschafften Wagen weichen von den früher beschafften Benzin-Triebwagen lediglich dadurch ab, daß sie als Antrieb einen Rohölmotor haben. Die sehr geringen Unterhaltungs- und Untersuchungskosten lassen sich dadurch erklären.

Durch die mit der Einführung des Triebwagenverkehrs verbundene Trennung des Güter- vom Personenverkehr konnte die Reisegeschwindigkeit der Personenzüge um 100 bis 120% erhöht werden. Dies ist weniger dadurch erreicht, daß die Triebwagen schneller fahren — die Höchstgeschwindigkeit eines Fahrzeugs spielt dabei keine wesentliche Rolle — sondern dadurch, daß zeitraubende Aufenthalte, die für das Verladen von Milchkanen, Stückgut usw. notwendig waren, jetzt wegfallen konnten. Diese Aufgaben des früheren Dampf-Personenzuges sind jetzt von den Dampf-Güterzügen übernommen worden.

## Neue Verbrennungstriebwagen englischer, französischer, italienischer, belgischer und dänischer Bauart.

Von Regierungsrat Dipl.-Ing. R. Spies, Berlin.

Hierzu Tafel 2.

Die Verbrennungstriebwagen, deren Entwicklung alle Bahnverwaltungen heute aus bekannten Gründen die größte Aufmerksamkeit schenken, weisen bisher in ihrem Aufbau recht erhebliche Abweichungen voneinander und zumeist auch von früheren Bauarten auf. Zur Vertiefung der Kenntnisse dieser für den Eisenbahnverkehr der Zukunft zweifellos hoch bedeutsamen Fahrzeuggattung, und um einen Einblick in das Gebiet des Triebwagenbaues im Ausland zu vermitteln, sei nachstehend eine Übersicht über neuere ausländische Konstruktionen von Verbrennungstriebwagen gegeben, und zwar, soweit sie in England, Frankreich, Italien, Belgien und Dänemark entwickelt wurden.

Die vergrößerte Reisegeschwindigkeit hatte zur Folge, daß auch der Personenverkehr eine Zunahme erfahren hat, eine Tatsache, die vielfach übersehen bzw. vollkommen angezweifelt wird, da für sie von vornherein ein bestimmter Betrag sehr schwer zu schätzen ist. So hat auf einer Strecke, die mit Triebwagen befahren wird, der Personenverkehr im Jahre 1930 um rund 10 Millionen Personenkilometer zugenommen.

Eine Erhöhung der Betriebskosten durch die Trennung des Personen- vom Güterverkehr konnten die Kgl. Ungarischen Staatsbahnen nicht feststellen. Eine Voraussetzung dafür ist natürlich, daß die Zugleistungen und vor allem das Platzangebot der Triebwagenzüge dem Verkehrsaufkommen an-

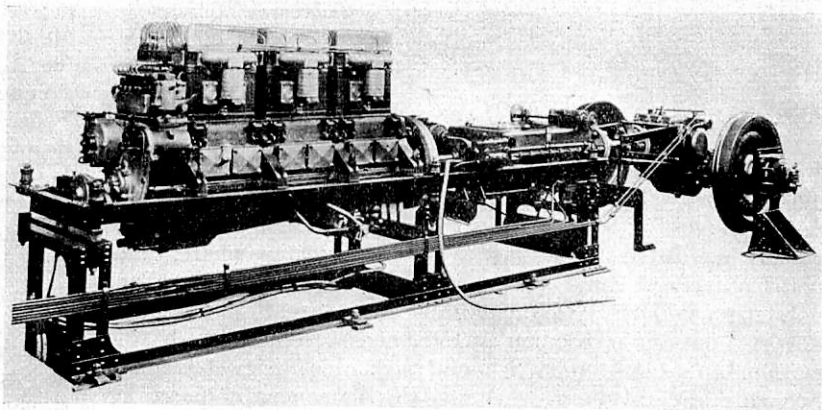


Abb. 9. Kraftübertragung des Triebwagens mit Rohölmotor Bauart Ganz-Jendrassik.

gepaßt werden. Damit soll gesagt sein, daß man nicht bei verhältnismäßig geringem Personenverkehr schwere vierachsige Triebwagen, sondern kleine zweiachsige einsetzt, die durch Anhängen von Beiwagen nach dem vorhandenen Bedürfnis verstärkt werden.

Die Triebwagen werden in Ungarn auch dazu benutzt, um zwischen größeren Knotenpunkten die Anschlüsse von Zwischenstationen an die durchgehenden Schnellzüge sicherzustellen. So fährt z. B. vor dem Schnellzug ein Wagen mit Halt auf jedem Zwischenbahnhof bis zum nächsten Haltebahnhof des Schnellzuges, um den unterwegs aufkommenden Verkehr zu sammeln, während ein hinter dem Schnellzug fahrender Wagen dessen Reisende nach den vorliegenden Zwischenbahnhöfen abgibt. Dadurch wird erreicht, daß man von der Hauptstadt des Landes leicht auch entferntere Gegenden aufsuchen kann.

### A. England.

#### 1. Diesel-elektrischer Triebwagen von Armstrong-Whitworth.

Der Triebwagen (s. Textabb. 1) bietet 57 Sitzplätze und ist mit einem Gepäckabteil ausgestattet, bei dessen Wegfall sich die Sitzplatzzahl auf 71 erhöht. Er ist mit einem Sechszylinder-Dieselmotor der für Straßenfahrzeuge bestens erprobten Bauart Armstrong-Saurer von 95 PS, 2000 Umdr./Min. ausgerüstet. Der Motor ist mit dem Generator direkt gekuppelt; der Maschinensatz wurde in Wagenmitte am Rahmen in Dreipunktaufhängung in Gummilagern — den im Kraftfahrzeugbau

neuerdings vielfach verwendeten „silent blocs“ — aufgehängt. Angetrieben werden die Achsen des einen der beiden zweiachsigen Drehgestelle von einem ebenfalls am Rahmen aufgehängten Motor mittels Kardanwelle und Schneckenantrieb. Die Enden des Wagenkastens sind zur Verminderung des Luftwiderstandes stark abgerundet und nach oben geneigt; aus dem gleichen Grunde ist das Untergestell durch Blechschürzen, die bis etwa Achsmittle heruntergezogen sind, verkleidet. Die

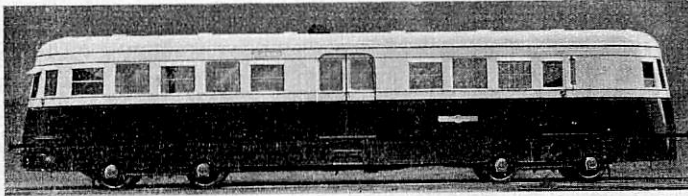


Abb. 1. Dieselelektrischer Triebwagen von Armstrong-Whitworth.

Führerstands-ausrüstung — an jedem Wagenende befindet sich ein Führerstand — ist weitgehend der einer Dampflokomotive angepaßt: drei in Schlitten des Führertisches bewegliche Hebel steuern die Brennstoffzufuhr, den Fahrtrichtungsschalter und den Kontroller. Zur Beheizung des Wagens dient ein kleiner von einem Teil des Maschinenkühlwassers durchflossener Heizkörper; ein durch Riemen angetriebenes Gebläse treibt die warme Luft durch einen Schacht nach oben in zwei kleinere Schächte, die auf die ganze Länge des Personenabteils an der Saumleiste entlang laufen und zwischen jedem Sitzpaar einen Austrittsschlitz aufweisen. Die Hauptmaße des Wagens, der eine Höchstgeschwindigkeit von 96 km/h hat und 19 t (d. h. 334 kg/Sitzplatz) wiegt, sind:

Gesamtlänge . . . . .	16000 mm
Größte Breite . . . . .	2730 „
Höhe über SO. . . . .	3640 „
Drehzapfenabstand . . . . .	9140 „
Achsstand im Drehgestell . . . . .	2130 „
Raddurchmesser . . . . .	838 „

An Stelle des 90 PS-Motors kann auch ein Sechszylinder-Armstrong-Saurer-Dieselmotor von 140 PS, 1500 Umdr./Min. eingebaut werden. Beachtlich ist, daß an dem Triebwagen, der für den Nahschnellverkehr (im Wettbewerb mit benachbarten Straßen) sowie für den Verkehr auf Nebenstrecken und für den Zubringerdienst bestimmt ist, keine Vorkehrung für die Beförderung von Beiwagen getroffen ist; erhöhter Verkehrsbedarf soll durch Einstellung gleicher Wagen in eigenem Fahrplan befriedigt werden. Geplant ist, das Untergestell mit einem entsprechenden Aufbau als Gütertriebwagen zu versehen oder den Wagen als Plattformwagen für Behälterbeförderung auszubilden.

## 2. Dieseltriebwagen der Associated Equipment Co.

Textabb.2 zeigt das Untergestell dieses regelspurigen Triebwagens, der 78 Sitzplätze und etwa ebensoviel Stehplätze bietet und mit zwei zweiachsigen Drehgestellen ausgerüstet ist. Die beiden Achsen des einen der beiden Drehgestelle werden von einem Sechszylinder-Dieselmotor von 130 PS, 2000 Umdr./Min. angetrieben, der 114 mm Bohrung und 142 mm Hub hat und 1,85 t wiegt. Motoren dieser Type sind bei Straßenfahrzeugen ebenfalls eingehend erprobt und bewährt. Ein besonderes Kennzeichen des Triebwagens ist die besondere Anordnung des Motors, der seitlich am Rahmen in der Mittelquerebene des Wagens gelagert ist. Die gleiche Lagerung ist neuerdings von der AEC bei einem für London gebauten Omnibus („Type Q“) und bei einem Fahrdrahtbus angewendet worden. Entsprechend

dieser Anordnung sind sämtliche Teile des Motors, deren Zugänglichkeit erwünscht ist, auf der Außenseite des Motors untergebracht, so daß man nach Abnahme einer Klappe der Seitenwand an diese Teile heran kann. Der Kühler des Motors ist in Form eines Rippenrohrkühlers unmittelbar vor dem Motor angeordnet. Vorgesehen ist ein Vierganggetriebe mit den Übersetzungen 1, 1,49, 2,36 und 4,15: 1 entsprechend einer Fahrgeschwindigkeit von 70, 57, 35,5 und 20 km/h bei 2000 Umdr./Min. des Motors; die Höchstgeschwindigkeit beträgt 96 km/h (bei einer Motordrehzahl von 2750/Min.). Um die verschiedenen Geschwindigkeiten in jeder Fahrtrichtung erzielen zu können — der Wagen besitzt an jedem Ende einen Führerstand — ist hinter dem Wechselgetriebe ein Umsteuergetriebe angeordnet. Die Übersetzung des Schneckengetriebes an den Achsen beträgt 1:4,16; die Schnecken liegen unter der Radmitte. Sämtliche Teile des Antriebs sind ebenfalls von außen gut zugänglich und können ohne Wegnahme anderer Teile ausgebaut werden. Auf der dem Motor gegenüberliegenden Außenseite des Rahmens hängt der Brennstoffbehälter von 205 l Inhalt. Hier sitzt auch ein Stromspeicher von 220 Ah, der von einem Stromerzeuger von 1,2 kW, 24 V aufgeladen wird. Dieser Stromerzeuger ist unmittelbar hinter dem Motor angeordnet und wird von ihm durch eine Kardanwelle angetrieben. Als Bremse dient eine Luftsaugbremse, für die zwei Luftpumpen vorhanden sind; eine Luftpumpe wird von dem Motor angetrieben, der Antrieb der zweiten ist von der Antriebswelle des Triebwagens, und zwar hinter dem Umsteuergetriebe, abgeleitet. Der Wagenkasten besitzt außer den Führerständen, einen Fahrgastraum mit Mitteleinstieg. Die Wagenkastenform wurde im Windtunnel erprobt; es wurde eine Stromlinienform gewählt, die bei einer Fahrgeschwindigkeit von 96 km/h nur  $\frac{1}{5}$  des Widerstandes eines Wagenkastens mit glatter Stirnwand hat. Die wichtigsten Abmessungen des Triebwagens sind:

Wagenkastenlänge . . . . .	18900 mm
Wagenkastenbreite . . . . .	2743 „
Drehzapfenabstand . . . . .	12192 „
Achsstand des Drehgestells . . . . .	2134 „
Rahmenlänge . . . . .	18288 „
Höhe des Rahmens über SO. . . . .	1134 „
Dachhöhe über SO. . . . .	3429 „
Größte Breite des Rahmens . . . . .	2464 „

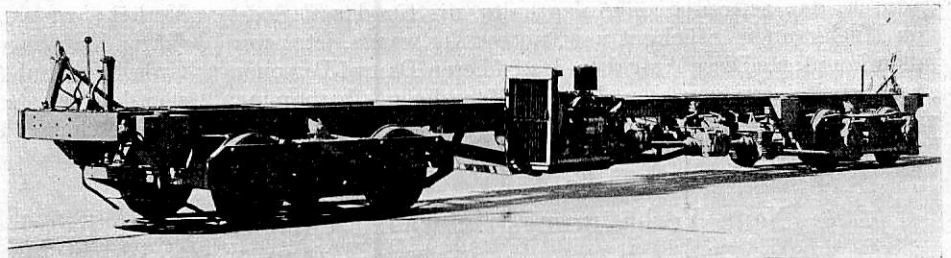


Abb. 2. Untergestell des Dieseltriebwagens der Associated Equipment Co.

Das Untergestell wiegt 13715 kg, der ganze Wagen etwa 19 bis 20 t, was einem Gewicht von rund 200 kg/Sitzplatz entspricht.

## 3. Diesel-elektrischer Triebwagen der William Beardmore & Co. Ltd.

Diese meterspurigen Triebwagen sind für die spanische Bahn Pamplona—San Sebastian gebaut worden. Sie sind mit einem Sechszylinder-Dieselsatz ausgerüstet und besitzen zwei zweiachsige Drehgestelle; jede Achse wird durch einen Tatzenlagermotor angetrieben. Vorgesehen ist an jedem Ende ein Führerstand (750 mm lang). An den einen schließt sich der Maschinenraum von 3150 mm Länge an. Es folgt ein Gepäckabteil von 1372 mm Länge, ein Abteil 3. Klasse



mit 18 Sitzplätzen, ein Waschraum und ein Abteil 1. Klasse mit 12 Sitzplätzen. Im Gegensatz zu den meisten anderen neueren Verbrennungstriebwagen, deren äußere Form mehr oder weniger der idealen Stromlinienform angepaßt ist, besitzt dieser Triebwagen annähernd ebene Stirnwände und Tonnendach. Die wichtigsten Abmessungen sind:

Länge über Puffer . . . . .	15023 mm
Wagenkastenlänge . . . . .	14224 „
Wagenkastenbreite . . . . .	2184 „
Dachhöhe über SO. . . . .	3251 „
Drehzapfenabstand . . . . .	8858 „
Achsstand im Drehgestell . . . . .	1829 „
Raddurchmesser . . . . .	838 „

Ein Zug besteht in der Regel aus einem Triebwagen und zwei Beiwagen (Zuggewicht 67 t, davon etwa 47 t für den Triebwagen). Der Brennstoffverbrauch (gewährleistet war 1,11 kg/km) wurde im regelmäßigen Betrieb zu 0,930 kg/km, der Schmierölverbrauch (gewährleistet war 0,0762 kg/km), zu 0,0576 kg/km ermittelt. Die Betriebskosten belaufen sich auf 46,3 v. H. der Betriebskosten eines Dampfzuges gleichen Platzangebotes. Ausdrücklich bemerkt sei, daß die vorgenannten Zahlen sich auf eine Betriebsdauer von sechs Monaten, in denen 66789 km gefahren wurden, beziehen.

4. Diesel-elektrischer Gelenkwagenzug von Armstrong-Whitworth.

Kennzeichnend für diesen Zug, der erst in den letzten Wochen für die Santos-Sao Paolo-Bahn fertiggestellt wurde, ist, daß ähnlich einer auch bei Fahrzeugen für Buenos Aires kürzlich getroffenen Bauart der Stromerzeugersatz und ein Teil der Triebmotoren in dem „mobile power house“, dem „fahrbaren Kraftwerk“, angeordnet ist, während der Rest der Triebmotoren auf verschiedene Achsen des Zuges verteilt ist. Der neue Zug besteht aus zwei Gelenkwagen, deren jeder zwei zweiachsige äußere und ein zweiachsiges mittleres Drehgestell besitzt. Der eine Gelenkwagen setzt sich aus dem „fahrbaren Kraftwerk“, d. h. also dem Maschinenwagen mit Führerstand, und einem Personenwagen mit 68 Plätzen 2. Klasse nebst Anrichte und Waschraum zusammen, während der zweite Gelenkwagen aus einem 1. Klassewagen mit 52 Sitzplätzen und zwei Waschräumen sowie aus einem 1. Klassewagen mit 48 Plätzen, Gepäckabteil und Führerstand besteht. Insgesamt bietet der Zug, der eine Höchstgeschwindigkeit von 104 km/h hat, 168 Sitzplätze. Zwischen allen drei Personenwagen, die Mitteleinstieg haben, sind Faltenbalgübergänge vorgesehen. In dem Maschinenwagen befindet sich ein Sechszylinder - Armstrong - Sulzer - Dieselmotor von 450 PS, 750 Umdr./Min., der mit einem Gleichstromgenerator gekuppelt ist. Vorgesehen sind vier Tatzelagermotoren, von denen sich je zwei in den beiden Außendrehgestellen des Zuges befinden. Der Zug hat ein Dienstgewicht von 92 t. Seine wichtigsten Abmessungen sind:

Gesamtlänge über Puffer . . . . .	53053 mm
Länge des Maschinenwagens . . . . .	7620 „
Länge des 1. Personenwagens . . . . .	13880 „
Länge des 2. Personenwagens . . . . .	15100 „
Länge des 3. Personenwagens . . . . .	15095 „
Achsstand im Drehgestell . . . . .	2438 „
Raddurchmesser . . . . .	1092 „
Drehzapfenabstand:	
1. bis 2. Drehgestell . . . . .	5791 „
2. bis 3. Drehgestell . . . . .	11354 „
3. bis 4. Drehgestell . . . . .	5944 „
4. bis 5. Drehgestell . . . . .	12573 „
5. bis 6. Drehgestell . . . . .	12573 „
Dachhöhe über SO. . . . .	3810 „

B. Frankreich.

1. Dieseltriebwagen von Renault, Type VH.

Renault hat 1933 einen Triebwagen mit Antrieb durch Dieselmotor von 250 PS, 1500 Umdr./Min. herausgebracht. Der Motor hat zwölf Zylinder in V-Anordnung (Bohrung 130 mm, Hub 170 mm). Vorgesehen sind zwei zweiachsige Drehgestelle, deren Räder Gummieinlage haben. Unter der Drehpfanne liegt ebenfalls eine starke Gummieinlage. Das Wagenkastengerippe ist aus Stahlträgern elektrisch geschweißt. Die Enden des Wagenkastens haben im Grundriß eine stark abgerundete Form. An dem einen Ende befindet sich der Maschinenraum mit einem Führerstand, am anderen Ende ein Gepäckraum, von dem ein Teil als Waschraum abgetrennt ist, mit ebenfalls einem Führerstand. Der Fahrgastraum bietet 56 Sitz- und etwa 10 Stehplätze. Die Beheizung erfolgt durch von den Motorabgasen durchstrichene Heizkörper. Abb. 1, Taf. 2 zeigt die Anordnung von Motor, Getriebe und Triebdrehgestell (das andere Drehgestell ist Laufdrehgestell). Der Motor arbeitet über das Wechselgetriebe und Kegelräder auf eine senkrechte Welle, die über ein Kegelradpaar eine geneigt angeordnete Kardanwelle antreibt; von dieser wird die Triebkraft durch ein Stirnräderpaar auf die Kardanwelle zwischen den Achsen übertragen. Die Umsteuerung für die beiden Fahrtrichtungen erfolgt am Übergang von der waagerechten auf die senkrechte Welle: Die beiden Kegelräder der waagerechten Welle können wahlweise mit dem Kegelrad der senkrechten Welle in Eingriff gebracht werden. Die Ausbildung des Viergangwechselgetriebes richtet sich nach den Streckenverhältnissen. Die drei normal verwendeten Getrieben entsprechenden Geschwindigkeiten sind aus Zahlentafel 1 zu entnehmen. Die dem vierten Gang entsprechenden Geschwindigkeiten sind die Höchstgeschwindigkeiten; diese werden auf der Waagerechten erreicht von einem Triebwagen mit Getriebe 1 in 5 Min. auf 5 km, mit Getriebe 2 in 3 Min. auf 2,7 km, mit Getriebe 3 in 1 Min. 40 Sek. auf 1,3 km Weg. Bezüglich des Antriebes sei in der Abbildung noch auf die zwischen Motor und Getriebe einerseits und Rahmen andererseits eingebauten Gummieinlagen zur Verhütung der Schwingungs- und Geräuschübertragung auf

Zahlentafel 1.

Triebwagen Type VH									Triebwagen Type VG			Omnibus		
Getriebe 1			Getriebe 2			Getriebe 3			Gang	Geschwindigkeit km/h	Steigung ‰	Gang	Geschwindigkeit km/h	Steigung ‰
Gang	Geschwindigkeit km/h	Steigung ‰	Gang	Geschwindigkeit km/h	Steigung ‰	Gang	Geschwindigkeit km/h	Steigung ‰						
1	19,0	75	1	21,8	63	1	25,3	53	1	25,8	50	1	13,2	92
2	33,7	50	2	38,7	41	2	45,3	36	2	45,3	30	2	23,0	50
3	57,5	25	3	66,0	20	3	76,5	16	3	66,0	16	3	34,0	31
4	93,0	10	4	107,0	5	4	120,0	1	4	103,5	2	4	55,0	19

den Rahmen hingewiesen. Nach Abnahme des Mittelteils der Stirnwand und eines entsprechend breiten Mittelteils des Daches kann der ganze Antriebsmaschinensatz (bis einschließlich senkrechte Welle mit unterem Kegelradgetriebe) nach vorn aus dem Wagen herausgezogen werden.

Die Hauptabmessungen des Wagens, der ein Leergewicht von 21 t (entsprechend 375 kg/Sitzplatz) hat, sind:

Länge über Puffer . . . . .	18950 mm
Länge des Wagenkastens . . . . .	18120 „
Größte Breite des Wagenkastens . . . . .	2900 „
Dachhöhe über SO. . . . .	3500 „
Drehzapfenabstand . . . . .	13000 „
Achsstand im Drehgestell . . . . .	2200 „
Raddurchmesser . . . . .	850 „

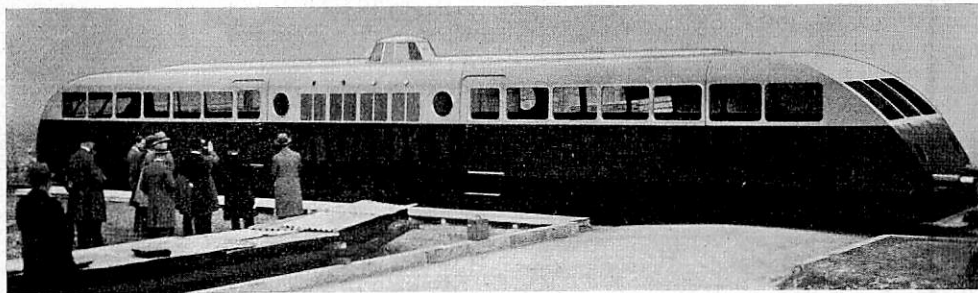


Abb. 3. Benzintriebwagen von Bugatti.

## 2. Leichter Dieseltriebwagen von Renault, Type VG.

Außer dem vorerwähnten hat Renault 1933 einen leichten Dieseltriebwagen (s. Abb. 2, Taf. 2) herausgebracht, der nur für eine Fahrtrichtung bestimmt ist und vorn eine Laufachse, hinten eine Treibachse besitzt. Der Motor ist ein Sechszylinder-Dieselmotor (Bohrung 125 mm, Hub 170 mm) von 100 PS, 1500 Umdr./Min., dessen stündlicher Brennstoffverbrauch bei Vollast auf 240 g/PS, bei  $\frac{3}{4}$  Last auf 220 g/PS und bei  $\frac{1}{2}$  Last auf 250 g/PS angegeben wird. Er arbeitet über Vierganggetriebe mit Rückwärtsgang auf die geneigt angeordnete Kardanwelle, die über ein Kegelradpaar die Hinterachse antreibt. Die den einzelnen Gängen entsprechenden Geschwindigkeiten (die Höchstgeschwindigkeit beträgt 104 km/h) sind der Zahlentafel 1 zu entnehmen. Eine Geschwindigkeit von 66 km/h wird in 1 Min. 8 Sek. auf 791 m, eine Geschwindigkeit von 100 km/h in 3 Min. 40 Sek. auf 4,9 km Fahrstrecke erreicht. Ebenso wie der Antrieb entspricht auch die sonstige Anordnung im wesentlichen der eines Autobusses. Der Führersitz liegt links vom Motor im Maschinenraum. Zur Widerstandsverminderung ist der Wagenkasten stromlinienförmig gestaltet, ferner sind bis unter die Radmitte heruntergezogene Blechschürzen vorgesehen. Das Hintere des Wagenkastens ist zugespitzt; dieser Raum, neben dem sich ein Waschraum befindet, dient als Gepäckraum (300 kg Nutzlast). Die Heizung erfolgt durch die Motorabgase wie bei dem vorgeschriebenen Wagen. Außer der Servo-Fußbremse sind Schienenbremsen vorgesehen. Der Wagen, der ein Leergewicht von 11 t (entsprechend 324 kg/Sitzplatz) hat, bietet 34 Sitzplätze (Einheitsklasse). Seine wichtigsten Abmessungen sind aus Abb. 2, Taf. 2 zu entnehmen (Raddurchmesser 850 mm).

## 3. Diesel-Schienenomnibus von Renault.

Das meterspurige Fahrzeug (s. Abb. 3, Taf. 2) ist mit einem Vierzylinder-Dieselmotor (Bohrung 115 mm, Hub 170 mm) von 55 PS, 1400 Umdr./Min. ausgerüstet. Es entspricht in seinem Aufbau ganz dem eines neuzeitlichen Omnibusses mit Mitteleinstieg und bietet 26 Sitzplätze (Einheitsklasse) sowie 14 Stehplätze. Der rückwärtige Gepäckraum ist für eine Nutzlast

von 300 bis 400 kg bestimmt. Vorgesehen ist ein Getriebe mit vier Vorwärtsgängen und einem Rückwärtsgang, das die in Zahlentafel 1 angegebenen Geschwindigkeiten ermöglicht. Die wichtigsten Abmessungen des Wagens gehen aus Abb. 3, Taf. 2 hervor. Das Gewicht beträgt 6,5 t entsprechend nur 250 kg/Sitzplatz. Besondere Beachtung verdient eine Einrichtung, die in einfacher Weise das Wenden des Wagens für die Umkehrung der Fahrtrichtung gestattet. Mittels der Handkurbel H (Abb. 3, Taf. 2) kann eine etwa in Wagenmitte am Rahmen befestigte Tragkonstruktion auf den Erdboden abgesenkt werden, auf der der Wagen dann gewendet wird.

## 4. Benzintriebwagen von Bugatti.

Kennzeichnend für diesen Triebwagen (Textabb. 3) ist die im Windtunnel erprobte Stromlinienform und der über den Triebmotoren angeordnete Mittelführerstand, von dem aus der Führer durch einen kleinen Dachaufbau freien Ausblick auf die Strecke hat. Neben dem Führerstand ist einseitig ein Waschraum, anderseitig ein Gepäckraum vorgesehen. Die beiden Wagenenden weisen je ein Abteil mit 24 Sitzplätzen auf. Zwischen beiden Abteilen erstreckt sich ein am Motoren- und Führerraum vorbeiführender Seitengang. Der Fahrzeugrahmen ruht auf zwei vierachsigen Drehgestellen. Diese besitzen einen Stahlrahmen, der mit vier Gruppen zu je zwei übereinanderliegenden Blattfedern auf den Achsen ruht, an denen die Federn mittels „silent blocs“ angreifen derart, daß jeweils die Außenenden von zwei Achsen durch eine Federgruppe gefaßt werden. Die äußeren Achsen des Drehgestells sind Laufachsen und haben im Gegensatz zu den inneren, über Kardanwellen und Kegelräder angetriebenen Achsen lose Räder wie beim Kraftwagen. Auf den Mittelpunkt der beiden je Drehgestellseite angeordneten Federgruppen stützen sich mit ihren Enden zwei Blattfedern, auf deren Mittelpunkt sich der Fahrzeugrahmen mit Gleitflächen abstützt. Durch Gummieinlagen an den Stützpunkten ist dafür gesorgt, daß die Fahrstöße nach Möglichkeit vom Aufbau ferngehalten werden. Auch die Räder (710 mm Durchmesser) haben Gummieinlagen: zwischen dem stählernen Radreifen und einem Flansch der Radscheibe sind Gummiblöcke vorgesehen; außerdem weist der Radreifen einen nach innen ragenden Flansch auf, der unter Zwischenlage von Gummischeiben und -buchsen mit der Radscheibe verschraubt ist.

Der Fahrzeugrahmen ist aus Stahlträgern genietet, das Wagenkastengerippe dagegen stumpf geschweißt. Es besteht aus fünf Teilen: der Mittelteil enthält den Führer- und Motorenraum sowie Waschraum und Gepäckraum, die beiden äußersten Teile im wesentlichen das zugespitzte Wagenende, während die beiden dazwischen liegenden Teile die Fahrgasträume enthalten. Die letztgenannten Teile besitzen auf jeder Wagen- seite eine Tür. Die Verbindung der einzelnen Teile erfolgt mittels Gummieinlagen, so daß sie geringe Bewegungen gegeneinander ausführen können. Auch die Abstützung des Wagenkastens auf dem Rahmen ist mit Gummieinlagen ausgestattet: es sind am Wagenkasten nach unten gerichtete Kugelzapfen vorgesehen, die in halbkugelförmigen, gummigepolsterten Lagern von am Rahmen befestigten Konsolen ruhen.

An Triebmotoren sind vier Achtzylindermotoren von je 200 PS vorhanden, die parallel zueinander senkrecht zur Wagenlängsachse angeordnet sind. Als Betriebsstoff kann ein Benzin-Alkohol-Gemisch oder ein Benzin-Benzol-Alkohol-Gemisch verwendet werden. Untersuchungen zur Feststellung des wirtschaftlichsten Betriebsstoffes sind im Gange. Die

Getriebe der einzelnen Motoren, die auf je eine Achse des benachbarten Drehgestelles arbeiten, werden durch einen gemeinsamen Hebel gesteuert. Die Übersetzung der Getriebe beträgt 1:1. Das erscheint bei dem geringen Triebwagen-gewicht von 23 t zulässig. Zwei Motoren sind jedoch für Verschiebewegungen mit einer zusätzlichen einstufigen Übersetzung von 4:1 ausgerüstet. An das Getriebe eines jeden Motors ist ein Umsteuergetriebe angebaut. Diese Umsteuergetriebe sind unabhängig voneinander zu betätigen und besitzen außer der Vorwärts- und der Rückwärtsstellung noch eine Mittelstellung, um nach Bedarf, z. B. bei Störungen, einen oder mehrere Motoren abschalten zu können.

Bei Versuchen wurde eine Höchstgeschwindigkeit von 172 km/h erreicht. Der Bremsweg beträgt, wie ebenfalls bei Versuchen ermittelt wurde, bei 100 km/h 340 m, bei 120 km/h 400 m, bei 150 km/h 700 m. Die wichtigsten Baudaten des Triebwagens sind:

Länge über Puffer . . . . .	23 160 mm
Wagenkastenlänge . . . . .	22 300 „
Größte Breite . . . . .	3 100 „
Dachhöhe über SO. . . . .	2 690 „
Höhe des Dachaufbaues . . . . .	550 „
Breite des Dachaufbaues . . . . .	1 100 „
Länge des Dachaufbaues . . . . .	1 640 „
Drehzapfenabstand . . . . .	16 000 „
Radstand im Drehgestell . . . . .	2 500 „

5. Meterspurtriebwagen von Michelin.

Dieser Triebwagen wurde im Dezember 1932 für Madagaskar geliefert; er besitzt zwei dreiachsige Drehgestelle der bekannten Michelin-Bauart mit Luftreifen und Stahlspurranz. In einem Vorbau wie beim Kraftwagen ist der Benzinmotor untergebracht, der die zweite und dritte Achse des vorderen Drehgestelles antreibt. Der Wagen hat eine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h und bietet 18 Sitzplätze. Am Wagenhinterende ist ein Gepäckraum vorgesehen. Wie alle bis zu diesem Zeitpunkt gebauten Michelin-Wagen ist auch dieser Wagen nur für eine Fahrtrichtung bestimmt.

6. „Micheline“ 1933 (Textabb. 4).

Zwecks Ermöglichung des Betriebs in beiden Fahrtrichtungen hat die „Micheline“ 1933 wie der oben erwähnte Benzintriebwagen von Bugatti einen erhöhten Führerstand



Abb. 4. Triebwagen von „Micheline“ 1933.

erhalten, von dem aus die Strecke übersehen werden kann (Auffbauhöhe über Dach 650 mm). Der erste der Wagen ist im August 1933 an die französische Ostbahn geliefert worden. Bei dieser Gesellschaft wie bei der französischen Nordbahn und der französischen Staatsbahn sind z. Z. acht solcher Triebwagen im Dienst, die fahrplanmäßig bis 480 km/Tag fahren. Wie bei dem vorherbeschriebenen Triebwagen sind zwei dreiachsige, mit Luftreifen versehene Drehgestelle vorhanden; zwei Achsen des einen Drehgestells werden von einem Benzinmotor von 180 PS, 3000 Umdr./Min. angetrieben. Zwischen je zwei Rädern ist eine Schienenbremse vorgesehen; ferner besitzt das Trieb- wie das Laufdrehgestell je eine hydraulische

Bremse. Der Wagen ist mit 36 Sitzplätzen, Waschraum und Gepäckraum für 540 kg Nutzlast ausgestattet. Er wiegt 7220 kg (d. h. 201 kg/Sitzplatz) und hat eine Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h. Die Gesamtlänge beträgt 14 280 mm, die größte Breite 3020 mm, die Dachhöhe über SO. 2800 mm, der Raddurchmesser 875 mm. Der Bremsweg bei Betriebsbremsung wird mit 200 m, bei Notbremsung auf nassen Schienen mit 150 m, auf trockenen Schienen mit 120 m angegeben. Eine Geschwindigkeit von 60 km/h wird auf 400 m in 45 Sek., eine Geschwindigkeit von 80 km/h auf 950 m in 72 Sek. erreicht. Erwähnt sei, daß man sich z. Z. bei Michelin mit der Entwicklung eines gleichartigen Triebwagens für 50 bis 60 Plätze beschäftigt.

7. Dieseltriebwagen von de Dietrich.

Dieser Triebwagen (Abb. 4, Taf. 2) entfernt sich deutlich von den dem Kraftomnibus nachgebildeten Triebwagenbauarten. In der ausgesprochenen Absicht, die Gewichtsverminderung im Interesse der Fahreigenschaften und der Lebensdauer nicht zu weit zu treiben, wurde eine zwischen der Omnibusbauart und der schweren Eisenbahnbauart liegende Konstruktion gewählt. Vorgesehen sind zwei zweiachsige Drehgestelle, die je mit einem Vierzylinder-Gegenkolbenmotor Bauart Junkers von 110 PS, 1500 Umdr./Min. ausgerüstet sind. Eine Verkleidung mit Revisionsklappen trennt den Motor vom Wagenkasten, so daß Erschütterungen oder Geräusch nicht auf den Wagenkasten übertragen werden. Bei Schadhafwerden eines Motors, oder falls Streckenverhältnisse oder Fahrplan eine Höchstgeschwindigkeit von nur 60 km/h erfordern, ist ein Motor abschaltbar. In dem Drehgestellrahmen ruht der Motor auf elastischen Einlagen. Auch die Räder weisen Gummieinlagen auf. Für jeden Motor ist ein Brennstoffbehälter von 150 l Inhalt im benachbarten Führerstand angeordnet. Das Vierganggetriebe mit den Übersetzungen 1:1 bzw. 1:1,63 bzw. 1:2,78 bzw. 1:5,1 ist als synchronisiertes Getriebe ausgebildet, das ein stoßfreies und geräuschloses Umschalten gestattet; es wird ebenso wie das Umsteuergetriebe mit Druckluft gesteuert.

Das Wesen des synchronisierten Getriebes, Bauart Mylius, sei an Hand von Abb. 5, Taf. 2 kurz erläutert. Um von einem Gang auf einen anderen überzugehen, wählt der Führer mittels des auf der Welle M sitzenden Hebels den von ihm gewünschten nächst höheren oder niedrigeren Gang aus. Soll jetzt auf diesen Gang übergegangen werden, wird entkuppelt und sodann nach 1 oder 2 Sekunden wieder gekuppelt, wobei nunmehr der frühere Gang ausgeschaltet und der gewählte Gang eingeschaltet ist. Sämtliche Zahnräder sind dauernd in Eingriff. Die Kraftübertragung erfolgt

beim ersten Gang über die Zahnräder A—B und C—D sowie über die eingerückte Klauenkupplung des Zahnrades D, die in Klauen L der Welle K eingreift;

beim zweiten Gang über die Zahnräder A—B und E—F sowie über die eingerückte Klauenkupplung, die E mit C kuppelt;

beim dritten Gang über die Zahnräder A—B und G—H, wobei Zahnrad G mit der Welle, auf der es läuft, gekuppelt ist;

beim vierten Gang kuppelt die Buchse J die Zahnräder A und H.

Das Zahnrad A ist aus einem Stück mit der Kupplungswelle hergestellt. Die Zahnräder B, C, F und H sind auf ihrer Welle verkeilt, während die Zahnräder D, E und G lose auf ihren Wellen laufen und axial auf ihnen verschiebbar sind. Der Geschwindigkeitswechsel erfolgt mittels der Schaltstangen 1 bis 4, die mit Gabeln in die losen Räder D, E und G sowie in die Buchse J eingreifen. Alle losen Räder sowie die Buchse J besitzen einseitig, und zwar auf der ihren Klauen entgegengesetzten Seite, eine konische Reibungskupplung. Das Wesen

des Getriebes besteht darin nun, daß beim Geschwindigkeitswechsel jedes lose Rad durch Verschieben nach links mit dem benachbarten fest aufgekeilten Rad gekuppelt wird, so daß es mit der gleichen Geschwindigkeit umläuft wie die Welle, auf der es lose drehbar ist, und daß sodann durch Verschiebung nach rechts die Klauenkupplung leicht und ohne Geräusch zum Eingriff kommt; denn die Klauen befinden sich jetzt ja gegenüber und laufen mit gleichmäßiger Geschwindigkeit um.

Der Übergang aus der wirkungslosen Mittelstellung zunächst auf die Reibungskupplung und dann auf die Klauenkupplung wird bei dem Myliusgetriebe — und dies ist ebenfalls ein wesentliches Kennzeichen des bei dem vorliegenden Triebwagen verwendeten Getriebes — mittels Bewegung der Schaltstangen durch die Wechselwirkung von Mitnehmern und besonderen, mit der Wählerstange M in Verbindung stehenden Mittelstellvorrichtungen erreicht. Hierauf im einzelnen einzugehen, würde an dieser Stelle zu weit führen und erübrigt sich auch, da diese von Mylius (Hannover) im deutschen Reichspatent 571785 der Klasse 63c angegebene Art der Steuerung in diesem Patent eingehend beschrieben ist, so daß der Leser sich durch Studium der Patentschrift genügend unterrichten kann\*).

Der Triebwagen, dessen wichtigste Bauangaben aus Abb. 4, Taf. 2 zu entnehmen sind, bietet 75 Sitzplätze und etwa 15 Stehplätze; sein Leergewicht beträgt 23 t (d. h. 307 kg/Sitzplatz), das zulässige Gepäckgewicht 1 t. An Bremsen sind Öldruckbremse, Handbremse und Schienenbremsen vorgesehen. Durch gleichzeitige Anwendung der Öldruckbremse und der Schienenbremse kann der Wagen, dessen Höchstgeschwindigkeit 100 km/h beträgt, aus 90 km/h auf einem Bremsweg von 100 bis 150 m zum Stehen gebracht werden.

Aus den umfangreichen Versuchsfahrten, die mit dem Triebwagen auf den Strecken der französischen Bahnverwaltungen vorgenommen wurden, und bei denen ein Brennstoffverbrauch von 0,40 bis 0,45 l/km festgestellt wurde, seien folgende Ergebnisse mitgeteilt: Mittelmeerbahn: auf der Waagerechten wurde eine Geschwindigkeit von 100 km/h in 2 Min. 38 Sek. auf einer Steigung von 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub> eine Geschwindigkeit von 70 km/h in 2 Min. erreicht. Mit nur einem Motor in Betrieb wurde der Triebwagen in 4 Min. auf 70 km/h beschleunigt. Elsaß-Lothringische Bahnen: Rampe von Zabern, 4,46<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, 19 km lang, mittlere Geschwindigkeit 97 km/h. Andere Versuche fanden bei der Nordbahn, der Ostbahn und im Netz der französischen Staatsbahn statt.

#### 8. Dieseltriebwagen der Entreprises Industrielles Charentaises.

Kennzeichnend für diesen Triebwagen (s. Abb. 6, Taf. 2) ist die Verwendung eines selbsttragenden Wagenkastens, der Einbau von Zwillingssachsen an Stelle von Drehgestellen und die weitgehende Verwendung von Leichtmetallen. 1931 wurde ein Vorläufer dieses Wagentyps gebaut. Der jetzige Wagen wird in zwei etwas verschiedenen Bauarten ausgeführt, und zwar ist bei der zweiten Bauart gegenüber dem Wagen nach Abb. 6, Taf. 2, der 60 Sitzplätze bietet, das dem Gepäckraum benachbarte Abteil mit zum Gepäckraum genommen. Da hier Klappsitze vorhanden sind, bietet die zweite Bauart 55 Sitzplätze. Das geringe Wagengewicht von (je nach der Innenausstattung) 10 bis 11 t (d. h. maximal 183 kg/Sitzplatz) gestattet die Verwendung eines verhältnismäßig schwachen Motors; es wurde ein Dreizylinder-Dieselmotor von 80 PS, 1500 Umdr./Min. (Bohrung 85 mm) der Compagnie Lilloise des Moteurs eingebaut, dessen Brennstoffverbrauch mit 220 g/PSH und dessen

Schmierölverbrauch mit 6 g/PSH angegeben wird. Der Motor arbeitet über Fünfganggetriebe und Umsteuergetriebe auf die inneren der beiden Zwillingssachsen des Wagens.

Wie oben schon erwähnt, besitzt der Triebwagen, dessen Höchstgeschwindigkeit 90 km/h beträgt, einen selbsttragenden Wagenkasten. Der Unterrahmen des Wagenkastens ist aus zwei seitlichen Längs-U-Trägern von 180 × 80 × 3 mm aus Duralumin und mit diesen vernieteten Querträgern (ebenfalls aus Duralumin) gebildet. Das Wagenkastengerippe sowie seine Bekleidung besteht gleichfalls aus Duralumin. Zwecks Feststellung der Durchbiegung des Wagenkastens wurde dieser an acht Punkten (Federangriffspunkte der Zwillingssachsen) unterstützt und entsprechend der noch nicht eingebauten Inneneinrichtung, der Nutzlast und den Vorräten, sowie einer Überlast von 2000 kg mit insgesamt 11,15 t belastet. Die größte Durchbiegung in Wagenmitte wurde dabei mit 3 mm festgestellt. Weiterhin setzten 20 Leute durch rhythmisches Schaukeln den Wagenkasten in Schwingungen, deren Ausschlag aber nur 1 mm betrug. Betreffs weiterer Angaben über die Festigkeitsversuche sei auf den Bericht von A. Dumas in der „Revue de l'Aluminium“, Jg. 10 (1933), Nr. 56 verwiesen.

#### 9. Diesel-Schienenomnibus der Somua.

Die Firma Somua (Société d'outillage et d'usinage) hat einen zweiachsigen Schienenomnibus (s. Abb. 7, Taf. 2) herausgebracht, der 40 Sitzplätze und 10 Stehplätze bietet und nur für Fahrt in einer Richtung bestimmt ist. Vorgesehen ist ein Dreizylinder-Dieselmotor mit Gegenkolben der Compagnie Lilloise von 90 PS, 1500 Umdr./Min., der über Vierganggetriebe (mit einem Rückwärtsgang) und Kardanwellen die Hinterachse antreibt. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 90 km/h. Aus dieser Geschwindigkeit kann der Wagen auf einem Gefälle von 5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> auf 120 m Bremsweg zum Stehen gebracht werden. Der Brennstoffverbrauch beträgt 0,18 bis 0,21 l/km. Zwischen dem (elektrisch geschweißten) Wagenkasten und dem Fahrgestell sowie in den Rädern zwischen Nabe und Radkranz sind Gummieinlagen vorgesehen. Der Wagen hat ein Leergewicht von 10 t entsprechend 250 kg/Sitzplatz. Der Führer- und Maschinenraum ist so groß gehalten, daß hier auch etwa 1000 kg Gepäck untergebracht werden können.

#### 10. Gelenktriebwagen der Somua.

In dem Bestreben, einen Triebwagen großen Fassungsraumes, aber geringen Gewichtes zu schaffen, hat die Somua den in Abb. 8, Taf. 2 dargestellten Gelenktriebwagen entwickelt. Er setzt sich aus einem zweiachsigen Fahrzeug, dessen Achsen von einem Sechszylinder-Dieselmotor, Bauart MAN, von 210 PS, 1400 Umdr./Min. (Bohrung 140 mm, Hub 180 mm) über Vierganggetriebe und Umsteuergetriebe angetrieben werden, und einem an diesen schwenkbar angehängten Teil mit einer Laufachse zusammen. Beide Wagenkästen sind durch einen Faltenbalg verbunden. Vorgesehen ist an jedem Ende des Gelenkwagens ein Führerstand; ferner besitzt der Gelenkwagen ein Gepäckabteil, einen Wasorraum, einen Heizraum (Warmwasserheizung mit selbsttätiger Ölfeuerung) und zwei Personenabteile mit zusammen 75 Sitzplätzen und 25 Stehplätzen. Der Wagen hat ein Leergewicht von 25 t (entsprechend 333 kg/Sitzplatz) und eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h. Die Steuerung des Dieselmotors von dem Führerstand des Anhängeteils aus erfolgt mittels Druckluft. Der Wagenkasten, der elektrisch geschweißt ist, ruht mittels elastischer Einlagen auf dem Rahmen. Die Räder sind von der gleichen Sonderbauart wie bei dem vorherbeschriebenen Wagen: Bolzen der Radscheibe gehen durch Gummigelenke („silent blocs“), die in inneren Flanschen des Radreifens ruhen, hindurch. Insgesamt sind 18 solcher Gelenke über den Radumfang ver-

\*) Diese Getriebe sind auch bei Triebwagen der Deutschen Reichsbahn verwendet.

teilt. Außer der Handbremse ist Westinghouse-Druckluftbremse vorhanden. Mit zwei dieser Wagen, deren wichtigste Abmessungen Abb. 8, Taf. 2 zeigt, werden z. Z. bei der französischen Staatsbahn Versuche gemacht.

### C. Italien.

#### Benzintriebswagen von Breda.

Der Triebwagen (s. Abb. 9, Taf. 2) besitzt zwei zweiachsige Drehgestelle, von denen das eine Laufgestell, das andere Triebgestell ist; letzteres enthält den Benzinmotor von 120 PS, 2500 Umdr./Min. Der Motor arbeitet über Fünfganggetriebe, Bauart Wilson, und Umsteuergetriebe auf die Achsen. Der Wagen bietet 72 Sitzplätze und wiegt 12,5 t (entsprechend 215 kg/Sitzplatz). Er ist mit Stahlgerippe und Aluminiumaußenwand ausgeführt. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 120 km/h. Bei einer Meßfahrt auf der Strecke Rom—Neapel (Diretissima) wurden sogar 130 km/h erreicht. Z. Z. befindet sich der Triebwagen, der mit Druckluftbremse und Druckluftbetätigung für Wechsel- und Umsteuergetriebe ausgerüstet ist, im regelmäßigen Dienst zwischen Florenz und Siena. Die Reisezeit auf dieser 95 km langen Strecke beträgt 1 h 27 Min. gegenüber 2 h 31 Min. bei dem früheren Dampftrieb. Die Betriebskostensparnis beträgt etwa 60 v. H.

### D. Dänemark.

#### 1. Diesel-elektrischer Triebwagen von Frichs für die Dänische Staatsbahn.

Abb. 10, Taf. 2 zeigt einen 1932 bei der Dänischen Staatsbahn eingestellten Triebwagen mit 70 Sitzplätzen, der mit zwei dreiachsigen Drehgestellen ausgerüstet ist. Über dem einen Drehgestell ist der Maschinensatz angeordnet, der aus einem Sechszylinder-Dieselmotor von 275 PS, 700 Umdr./Min., einem mit diesem direkt gekuppelten Stromerzeuger mit Verbundwicklung und einem auf dem Stromerzeuger aufgebauten, von ihm durch Riemenantrieb angetriebenen Hilfsstromerzeuger besteht. Die Geschwindigkeitsänderung erfolgt durch Regelung der Nebenschlußerregung des Stromerzeugers. Es sind (außer Anlassen und Null) zehn Stufen vorhanden, die die Spannungsänderung des Stromerzeugers zwischen 0 und 50 V in kleinen Stufen gestatten. Außerdem sind zwei Feldschwächungsstufen für die Triebmotoren vorgesehen. Bei diesen handelt es sich um zwei normale Tatzelagermotoren, die in dem dem Maschinenraum abgewandten Drehgestell die beiden äußeren Achsen antreiben. Der Triebwagen, dessen wichtigste Abmessungen aus Abb. 14 zu entnehmen sind (Raddurchmesser 966 mm), hat ein Dienstgewicht von 52 t (entsprechend 743 kg/Sitzplatz).

#### 2. Diesel-elektrischer Gelenktriebswagen von Frichs.

Dieser für die Hads-Ning-Herreder-Bahn gelieferte Triebwagen (s. Textabb. 5) bietet 50 Sitzplätze und einen Gepäckraum von 9 m<sup>2</sup>. Das eine Wagenende ruht auf einem dreiachsigen Drehgestell, dessen beide äußeren Achsen angetrieben werden. Das andere Wagenende stützt sich gelenkig auf ein dreiachsiges Drehgestell, auf dem die Maschinenanlage und ein Führerstand aufgebaut sind. Die Maschinen- und elektrische Ausrüstung dieses Triebwagens, der eine Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h hat, entspricht im wesentlichen dem des vorbeschriebenen Triebwagens. Die wichtigsten Abmessungen sind:

Länge über Puffer . . . . .	19950 mm
Gesamtradstand . . . . .	16000 „
Fester Achsstand . . . . .	4000 „
Raddurchmesser . . . . .	966 „
Größte Höhe . . . . .	4025 „
Größte Breite . . . . .	3092 „

Der Wagen wiegt 52 t (= 1000 kg/Sitzplatz).

#### 3. Diesel-elektrischer Triebwagen von Frichs für die Aarhus-Hammel-Torsø-Bahn.

Die elektrische und Maschinenanlage dieses Triebwagens ist ebenfalls die gleiche wie bei dem an vorletzter Stelle erwähnten Triebwagen. Abweichend ist nur der Fahrzeugteil ausgebildet: ein dreiachsiges Laufdrehgestell, ein zweiachsiges Triebdrehgestell. Die wichtigsten Abmessungen des Triebwagens, der 50 Sitzplätze bietet, sind:

Länge über Puffer . . . . .	16500 mm
Gesamtradstand . . . . .	11340 „
Fester Achsstand . . . . .	3050 „
Raddurchmesser . . . . .	966 „
Größte Höhe . . . . .	4025 „
Größte Breite . . . . .	3092 „

Der Wagen hat ein Dienstgewicht von 40 t (= 800 kg/Sitzplatz). Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 90 km/h. Der Gepäckraum hat eine Grundfläche von 7 m<sup>2</sup>.

#### 4. Diesel-mechanischer Triebwagen von Frichs.

Dieser Triebwagen ist der erste mit mechanischer Kraftübertragung, den Frichs gebaut hat; er wurde 1933 an die Vejle-Vandel-Grindsted-Bahn geliefert. Am vorderen Wagenende — der Wagen ist nur für eine Fahrtrichtung bestimmt — befindet sich der Maschinenraum mit dem Führerstand. Hier

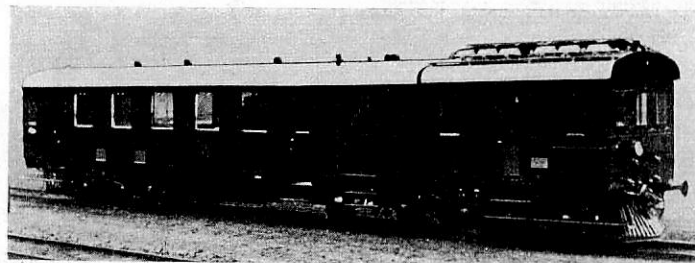


Abb. 5. Diesel-elektrischer Gelenktriebswagen von Frichs.

ist der Wagen durch zwei Achsen unterstützt. Der Dieselmotor von 125 PS, 1200 Umdr./Min. arbeitet über Vierganggetriebe Humfrey-Sandberg\*) und Kardanwelle auf die Hinterachse. Die den einzelnen Gängen entsprechenden Geschwindigkeiten sind 15—25—45—60 km/h. Der Wagen bietet 38 Sitzplätze und besitzt einen Waschkabine. Die wichtigsten Abmessungen sind:

Radstand 1. bis 2. Achse . . . . .	1982 mm
Radstand 2. bis 3. Achse . . . . .	5309 „
Länge über Puffer . . . . .	11234 „
Wagenkastenlänge . . . . .	10000 „
Maschinenraumlänge . . . . .	3035 „
Größte Breite . . . . .	3000 „

Für Gepäck steht im Maschinenraum Platz zur Verfügung. Das Leergewicht des Wagens beträgt 15,5 t, d. h. 400 kg/Sitzplatz.

#### 5. Diesel-elektrischer Schnelltriebswagen von Frichs für die Dänische Staatsbahn.

Der Triebwagen (s. Abb. 11, Taf. 2) stellt die neueste Bauart von Frichs dar; zehn Wagen dieser Art sind z. Z. im Bau. Sie haben eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h und sollen auf größere Entfernungen (300 bis 500 km) zwischen Kopenhagen und anderen Orten, insbesondere Bädern Seelands zur Bekämpfung des Kraftwagenwettbewerbs eingesetzt werden. Der Wagen ist mit Mitteleinstieg ausgestattet. Einseitig von dem Einstieg liegt ein Abteil mit 36 Plätzen, ein Waschkabine und ein Führerstand, auf der anderen Seite ein Abteil mit 28 Plätzen, ein Gepäckraum, der Maschinenraum und ein Führerstand. Vorgesehen sind zwei nebeneinanderliegende

\*) Rly. Gaz., Sonder-Nr. vom 24. 2. 1933.

Maschinensätze, jeder bestehend aus Sechszylinder-Dieselmotor 220/240 PS, 1000 Umdr./Min., Verbund-Stromerzeuger und auf diesen aufgebauten, durch Riemen angetriebenen Hilfsgenerator. Am Maschinenraumende ist der Wagen durch ein dreiaxsiges Laufdrehgestell unterstützt; am anderen Wagenende befindet sich ebenfalls ein dreiaxsiges Drehgestell, in dem die mittlere und die dem Wagenende zugekehrte Achse durch je einen Tatzenlagermotor angetrieben werden. Das Gewicht des Wagens wird etwa 54 t (rund 860 kg/Sitzplatz) betragen. Die ersten Wagen der Serie sollen Ende 1933 fertiggestellt sein.

### E. Belgien.

#### 1. Dieseltriebwagen von La Brugeoise et Nicaise & Delcuve.

Dieser regelspurige Triebwagen, von dem 1933 für die Belgische Staatsbahn 14 Stück gebaut worden sind, ist mit einem Sechszylinder-Maybach-Dieselmotor von 175 PS,

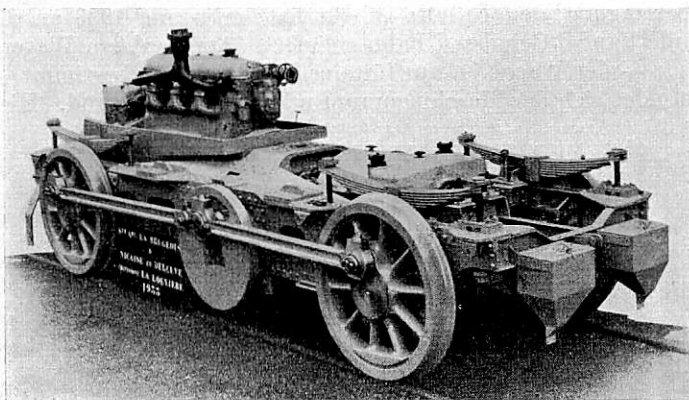


Abb. 6. Triebgestell des Dieseltriebwagens von La Brugeoise et Nicaise & Delcuve.

1400 Umdr./Min. ausgerüstet, der über Viergangegetriebe mit den Übersetzungen  $1/18,7-1/8,1-1/5-1/3,2$  und Umsteuergetriebe auf eine Blindwelle arbeitet (s. Textabb. 6). Die Blindwelle ist mit den beiden Achsen des betreffenden Drehgestells durch Stangen gekuppelt. Das andere Drehgestell ist Laufdrehgestell. Der Wagenkasten, der an den Enden auf etwa 4 m Länge etwas eingezogen ist und abgerundete Stirnwände hat, ist in Stahlbauart hergestellt. Leichtmetall fand für das Dach, die Türen und bei der Inneneinrichtung Anwendung. Stellenweise wurden die Verbindungen des Kastens elektrisch geschweißt, vorwiegend jedoch genietet. Hinter dem mit einem Führerstand ausgerüsteten Maschinenraum befindet sich eine Plattform mit je einer Tür je Wagenseite; es folgt ein Nichtraucherabteil 3. Klasse mit 20 Sitzplätzen, ein Raucherabteil 3. Klasse mit 50 Sitzplätzen, zwei Waschräume, ein Abteil 2. Klasse mit 20 Sitzplätzen, eine Einsteigplattform, ein Gepäck- und Postabteil, von dem ein Teil als Führerstand abgeschlagen ist. Außer den genannten 90 Sitzplätzen sind noch 14 Klappsitze auf den Plattformen sowie im Gepäckabteil, das wie der Maschinenraum auf jeder Seite eine Tür besitzt, vorhanden, insgesamt also 104 Sitzplätze und ferner rund 50 Stehplätze. Der Wagen hat ein Leergewicht von 32,5 t (entsprechend 313 kg/Sitzplatz) und eine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h. Der Brennstoffverbrauch beträgt 0,4 l/km,

der Schmierölverbrauch 0,018 l/km. Die wichtigsten Abmessungen sind:

Länge des Wagenkastens . . . . .	22000 mm
Breite des Wagenkastens . . . . .	2930 „
Dachhöhe über SO. . . . .	3765 „
Lichte Höhe, innen . . . . .	2390 „
Achsstand im Triebdrehgestell . . . . .	3500 „
Achsstand im Laufdrehgestell . . . . .	2200 „
Drehzapfenabstand . . . . .	15400 „
Raddurchmesser . . . . .	980 „

Erwähnt sei, daß sich z. Z. zwei Triebwagen mit 210 PS-Maybach-Dieselmotor im Bau befinden (der eine mit mechanischer, der andere mit elektrischer Übertragung), die in ihrem Aufbau dem obigen im wesentlichen entsprechen. Das Wagenkastengewicht wird dabei jedoch noch herabgedrückt; z. B. hat der diesel-mechanische Triebwagen ein Dienstgewicht von 31,4 t gegenüber 33,6 t bei den 175 PS-Triebwagen.

#### 2. Diesel-elektrischer Gelenkwagen von La Brugeoise et Nicaise & Delcuve.

Der Wagen, ebenfalls für die Belgische Staatsbahn bestimmt, besitzt drei zweiachsige Drehgestelle; das vorderste Drehgestell enthält den Maschinensatz, das beiden Wagenhälften gemeinsame mittlere je Achse einen Tatzenlagermotor; das hinterste ist Laufdrehgestell. Der Maschinensatz besteht aus einem Zwölfzylinder-Maybach-Dieselmotor von 440 PS, 1400 Umdr./Min. mit einem direkt gekuppelten Siemens-Gleichstromgenerator von 260 kW Dauerleistung. Die Tatzenlagermotoren haben eine Stundenleistung von 150 kW bei 1350 Umdr./Min. und eine Dauerleistung von 106 kW bei 1520 Umdr./Min. Die Steuerung erfolgt nach dem bekannten Gebussystem. Ein Stromspeicher von 48 Zellen, 240 Ah, dient zum Ablassen des Dieselmotors und liefert den Beleuchtungsstrom, speist die Hilfskreise und die Bremsausrüstung. Vorgesehen ist elektrisch gesteuerte Westinghouse-Bremse. Der Wagenkasten ist stromlinienförmig gestaltet; das Untergestell ist durch weit heruntergezogene Blechschürzen abgedeckt. Beide Wagenhälften sind durch Doppelfaltenbalg verbunden. Der eine Halbwagen hat am Außenende den Maschinenraum mit Führerstand, der nur von der anschließenden Plattform (mit je einer Tür je Wagenseite) zugänglich ist. An die Plattform schließt sich ein Abteil 3. Klasse mit 60 Plätzen an; sodann folgt (auf den beiden Seiten eines kurzen Mittelganges) ein Waschraum und ein Heizraum, ein Abteil 2. Klasse mit 24 Sitzplätzen und eine Einstiegsplattform. Der andere Halbwagen ist ähnlich aufgebaut, an Stelle des Maschinenraumes jedoch ein Gepäckraum von 5 m<sup>2</sup> mit Doppelklapptür je Wagenseite angeordnet. Da auf den Plattformen 17 Klappsitze vorgesehen sind, bietet der Gelenkwagen 197 Sitzplätze. Seine Hauptabmessungen sind:

Gesamtlänge . . . . .	44350 mm
Länge jedes Wagenkastens . . . . .	22000 „
Abstand beider Wagenkasten . . . . .	350 „
Größte Breite . . . . .	2830 „
Dachhöhe über SO. . . . .	3725 „
Drehzapfenabstand . . . . .	18125 „
Radstand im Maschinendrehgestell . . . . .	3500 „
Radstand im Triebdrehgestell . . . . .	3500 „
Radstand im Laufdrehgestell . . . . .	3000 „

Das Dienstgewicht beträgt 70 t, d. h. 356 kg/Sitzplatz. Der Wagen kann eine Geschwindigkeit von 105 bis 110 km/h erreichen.

## Fortschritte in der Anwendung des Leichtbaues auf die Personenwagen, Verbrennungstriebwagen und Beiwagen der Deutschen Reichsbahn.

Von Reichsbahnrat K. Otto, Berlin-Steglitz.

Hierzu Tafel 3.

### I. Personenwagen.

Auf die Gründe, die es erwünscht erscheinen lassen, den für die Triebwagen mit eigener Kraftquelle bevorzugt angewendeten Leichtbau auch auf die Personenwagen auszudehnen, soll hier im einzelnen nicht eingegangen werden, da sie bereits an anderen Stellen eingehend erörtert worden sind. Es sei nur kurz bemerkt, daß eine Verminderung der Personenwagengewichte allgemein aus betriebswirtschaftlichen Rücksichten schon deshalb erstrebenswert ist, weil sie infolge der geringeren Laufwiderstände und der damit gegebenen Steigerung der Beschleunigung der Zugeinheiten eine Erhöhung der Reisegeschwindigkeit gestattet und ermöglicht, bei gleichem Fahrzeug- bzw. Zuggewicht das Platzangebot zu erhöhen.

Unterstützt bzw. gefördert wurden die Leichtbaubestrebungen im Wagenbau der DRG sowohl durch die großen Fortschritte in der Entwicklung der Lichtbogenschweißung, als auch durch die weitere Verbesserung der Baustähle. Zur Ausnutzung dieser beiden Umstände für den Leichtbau wurden im Rahmen der Fahrzeuglieferungen 1932 neben laufenden Neubeschaffungen von Wagen in der bisherigen genieteten Stahlbauweise sechs D-Zug- und sechs vierachsige Personenzugwagen in geschweißter Ausführung mit ebenfalls geschweißten Drehgestellen in Auftrag gegeben, mit der besonderen Bedingung, daß die Hauptabmessungen und die Festigkeit (Sicherheit gegen Unfälle) der Wagen die gleichen sein müssen wie bei der genieteten Bauart.

Um auf dem Wege der Schweißung möglichst schnell und sicher voranzukommen, wurde nicht eine Bauweise bei einer einzigen Wagenbauanstalt durchgebildet, sondern es wurden die zwölf Versuchswagen bei sechs verschiedenen Firmen bestellt, mit dem ausdrücklichen Hinweis, daß jede Wagenbauanstalt die Schweißkonstruktion nach eigenen im Benehmen mit der Reichsbahn aufzustellenden Entwürfen ausbilden solle.

Bevor auf die Einzelheiten der verschiedenen geschweißten Personenwagenausführungen eingegangen wird, sollen zunächst kurz die wesentlichen Vorteile der Lichtbogenschweißung gegenüber dem bisherigen Nietverfahren angeführt werden:

- a) Vollständiges Ausschalten von Lochschwächungen in den Trägern.
- b) Bessere Anpassung der tragenden Bauteile an den Kräfteverlauf.
- c) Baustoffersparnis infolge günstiger Anpassung sämtlicher Träger und Bleche untereinander.
- d) Ausschalten bzw. Verkleinerung von Knotenblechen und Verbindungswinkeln, die bisher erforderlich waren, um an jedem Stoß die erforderliche Nietzahl unterzubringen.
- e) Ersatz von Gußstücken durch leichtere geschweißte Bauteile.
- f) Glatte Wandflächen und gleichzeitig Erhöhung der Lebensdauer der Anstriche infolge Fortfalls der Nietköpfe.

Aus diesen besonderen Merkmalen der Anwendung der Schweißung ergibt sich zwangsläufig, daß die Umstellung von der Nietung auf die Schweißung eine völlige Neudurchbildung der einzelnen Bauteile eines Wagenkastens und deren Verbindungen bedingt.

Bei dem Entwurf des Wagenkastens ist von der Mehrzahl der beteiligten Wagenbauanstalten besonderer Wert darauf gelegt worden, daß die Arbeitsweise bei dem Aufbau der geschweißten Wagen möglichst der bei der genieteten Bauart bevorzugt angewendeten angepaßt wird, d. h., Untergestelle,

Seitenwände, Stirnwände und Dach getrennt voneinander fertiggestellt und dann zusammengesetzt werden. Diese Bauweise hat sich bei den genieteten Wagen bereits gut bewährt, und kann für die Schweißausführungen, bei denen mit einem Verziehen bzw. Verspannen der einzelnen Bauteile und des gesamten Wagenkastens durch die Wärmeeinflüsse gerechnet werden muß, ebenfalls mit Erfolg angewendet werden.

Als wesentlichste Schweißarten kommen für das Trägerwerk der Wagenkästen Kehl- und V-Nahtschweißungen in Frage. Um ein Verziehen durch Wärmespannungen zu vermeiden, ist es erforderlich, sämtliche Träger, besonders die der Untergestelle, in besonderen Vorrichtungen zu schweißen bzw. die einzelnen Teile mit einer der späteren Verwerfung entgegengesetzten Vorspannung zu versehen. Eine besondere Aufgabe beim Schweißen der Personenwagen bildet das Befestigen der Bekleidungsbleche an den Wandsäulen und Dachspriegeln, da hier Bauteile von sehr verschiedenen Dicken miteinander verbunden werden müssen und somit an die Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit des Schweißers besondere Anforderungen zu stellen sind. Für die Blechbefestigung wird entweder eine unterbrochene versetzte Kehl- oder Raupenschweißung angewendet, oder auch eine Art Schlitzschweißung, bei der die Bleche wie für die Nietung gebohrt und dann in den Bohrungen durch Schweißen mit den Unterlagen innig verbunden werden. Das letztgenannte Verfahren hat wohl den Vorteil, nur geringe Verspannungen bzw. Verbeulungen der Bleche zur Folge zu haben, stellt sich jedoch teurer als die Kehlnahtschweißungen. In jedem Falle muß unbedingt dafür gesorgt werden, daß durch abwechselndes Schweißen an verschiedenen Säulen bzw. Spriegeln, durch größtmögliche Wärmeableitung (Anwendung von Kupferbeilagen usw.) die örtlichen Wärmeeinflüsse und damit das Verziehen der Bekleidungsbleche herabgemindert werden.

Es ist selbstverständlich, daß die verschiedenen den Zusammenbau des Wagenkastens erschwerenden Begleiterscheinungen des Schweißens erst durch planmäßige Versuche erkannt und vermieden werden können. So ermöglicht auch nur die genaueste Beobachtung der Veränderungen, die nach dem Schweißen durch das Schrumpfen verursacht werden, die Fertigung maßhaltiger Konstruktionen.

Allgemein ist zu den verschiedenen Konstruktionen der Firmen zu bemerken, daß sich diese für die Untergestelle und Dächer teils der normalen Walzprofile teils leichter Sonderwalzprofile, gepreßter Träger oder gezogener Hohlprofile (Kastenträger) bedienen. Letztere kommen vor allem für die Untergestell-Langträger sowie für die Seitenwandoberrahmen und Brüstungsträger wegen ihrer besonders großen Verwindungssteifigkeit zur Anwendung.

Ein mittels derartiger Sonderträger durchgebildeter und inzwischen fertiggestellter D-Zugwagen ist ebenso wie eine mit Normal-Walzprofilen und zusammengesetzten Hohlträgern (Querträger) ausgeführte Bauart eines D-Zugwagens in einem Aufsatz über neuzeitliche Eisenbahn-Personenwagen im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. Heft 2/3 des Jahres 1932 bezüglich der besonderen baulichen Merkmale näher beschrieben worden. An dieser Stelle sind auch bereits die Maßnahmen aufgeführt worden, die über die Sonderausführungen der Kastengrippe und Untergestelle hinaus zur Erreichung einer möglichst weitgehenden Gewichtsverminderung der Wagen getroffen wurden. (Leichtere Ausführung der Drehgestelle, Holz-Innenausstattung, Heizungseinrichtung, Beleuchtungseinrichtung usw.).

Hier sei noch darauf hingewiesen, daß je drei Wagen der geschweißten D-Zug- und vierachsigen Personenwagen versuchsweise mit neuartigen Bremsen ausgerüstet wurden, um festzustellen, ob durch diese weiter an Gewicht gespart werden kann, und um ferner die Arbeitsweise dieser Bremsensysteme unter Eisenbahnwagen zu erproben. Es wurden zwei Wagen mit geteilter KK-Bremse gebaut, bei denen die Bremseinrichtungen der bisherigen Bauart vom Untergestell des Wagenkastens in die Drehgestelle verlegt wurden. Man erwartet hiermit, wenn auch nicht an den Bremsteilen selbst so doch am Wagenuntergestell, Erleichterungen erzielen zu können. Andere Wagen wurden mit Trommelbremse und mit Zangenbremse ausgestattet. Auf Einzelheiten der genannten Bremsbauarten kann wegen des beschränkten Rahmens dieser Abhandlung leider nicht eingegangen werden.

Ein in der Bauart mit Hohlprofilen gefertigter D-Zugwagen 3. Klasse, an dessen Innenausstattung und Ausrüstungsteilen ebenfalls soweit irgend möglich Gewichtseinsparungen vorgenommen wurden, weist mit Drehgestellen Görlitzer Bauart III, leichtgeschweißt, mit normaler KKS-Bremse ein Gesamtgewicht von 34,9 t auf gegenüber dem Gewicht eines C 4 ü-Wagens normaler genieteter Bauart von rund 47 t (mit Görlitz II schwer), d. h., es wurde bei dieser Ausführungsart eine Gewichtsverminderung von insgesamt 12,1 t = rd. 26% erzielt. Die Hauptanteile an dieser Einsparung entfallen auf das Kastengerippe mit Untergestell und Bekleidungsblechen, die Innenausstattung und die Drehgestelle, und zwar mit

3,0 t = 6,4%  
3,6 t = 7,7%  
4,2 t = 9,0%.

Der letztgenannte hohe Anteil erklärt sich aus der Verwendung des Görlitzer Drehgestelles III leicht, die im folgenden näher begründet werden soll.

Die DRG verwendet z. Z. für ihre vierachsigen Personenwagen bei einem Wagenkasten-Gesamtgewicht über etwa 28 t das sogenannte Görlitzer Drehgestell III schwer, mit einem Achsstand von 3600 mm (mittleres Gesamtgewicht in genieteter Ausführung für KKS-Bremse 7,42 t), und bei einem entsprechenden Gewicht unter 28 t das Görlitzer Drehgestell III leicht, mit einem Achsstand von 3000 mm (mittleres Gesamtgewicht in genieteter Ausführung für KKP-Bremse 5,52 t), die sich beide auch bei den größten bisher erreichten Geschwindigkeiten gleich gut bewährt haben. Da die Baufirma der vorgenannten Wagen (Waggonfabrik Uerdingen) für ihre Wagenkästen bereits im Angebot ein Höchstgewicht von 25,0 t aufgab, konnten die zugehörigen Drehgestelle von vornherein als Görlitzer Bauart III leicht vorgesehen werden. Diese in der geschweißten Ausführung entwickelten Drehgestelle wiegen, trotzdem sie mit sämtlichen Bremsgestängen für die höheren Beanspruchungen durch die KKS-Bremse bemessen werden mußten, nur 5,68 t gegenüber einem mittleren Gewicht der schweren Görlitzer Bauart II genietet von 7,63 t und der Görlitzer Bauart III schwer von 7,42 t in genieteter und 6,88 t in geschweißter Ausführung.

Der zweite C 4 ü-Wagen der vorstehend betrachteten Bauart wurde mit einer Trommelbremse versehen, deren Gesamtgewicht sich einschließlich der für diese Bremsausführung vorgesehenen Öldruck-Handbremse zu 1,84 t ergeben hat, gegenüber einem Gesamtgewicht der normalen KKS-Bremse einschließlich Handbremse von etwa 4,0 t. Der vorbezeichnete Wagen wiegt unter Berücksichtigung einer weiteren Gewichtseinsparung an gewissen Ausrüstungsteilen nur noch 32,4 t und weist somit gegenüber dem normalen genieteten C 4 ü eine Gewichtsherabsetzung von 14,6 t = 31% auf.

Das erstmalig für den Schnelltriebwagen ausgeführte Bremssystem arbeitet auch hier mit der schnell wirkenden selbsttätigen Einkammerluftdruckbremse Bauart Knorr. Die

Anwendung einer Öldruck-Handbremse ist bedingt durch die Unterbringung der gesamten Bremsteile in den Drehgestellen.

Von der zweiten D-Zugwagenart (Walzprofile und zusammengesetzte Hohlträger), welche die Firma Wegmann gewählt hat, wurden zwei Wagen 3. Klasse beschafft, von denen der eine die normale in genieteten stählernen D-Zugwagen ausgeführte hölzerne Innenausstattung erhielt, während der zweite in weitgehendem Maße mit dem bereits an anderer Stelle erwähnten Kunstholz Histoxyll ausgestattet wurde.

Der Wagen mit normaler Holzausstattung ist mit 40,1 t, der Kunstholz enthaltende mit 39,1 t ausgeführt worden, so daß im ersten Falle an den Stahlteilen 6,9 t = rund 15%, beim zweiten Wagen an diesen Teilen und den Holzeinbauten 7,9 t = rund 17% gegenüber C 4 ü genietet erspart wurden.

Da bei der Bestellung dieser Wagen noch nicht übersehen werden konnte, in welcher Höhe Gewichtseinsparnisse möglich sein würden, wurden für sie noch geschweißte Drehgestelle der schweren Bauart bestellt. Nachdem nunmehr die Gewichtsverminderungen einwandfrei festliegen, werden für beide Versuchswagen neue geschweißte Drehgestelle der Bauart III leicht beschafft werden, so daß durch diese Maßnahme eine weitere Gewichtseinsparnis von ungefähr 2,4 t pro Wagen und damit endgültige Wagengewichte von 37,7 t und 36,7 t erreicht werden. Gegenüber der genieteten Bauweise wird man dann für diese C 4 ü-Ausführungen Gewichts-erleichterungen von 9,3 t = rund 20% und von 10,3 t = 22% erzielen.

Inzwischen sind nun auch die restlichen zwei geschweißten D-Zugwagen einer weiteren Wagenbauanstalt (LHB-Werke) fertiggestellt worden, von denen der eine mit der normalen KKS-Bremse ausgerüstet wurde, während der andere die geteilte KKS-Bremse (sämtliche Bremseinrichtungen in den Drehgestellen) erhielt. Auch diese Wagen wurden noch mit Görlitzer Drehgestellen der schweren Bauart in Auftrag gegeben.

Allgemein sei zu diesen Wagen bemerkt, daß bei dem Entwurf ihres Kastengerippes und Untergestelles von dem Grundsatz ausgegangen wurde, möglichst einfache Trägerformen durchzubilden. Aus diesem Grunde wurden ausschließlich Walzprofile und Bleche verwendet und diese so zusammengesetzt, daß ein recht geringer Aufwand von Schweißnähten möglich wurde.

Die besonderen Kennzeichen der Untergestelle dieser Bauart sind aus der Abb. 1, Taf. 3 zu ersehen.

Die Wandsäulen bestehen aus Normal = < = Profilen, die auf die Langträger stumpf aufgeschweißt sind. Der Seitenwandoberrahmen ist zweiteilig, er wird aus einem Winkelprofil 60 × 60 × 8 und einem Mannstedt U-Profil 72 × 45 × 5 mit teilweise abgeklinten Außenflansch gebildet. Das Winkelprofil gehört zur Wand und ist daher mit den Wandsäulen verschweißt, während das U-Profil die Dachspiegel aufnimmt (s. Abb. 2, Taf. 3).

Sonderausführungen an Teilen der Inneneinrichtung zwecks weiterer Gewichtseinsparung wurden von der Baufirma bei dem Wagen mit geteilter Bremse vorgesehen.

Die restlos geschweißten Drehgestelle wurden nach der Görlitzer Drehgestell-Bauart III schwer hergestellt. Die von der normalen KKS-Bremse abweichende Ausführung der Bremse des einen Wagens bedingte selbstverständlich die bauliche Sonderbehandlung eines Drehgestellpaares in bezug auf die Unterbringung der Bremsteile.

Die Drehgestelle für den Wagen mit normaler KKS-Bremse wiegen je 6,8 t und weisen somit gegenüber der entsprechenden normalen genieteten Bauart (7,42 t) einen Gewichtungsgewinn von 0,62 t = 8,3% auf oder zusammen von 1,24 t = 2,6% des Gesamtgewichtes eines genieteten C 4 ü-Wagens.



Die geteilte Ausführung der KKS-Bremse beim zweiten Wagen brachte gegenüber dem Wagen mit normaler KKS-Ausführung ein Mehrgewicht von 1,3 t, von dem auf die Bremsausrüstung selbst etwa 0,4 t entfallen. Der restliche Betrag der Gewichtsvermehrung ergibt sich aus dem verhältnismäßig großen Bedarf an zusätzlichen Bauteilen in den Drehgestellen für die Unterbringung der Bremse. Man hatte ursprünglich mit der Möglichkeit gerechnet, durch die geteilte Anordnung etwa bedingte Erhöhungen des Gewichtes der Bremse einschließlich aller Aufhängungsteile durch Einsparungen am Untergestell infolge wesentlicher Verringerung der an diesem aufgehängten und mitschwingenden Massen zumindest ausgleichen zu können, was aber nur teilweise erreicht wurde.

Als besonderes Kennzeichen der aufgelösten KKS- und auch der später erwähnten aufgelösten KKP-Bremse ist die Aufteilung der Bremszylinder in je einen auf das gleiche Bremsgestänge eines Drehgestelles arbeitenden Ein- und Zweikammerzylinder hervorzuheben. Diese Maßnahme wurde erforderlich, da es nicht möglich war, die normalen Bremszylinder in dem Drehgestell unterzubringen. Auch für diese Bremsbauarten wurden Öldruck-Handbremsen vorgesehen.

Die Gesamtgewichte dieser als dritte Versuchsbauart geschweißten C 4 ü-Wagen betragen 39,0 t für den Wagen mit normaler KKS-Bremse und 39,7 t für den Wagen mit nur in den Drehgestellen untergebrachter KKS-Bremsausrüstung. Es wurden somit gegenüber der bisherigen genieteten C 4 ü-Bauart (47,0 t) 8 t = 17,0% und 7,3 t = ~ 15,5% eingespart. Nachdem entgegen den ursprünglichen Erwartungen die Gewichte der vollständigen Wagenkästen dieser Wagen geringer als 28 t ausgefallen sind, ist beabsichtigt, auch diese Versuchs-D-Zugwagen nachträglich mit der leichten Görlitzer Drehgestellbauart III auszurüsten, womit das Gesamtgewicht des erstgenannten Wagens weiter auf 36,8 t herabgesetzt würde.

Nunmehr seien die vierachsigen leichten Durchgangs-Personenwagen geschweißter Bauart, von denen ebenfalls drei verschiedene Ausführungsarten der Schweißkonstruktion ausgeführt wurden, bezüglich der baulichen Sonderheiten und der mit diesen erzielten Gewichtserfolge kurz behandelt. Auch bei diesen Wagen sollten an den Stahlteilen durch Schweißen und teilweise auch durch leichtere Ausführung der Innenausstattung möglichst hohe Gewichtsparsnisse erzielt werden. Jedoch mußte von vornherein damit gerechnet werden, daß diese für die leichten vierachsigen Personenzugwagen nicht denselben Wert erreichen können, wie bei den D-Zugwagen, weil diese erst vor kurzem neu entwickelten Wagen in genieteter Ausführung bereits unter Verwendung hochwertiger Baustoffe für das Untergestell und den Gerippeaufbau möglichst leicht gehalten und weiterhin auch schon mit dem Görlitzer Drehgestell III leicht ausgerüstet sind.

Für die Ausbildung der Untergestell- und Gerippe-Träger dieser C 4 i-Wagen gilt ebenfalls das bereits für D-Zugwagen Gesagte. Als Vertreterin der Bauweise mit Hohlträgern sei zunächst eine Ausführung besprochen, bei der für sämtliche tragenden Teile verwindungssteife Hohlquerschnitte in Rechteckform gewählt wurden (MAN). An den betreffenden beiden Wagen wurden bis auf die beiden Hauptquerträger der Untergestelle das gesamte Gerippe sowie auch die Wand- und Dachblechungen geschweißt.

Wie bereits früher erwähnt, bedeutet das Aufschweißen dünner großer Blechtafeln auf die Wandgerippe der Wagenkästen eine besondere Aufgabe. Das Richten derartiger Bleche erfordert bei dem normalen Verlegen gemäß den bisherigen Erfahrungen nach dem Schweißen eine verhältnismäßig sehr große Blech-Nachbehandlung durch örtliche Erwärmungen, sogenanntes Punktieren der Bleche. Die Erbauerin der vorliegenden Wagen hat diese Unannehmlichkeit durch Einwalzen

einiger rechteckförmiger Längssicken in die unteren Verkleidungsbleche der Seitenwände mit Erfolg vermindert. Derartige Sicken wurden auch oberhalb der Fenster als Ersatz für die normal aus Flachstahl hergestellten Tropfleisten angewendet (siehe Abb. 3, Taf. 3).

Im übrigen wurde, von den für sämtliche geschweißten Wagen vorgeschriebenen leichteren Ausrüstungsteilen abgesehen, auch die Innenausstattung für einen Wagen wesentlich leichter gehalten. So war es möglich, durch Sonderausführungen der Sitzbänke, der halbhohen und durchgehenden Trennwände, der Seitenwandverkleidungen, der Gepäcknetzstützen, der Dachlüfter und des Fußbodens allein an der Inneneinrichtung weitere 1,2 t einzusparen.

Für die Sonderbauart der erwähnten C 4 i-Wagen seien nunmehr folgende kurze Angaben gemacht:

Es wurden ausgeführt:

Die äußeren Untergestell-Langträger als NP U 20, die inneren Untergestell-Langträger und die Querträger als nahtlose Mannesmann-Vierkantrohre (letztere sind zur Abstützung gegen die Langträger an den Enden aufgeschnitten und unter Einschweißen von Blechwickeln dreieckförmig erweitert), die Hauptquerträger in normaler genieteter Bauart, die Seitenwandobergurte und Dachrahmen als Mannstedt U 140, die Seitenwandsäulen als Mannstedt U 50 × 50 × 3 mit gegen die Untergestell-Langträger angesetzten dreieckförmig ausgebildeten Preßblechen mit U-Querschnitt (zur größeren Standicherheit der Säulen, siehe Abb. 3, Taf. 3).

Die beiden vorstehend näher gekennzeichneten Wagen wurden ebenso wie die zwei geschweißten Versuchs-C 4 i-Wagen einer weiteren Waggonfabrik mit von dieser als Sonderbauart entwickelten geschweißten Drehgestellen Görlitz III leicht ausgerüstet. Auf ihre Ausführung wird später noch besonders kurz eingegangen werden.

Während der eine Wagen normale KKP-Bremse erhielt, wurde der andere mit geteilter KKP-Bremse ausgerüstet.

Die für diese C 4 i-Wagen erzielten Gesamtgewichte betragen 31,0 t für den Wagen mit normaler KKP-Bremse und 29,80 t für den Wagen mit geteilter Bremsenausführung. Es weist somit der erstgenannte Wagen gegenüber dem C 4 i-Wagen genieteter Bauart mit 36,0 t eine Gewichtserleichterung von 5,0 t = 14% und der zweite, der noch mit besonders leichten Wagenkasten-Ausstattungssteilen ausgerüstet wurde, eine solche von 6,20 t = 17% auf. Dabei entfallen für den Wagen mit normaler Bremse auf das Untergestell und Kasten-gerippe etwa 1,85 t = 17,6% der bisherigen entsprechenden Gewichte. An dem Untergestell des anderen C 4 i konnten infolge Fortfalles der Bremsausrüstung und der für ihre Anbringung benötigten Bauteile an diesem Wagenteil weitere 0,68 t eingespart werden.

Die geteilte Ausführung der KKP-Bremse beim zweiten Wagen brachte gegenüber dem Wagen mit normaler KKP-Bremse ein Mehrgewicht von etwa 550 kg trotz eines um 240 kg niedrigeren Gewichtes der Bremsausrüstung dieser neuen Bauart. Die Gewichtsvermehrung ist hier ebenso wie bei der geteilten KKS-Bremse in dem verhältnismäßig großen Bedarf an zusätzlichen Bauteilen in den Drehgestellen begründet. Von einer Gewichtseinsparung beim Untergestell, die infolge des Fortfalles der schweren Bremsteile am Kasten an sich möglich gewesen wäre, hat man vorläufig abgesehen, so daß der Wagenkasten verbiegungssteifer geworden ist.

Die zweite Bauart der geschweißten Versuchs-C 4 i-Wagen sieht für das Trägerwerk des Wagenkastens zum größten Teil normale Walzprofile vor. Lediglich die Untergestell-Querträger einschließlich der Hauptquerträger wurden aus kastenförmig zusammengeschweißten 8 bzw. 10 mm starken Blechen gefertigt, ferner die Seitenwandoberrahmen aus einem Winkel-

profil ( $60 \times 60 \times 6$  bzw. an den Enden  $40 \times 60 \times 6$ ) und einem Stehblech  $100 \times 5$  zusammengesetzt.

Zu dem Aufbau des Kastengerippes ist besonders zu erwähnen, daß die als normale gewalzte Z-Profile ausgebildeten Wandsäulen von außen gegen die U-Profil-Langträger des Untergestelles geschweißt und die Seitenwände am unteren Ende durch kleine Winkelprofile abgeschlossen worden sind. Als Brüstungsleiste wählte die Baufirma ein aus zwei gebogenen Blechen (3 mm dick), durch Schweißen zusammengesetztes Hohlprofil.

Auch an einem dieser geschweißten Versuchswagen wurden weitere Gewichtseinsparungen an der Innenausstattung angestrebt, insbesondere an den Holzteilen und durch eine Sonderausführung der Sitzbänke. Die hier erzielte Ersparnis beträgt rund 400 kg.

Ebenso wie die zu Eingang angeführten D-Zugwagen besonders leichter Bauart erhielten die vorliegenden Wagen geschweißte Görlitzer Drehgestelle III leicht normaler Bauart (in Anlehnung an normal genietet). Auch von ihnen wurde der eine mit der normalen KKP-Bremse ausgerüstet, während für den zweiten eine Trommelbremse vorgesehen wurde. Die Handbremse für diesen Wagen wurde ebenfalls als Öldruckbremse ausgebildet.

Die hier ausgeführten Gesamtgewichte betragen 32,06 t für den Wagen mit normaler KKP-Bremse und 31,06 t für den Wagen mit Trommelbremse. Es weist somit der erstgenannte Wagen gegenüber dem C 4 i genietet Bauart (36,0 t) eine Gewichtserleichterung von  $3,94 t = 11\%$  und der zweite eine solche von  $4,94 t = 13,7\%$  auf. Dabei konnten für den Wagen mit normaler Bremse allein am Untergestell und Kastengerippe  $600 \text{ kg} = 5,7\%$  der bisherigen entsprechenden Gewichte gewonnen werden. Für den anderen C 4 i ermöglichte die Verwendung der Trommelbremse, d. h. der hiermit verbundene Fortfall der Bremsausrüstung und zugehörigen Aufhängungsbauteile am Wagenkasten, eine zusätzliche Gewichtseinsparung von 0,58 t.

Die Drehgestelle für den Wagen mit normaler KKP-Bremse brachten bei einem mittleren Einzelgewicht von 5,32 t gegenüber der normalen genieteten Bauart dieser Drehgestelle (5,52 t) eine Gewichtseinsparung von  $200 \text{ kg} = 3,6\%$  je Drehgestell und zusammen  $400 \text{ kg} = 1,1\%$  des Gesamtgewichtes des genieteten Wagens.

Die Trommelbremse mit Öldruck-Handbremse brachte im Vergleich mit der KKP-Bremse ein Mindergewicht von  $\sim 0,70 \text{ t}$ .

Schließlich seien noch über die vorgenannten, aus der normalen genieteten Bauart entwickelten geschweißten Görlitzer Drehgestelle III leicht, welche auch für eine größere Anzahl innerhalb der Lieferung 1933 zu bauender vierachsiger Personenzug- und geschweißter D-Zugwagen Verwendung finden, einige ergänzende Angaben gemacht.

Der Gewichtsgewinn der geschweißten Ausführung dieser für 18 t Tragfähigkeit berechneten Bauart gegenüber der genieteten beträgt bei fast ausschließlicher Verwendung von St 37 etwa 220 kg bzw. 170 kg mit Aufhängevorrichtung für Lichtmaschine bzw. ohne diese.

Die Gesamtgewichte einiger Ausführungsarten des Görlitzer Drehgestelles sind aus nachfolgender Zusammenstellung zu entnehmen.

Bauart	genietet kg	geschweißt kg
Görlitzer Drehgestell III leicht für normale KKP-Bremse . . . . .	5520	5325
Görlitzer Drehgestell III leicht für normale KKS-Bremse . . . . .	5890	5680
Görlitzer Drehgestell III leicht mit Trommelbremse . . . . .	5740	5530

Zur Kenntlichmachung der durch die Schweißausführung gegebenen Umstellung der Konstruktion auch der Drehgestelle sollen die Textabb. 1 und 2 dienen, welche die Ausbildung einer Drehgestell-Rahmenecke für die Görlitzer Drehgestelle III leicht genietet und geschweißt wiedergeben und gleichzeitig die Ausführungen der Rahmen-Langträger erkennen lassen. Eine Gesamtansicht des geschweißten Görlitzer Drehgestelles III leicht mit normaler KKS-Bremse ist in Textabb. 3 gegeben.

Als dritte Bauart des geschweißten vierachsigen Personenzugwagens sei die Ausführung der Firma angeführt, die, wie bereits angedeutet, für ihren eigenen Auftrag und die beiden vorbeschriebenen C 4 i-Wagen die Entwicklung und Herstellung Görlitzer Drehgestelle III leicht in Sonderbauart übernommen hatte, mit dem Ziele einer weitmöglichen Gewichtseinsparung (Westwaggon). Von den beiden Wagen dieser Ausführung erhielt der eine ebenfalls die Normal-KKP-Bremse, während der zweite versuchsweise mit einer Zangenbremse ausgestattet wurde.

Für den Aufbau der Wagenkästen sind sowohl normale Walzprofile (Untergestell) als auch leichte Walzprofile und gepreßte Träger (Kastengerippe) verwendet worden. Die Untergestelle und Seitenwände einschließlich Verkleidungsblechen sind aus St 52 gefertigt, die übrigen Stahlteile des Kastenaufbaus aus St 37.

Zu den Bauartsonderheiten dieser Wagen sei folgendes bemerkt:

Im Untergestell erhielten die Querträger eine größere Höhe als bisher, um mit möglichst geringeren Trägerstärken auszukommen. Diese Maßnahme wurde dadurch ermöglicht, daß die Hauptdampfleitung an einer Seitenwand unmittelbar unter die Fußbodenoberkante verlegt wurde, wodurch noch der Vorteil zu erreichen war, daß die sonst notwendigen zahlreichen Rohrverbindungen entfallen konnten. Der Ein- und Ausbau der Leitung erfolgt durch eine Öffnung an dem schrägen Vorbauwandteil. Über die weiteren Kennzeichen der Untergestellausführung unterrichtet die Abb. 4, Taf. 3.

Die Langträger des Untergestells, die entsprechend den bei der DRG. zur Zeit allgemein geltenden Baugrundsätzen gleichzeitig die Untergurte der mittragenden Seitenwände bilden, bestehen aus Winkelprofilen  $160 \times 160 \times 8$ , mit welchen die Seitenwandbleche unmittelbar verschweißt sind. Die Z-förmigen Kastensäulen, die teils als leichte Walzprofile und teils der geringen Stückzahl wegen als gepreßte Träger ausgeführt wurden, sind mit dem äußeren Flansch an dem senkrechten Schenkel eines besonderen durchlaufenden, als Fußbodenträger dienenden Winkelprofils verschweißt.

Die 2 mm starken Seitenwandbleche, welche mit zum Tragen herangezogen wurden, sind über dem Seitenwand-Oberrahmen hinaus bis zu den Dachpfetten weitergeführt und bilden somit in ihrer Verlängerung eine die Oberrahmen verstärkende durchlaufende Dachkappe. Die Querschnitte der Rahmenprofile (Z-förmig) konnten deshalb gegenüber der normalen genieteten Ausführung wesentlich kleiner gehalten werden. Die äußere Brüstungsleiste wurde als offener Hohlquerschnitt ausgeführt (s. Abb. 5, Taf. 3).

Nunmehr sollen über die bereits früher erwähnten Sonderbauarten der Görlitzer Drehgestelle III leicht geschweißt einige kurze Ausführungen gemacht werden.

Da bei diesen Drehgestellen noch weitergehende Gewichtserleichterungen anzustreben waren, als allein mit dem Ersatz des Nietens durch Schweißen erreicht werden konnten, sah die betreffende Waggonfabrik für alle Bauteile des Drehgestellrahmens und der Wiege zunächst einmal hochwertigeren Stahl, St 52, vor.

Bei Verwendung offener Trägerprofile, wie sie bisher verwendet wurden, hätten sich unter voller Ausnutzung der

höheren Festigkeitswerte nur geringe Wandstärken ergeben, wodurch die Verwindungsfestigkeit des Rahmens herabgesetzt worden wäre. Es wurden deshalb Hohlprofile geringer Wandstärke (7, 6 und 4 mm) gewählt. Und zwar bildete die Baufirma diese Hohlprofile als dreieckige Querschnitte aus, mit der Begründung, daß diese Querschnittsform unter besonderer Berücksichtigung der Verdrehungsmomente (infolge außerachsigem Angriff der Kräfte) eine gute Gewähr für einen ausreichenden Widerstand gegen Formveränderungen biete. Sämtliche Bauartsonderheiten sind der Abb. 6, Taf. 3 zu entnehmen.

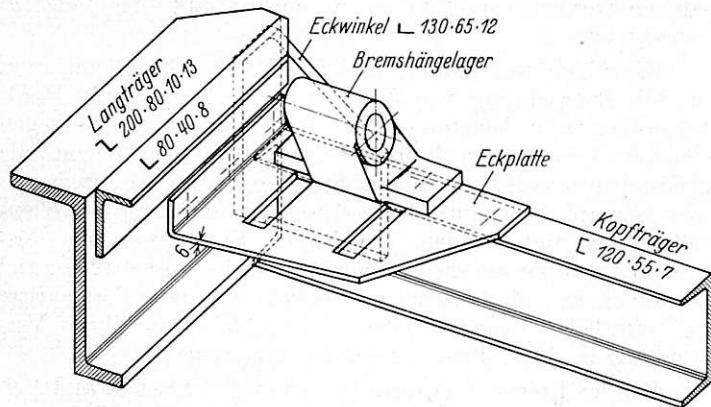


Abb. 1. Perspektivische Darstellung einer Rahmenecke des Gölritzer Drehgestelles III leicht, genietet.

Die für normale KKP-Bremsen hergerichteten Drehgestelle dieser Sonderbauart wiegen im Mittel 5,02 t, somit 500 kg weniger als das normale genietete Gölritzer Drehgestell III leicht. Bezogen auf dessen Gewicht beträgt also die Gewichtsersparnis  $\sim 9\%$ , der an beiden Drehgestellen erzielte Gewichtsgewinn, bezogen auf das Gesamtgewicht des genieteten C 4 i,  $2,8\%$ .

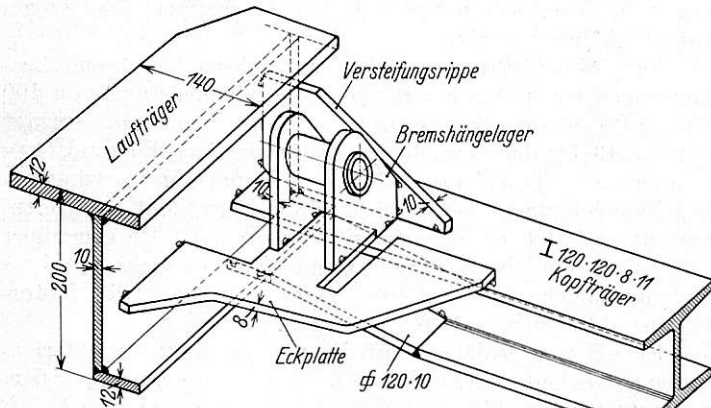


Abb. 2. Perspektivische Darstellung einer Rahmenecke des Gölritzer Drehgestelles III leicht, geschweißt.

Wie bereits erwähnt, erhielt der zweite Wagen der zuletzt beschriebenen Bauart eine Zangenbremse, auch Winkelhebelbremse genannt.

Mit dieser dritten geschweißten C 4 i-Bauart wurden Gesamtgewichte von 29,85 t für den Wagen mit normaler KKP-Bremse und 30,30 t für den Wagen mit Zangenbremse erreicht, somit diese beiden Wagen im Vergleich mit dem genieteten C 4 i-Wagen um  $6,15\text{ t} = 17,0\%$  und um  $5,70\text{ t} = \text{rund } 16,0\%$  leichter ausgeführt. Dabei entfallen für den erstgenannten Wagen auf das Untergestell und Kastengerippe  $1450\text{ kg} = 13,8\%$  der bisherigen entsprechenden Gewichte. Das 450 kg betragende Mehrgewicht des Wagens mit Zangenbremse ist durch die Bauart dieses Bremssystems bedingt, und zwar durch die verhältnismäßig schwere Ausführung der mit Bremscheiben ausgerüsteten Radkörper, welche bei

etwaigen weiteren Anwendungen der Zangenbremse voraussichtlich etwas leichter gehalten werden können.

Nachdem nunmehr sämtliche vierachsigen Versuchs-Personenwagen geschweißter Bauart fertiggestellt sind, wird zunächst eine eingehende praktische Erprobung der verschiedenen Bauweisen im Betriebe erfolgen. Sodann wird unter Berücksichtigung aller für die Gesamtbeurteilung dieser geschweißten Wagenausführung maßgebenden Gesichtspunkte untersucht werden, welche der Bauweisen, möglichst unter einheitlicher Anwendung bei D-Zug- und vierachsigen Personenwagen, sowohl rein baulich als auch bezüglich der Gesamtwirtschaftlichkeit als vorteilhafteste angesprochen werden kann.

Es soll noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß es als naheliegende Folgerung aus den Ergebnissen der ersten Schweißversuche an den vorgenannten Personenwagen in Frage kommen wird, für D-Zug- und vierachsige Personenzugwagen in Zukunft nur noch mit einer Drehgestellbauart, und zwar Gölritzer Bauart III leicht geschweißt, auszukommen.

Schließlich werden augenblicklich auch die übrigen Personenwagen- und auch Gepäck- und Postwagenbauarten in den Entwürfen von Nietung auf Schweißung umgestellt, nachdem die Erfahrungen mit den bereits geschweißten

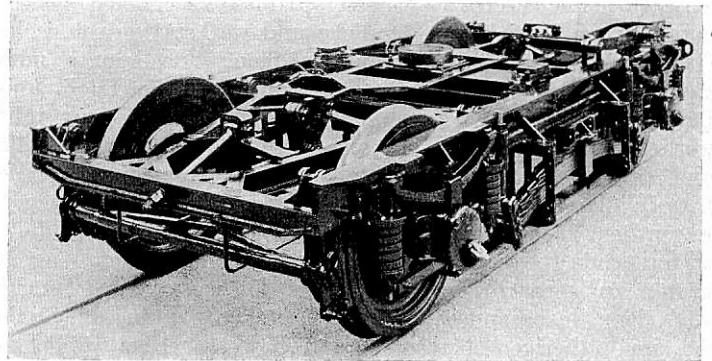


Abb. 3. Geschweißtes Gölritzer Drehgestell III leicht (mit normaler KKS-Bremse).

Wagen gezeigt haben, daß weder grundsätzliche bauliche noch herstellungstechnische Bedenken gegen die Anwendung der Schweißung im Personenwagenbau bestehen.

Um noch kurz die Frage der Wirtschaftlichkeit des Schweißens in bezug auf die Beschaffungskosten zu streifen, soll besonders darauf hingewiesen werden, daß mit Rücksicht auf die nur allmählich und teilweise durchzuführende Umstellung der Betriebe und den großen Umfang der damit verbundenen Versuche im Schweißen endgültige wirtschaftliche Vergleiche zwischen Niet- und Schweißen im Personenwagenbau z. Z. noch nicht möglich sind, die allgemeine Einführung des Schweißens im Waggonbau jedoch grundsätzlich nur dann vertretbar sein dürfte, wenn sich die geschweißte Ausführung nicht teurer stellt als die genietete.

## II. Verbrennungstriebwagen und deren Beiwagen.

Bekanntlich verdient die Frage des Leichtbaues für alle Triebwagen mit eigener Kraftquelle, also beschränkter Leistung, und deren Beiwagen bevorzugte Berücksichtigung, da für diese Wagen im Interesse einer möglichst hohen Anfahrbeschleunigung und gleichzeitig günstigen Nutzlastaufnahmefähigkeit, eine weitgehende Senkung der Totlast, d. h. des Eigengewichtes dringend erwünscht ist.

In dieser Richtung wurden mit den in den letzten Jahren entwickelten zwei- und vierachsigen Verbrennungstriebwagen und Beiwagen große Fortschritte erzielt. Da Gewichtseinsparungen an der maschinellen Einrichtung der Trieb-

wagen z. Z. nur schwer durchführbar sind, mußte die Leichtbauweise hauptsächlich am Wagenteil verwirklicht werden.

Es lag nahe, beim Forschen nach geeigneten Mitteln für diese Maßnahme die Verwendung von Leichtmetallen bzw. Leichtmetall-Legierungen zu prüfen, wobei im Hinblick auf die hohen Baustoffpreise von vornherein berücksichtigt werden muß, daß bei der Verarbeitung dieses Baustoffes für die Tragkonstruktion von Eisenbahnfahrzeugen eine Änderung gegenüber der früheren Bauweise zweckmäßig ist.

Mit der Stahlausführung vergleichende Wirtschaftlichkeitsberechnungen ergaben unter besonderer Berücksichtigung der verschiedenen Behandlungsschwierigkeiten, nachteiligen Stoffeigenschaften und höheren Beschaffungskosten des Leichtmetalles einerseits und der Verbesserung der Güterwerte und der Schweißbarkeit der neuen Baustähle andererseits, daß der Stahlkonstruktion der Vorzug zu geben ist. Dabei wurde festgestellt, daß mit dieser bei mindestens gleichen Festigkeitsbedingungen und geringeren Kosten ungefähr die gleichen Gewichte erreicht werden können wie mit Leichtmetall.

Die DRG entschied sich deshalb auch, für den erstmalig bei Verbrennungstriebwagen möglichst weit zu treibenden Leichtbau für die Untergestelle und Gerippeaufbauten allgemein Stahl als Baustoff vorzuschreiben.

Um mit der Leichtbauweise bei vorgenannten Wagen wirklich nennenswerte Gewichtsersparnisse zu erzielen, mußte man gewisse betriebliche, bauliche und werkstattentechnische Grundsätze aufgeben oder einschränken. So konnte man z. B. unter Verzicht auf die Forderung, daß die Trieb- und Beiwagen in andere Züge an beliebiger Stelle eingestellt werden können, die Widerstandsfähigkeit der Untergestelle und der Kastengerippe dieser Wagen herabsetzen, also die betreffenden Wagenteile gegenüber normalen Personenwagen wesentlich leichter halten, ohne jedoch die in jedem Falle zu fordernde Biegs- und Verdrehungssteifigkeit der Wagenkästen zu vernachlässigen. Es wurden zu diesem Zwecke auch hier, insbesondere für die Kastenaufbauten, an Stelle der im bisherigen Personen- und Triebwagenbau üblichen Träger-Normalprofile die leichteren Mannstedt-Profile und gebogene oder gepreßte Blechträger verwendet, unter gleichzeitiger weitestgehender Verwendung hochwertigen Stahls und Anwendung des Schweißens für alle Trägerarten und Bekleidungsbleche. Der vorgenannte Verzicht ermöglichte auch eine leichtere Ausführung der Zug- und Stoßvorrichtungen. Die Zugvorrichtung wurde derart ausgebildet, daß bei der Notwendigkeit, in besonderen Fällen einen Güterwagen mit den Triebwagen befördern und Trieb- oder Beiwagen an Züge oder einzelne Lokomotiven anhängen zu müssen, stets der Kupplungsbügel des Leichtwagens in den Zughaken des normalen Fahrzeuges eingelegt werden muß; die Wagen wurden mit Zughaken geringerer Maulweite versehen. Als Puffer werden Stangenpuffer besonders leichter Bauart verwendet, und zwar für zwei- und vierachsige Wagen in verschiedener Ausführung, mit Einzelgewichten von 38 und 88 kg, während beispielsweise der leichteste normale Hülsenpuffer (mit Wickelfeder) 133 kg wiegt.

Die Leichtbaumaßnahmen wurden natürlich auch auf die sämtlichen übrigen Ausrüstungsteile und die gesamte Innenausstattung ausgedehnt.

Um eine wirksame Einsparung an Wangengewichten zu erreichen, ist auch eine Erleichterung der unabgefederten Massen, d. h. der Radsätze, anzustreben, die im übrigen schon durch die wesentlich verringerten Belastungen gegeben ist und gleichzeitig eine Verbesserung des Wagenlaufes, insbesondere für die zweiachsigen Wagen, mit sich bringt. Es wurde deshalb für die in Leichtbauart ausgeführten Trieb- und Beiwagen ein neuer Laufradsatz für 12,5 t ruhende Höchstlast entwickelt, mit einem Laufkreisdurchmesser von 900 und

einem Achsschenkeldurchmesser von 90 mm. Die Ausführung der Achswelle mit einem Durchmesser von 130 mm auf die ganze Länge, der Radreifenstärke mit nur 50 mm bei Verwendung einer Sondergüte M oder T-Stahl und die Herabsetzung der Radscheibenstärken trugen weiter dazu bei, mit diesem Radsatz bei einem Gewicht von rund 775 kg gegenüber dem normalen Radsatz eine Gewichtsersparnis von 350 kg zu erreichen. Sämtliche Leichttradsätze dieser Ausführungen werden mit Rollenlagern mit aufgepreßten Lauftringen ausgerüstet. Die aufgeführten Erleichterungsmaßnahmen werden soweit möglich auch auf die Triebradsätze angewendet.

Es sei hier kurz erwähnt, daß die DRG. bereits seit längerem an der Entwicklung von Radsatz-Sonderbauten mit Hohl-Achswellen und leichteren Radscheiben arbeitet. Es liegen schon mehrere Versuchsausführungen vor, bei denen die Hohlwellen sowohl in einem Stück gezogen, als auch aus zwei stumpf gegeneinandergeschweißten gezogenen Wellenhälften gefertigt wurden. Nach den Ergebnissen der bisherigen Erprobungen dieser Radsätze wird es konstruktiv und herstellungstechnisch vielleicht möglich sein, diese Fortschritte auf sämtliche Wagenradsätze, unabhängig von ihrer Verwendungsart bzw. Beanspruchung, anzuwenden.

Bei der Bremsausrüstung der neuen Leichttrieb- und Beiwagen wurden ebenso wie für die geschweißten Personenwagen an den Bremsgestängen durch Festlegung kleinstmöglicher Stärkeabmessungen beachtliche Gewichtsersparnisse erzielt. Ferner konnte infolge der geforderten Sonderbehandlung der Wagen im Betriebe eine von den normalen Ausführungen abweichende einfachere und leichtere Bremsbauart gewählt werden, wobei man auf die Carpenter-Zweikammer-Druckluftbremse zurückgriff.

Unter Ausnutzung der verschiedenen Sondermaßnahmen gelang es, die Gewichte der neu entwickelten Trieb- und Beiwagen im Vergleich mit den früher beschafften Fahrzeugen wesentlich herabzusetzen.

Für Nebenbahnen wurden zweiachsige Verbrennungstriebwagen für 65 km/h mit einer Maschinenleistung von 100 bis 120 PS gebaut. Das Leergewicht dieser Triebwagen beträgt 12,0 bis 13,5 t, das Gewicht im betriebsfertigen Zustand etwa 0,5 t mehr. Triebwagen ähnlicher Bauart mit geringeren Maschinenleistungen wogen bisher 18 bis 20 t. Auf 1 t Wangengewicht entfallen bei den neuen Wagen etwa 8 PS gegenüber 3,5 PS bei den älteren Triebwagen. Das Gewicht für 1 m<sup>2</sup> Bodennutzfläche ist um 40% zurückgegangen, die Motorleistung dagegen um 113% gestiegen.

Es soll nun zunächst auf die für die neuen Leichttrieb- und Beiwagen entwickelte Wagenkastenbauart eingegangen werden, welche bisher sowohl bezüglich des Gewichtes als auch bezüglich der Festigkeit der Kästen den Wünschen und Forderungen der DRG. am meisten entspricht und deshalb z. Z. für beinahe sämtliche leichteren Verbrennungstriebwagen und Beiwagen angewendet wird, die sogenannte „Spantenbauweise“. Diese behält den für die stählernen Personenwagen der DRG. allgemein geltenden Grundsatz des Mitragens der Seitenwände und auch deren Bauart bei, teilt dagegen die wenigen schweren Querträger der Untergestelle der normalen Bauart in eine größere Zahl leichterer Querträger derart auf, daß möglichst jeder Seitenwandsäule ein Querträger entspricht und diese in der gleichen Querebene des Wagenkastens angeordnet werden, wodurch eine große Zahl geschlossener Ringträger entstehen. Diese Maßnahme bedeutet eine wesentliche Entlastung der Untergestell-Langträger von Biegs-, Knick- und Verdrehungsbeanspruchungen, so daß diese Träger schwächer, und damit leichter gewählt werden können, und ergibt gleichzeitig eine verhältnismäßig große Verwindungssteifigkeit des gesamten Wagenkastens unter Fortfall besonderer mittlerer

Langträger im Untergestell. Um ohne besondere Festigkeits-einbuße weiter an Gewicht zu sparen, wurden von der Wagenbauanstalt (Wumag) für die oberen Seitenwandrahmen leichte Z-Normalprofile (Nr. 5) gewählt und diese dadurch verstärkt, daß die seitlich gebogenen Dachteile als steife Träger aus 4 mm starkem Blech ausgebildet, und Platten aus 6 mm dickem Sperrholz als Dachverkleidung innerhalb dieser Dachrahmen auf den ebenfalls leicht gehaltenen Dachspriegeln aufgebracht wurden (s. Abb. 7, Taf. 3).

Diese Wagenkastenbauart fand bei dem sechsachsigen dieselelektrischen Schnelltriebwagen, dem „fliegenden Hamburger“, bei zweiachsigen Trieb- und Beiwagen und bei den bereits in größerer Zahl beschafften vierachsigen 175 PS-dieselmehrschichtlichen Triebwagen und zugehörigen vierachsigen Beiwagen Anwendung. Die mit diesem Wagen bezüglich der Gewichte und der Festigkeit erzielten Erfolge gaben Anlaß, diese Bauweise auch den Entwürfen weiterer neu zu entwickelnder Leichttriebwagen zugrunde zu legen.

Es soll nun auf verschiedene, die Bauart der genannten Wagen besonders kennzeichnende wagenbauliche Einzelheiten eingegangen werden. Vorweg sei bezüglich der bereits erwähnten Anwendung des Schweißens ausdrücklich bemerkt, daß zwar möglichst weitgehend, jedoch nur so weit geschweißt wurde, als hierbei gegenüber dem Nieten Gewicht eingespart und die Fertigung vereinfacht wurde. Als Beispiel für die Ausbildung von Schweißverbindungen innerhalb der restlos geschweißten Untergestelle ist in Textabb. 4 die Befestigung der

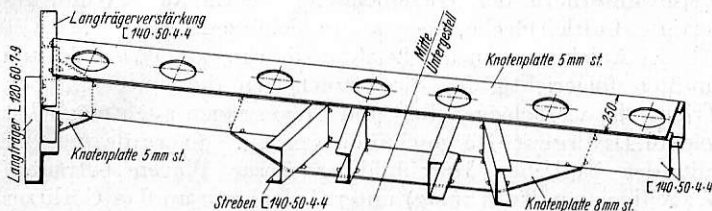


Abb. 4. Perspektivische Darstellung des Stoßträgers im Untergestell der vierachsigen leichten Beiwagen mit Trägeranschlüssen.

Vorbau-Stoßstreben des vierachsigen Beiwagens mit dem aus zwei U-Profilträgern und Blechplatten zusammengeschweißten kastenförmigen Stoßquerträger und der Langträger mit diesen Trägern dargestellt.

Für die Gerippeaufbauten sämtlicher vorgenannter Trieb- und Beiwagen wurden fast ausschließlich leichte Mannstedt-Z- und kleine Normal-Winkel-Profile gewählt, erstere auch in gegeneinandergeschweißter Ausführung (als Fenster- und Türsäulen). Die Untergestell-Langträger sind bei dem Schnelltriebwagen und den zweiachsigen Trieb- und Beiwagen als einfache U-Träger ausgebildet (N. P. 14 und N. P. 10), während sie bei den vierachsigen Trieb- und Beiwagen als Z-Profile (N. P. Z. 12) ausgeführt wurden, welche in den Vorbauten durch leichte U-Träger (P. 14) verstärkt sind (s. Abb. 12). Diese Bauweise ist mit bedingt durch die abgerundete Form der Stirnwände der Wagen und ihre Ausrüstung mit Stoßpuffern nach der üblichen Anordnung. Die eigentlichen Z-förmigen Langträger sind deshalb bis zu den Kopfquerträgern durchgeführt, während die Verstärkungs-U-Träger als Abschluß der Kastenaufbauten um die Stirnwände herumgezogen werden (s. Abb. 8, Taf. 3).

Der Schnelltriebwagen, der stets allein fahren soll, wurde, um Beschädigungen der leicht gehaltenen Wagenkästen durch unvorsichtiges Gegenfahren anderer Fahrzeuge zu vermeiden, an den Kopfenden mit seitlich vorgezogenen kastenförmig zusammengesetzten Stoßträgern ausgerüstet, in denen Gummipuffer eingelassen sind. Im übrigen erhielt dieser Wagen bekanntlich zur wirksamen Herabsetzung des bei den großen Fahrgeschwindigkeiten nicht unbeträchtlichen Luftwider-

standes Wagenkastenenden besonderer Form, welche durch Modellversuche im Windkanal festgelegt wurde. Sie ist mitsamt der Ausbildung der entsprechenden Gerippebauteile und der Untergestellvorbauten aus der in Textabb. 5 wiedergegebenen perspektivischen Schnittskizze zu ersehen.

Von der Wiedergabe weiterer wagenbaulicher Einzelheiten des Schnelltriebwagens soll abgesehen werden, da diese bereits an anderen Stellen beschrieben sind. Es sei nur noch erwähnt, daß das Gesamtgewicht dieses Wagens, der aus zwei kurzgekuppelten, auf einem mittleren Drehgestell gemeinsam gelagerten Einzelfahrzeugen besteht, ohne Betriebsstoffe 74 t beträgt, bei einer Gesamtleistung von 820 PS und einer Sitzplatzzahl von 102. Die Betriebsvorräte bringen ein zusätzliches Gewicht von rund 3000 kg.

Wie bereits hervorgehoben, mußten in folgerichtiger Durchführung der Leichtbauweise auch die Gewichte der Innenausrüstungsteile weitmöglichst herabgesetzt werden. Zur

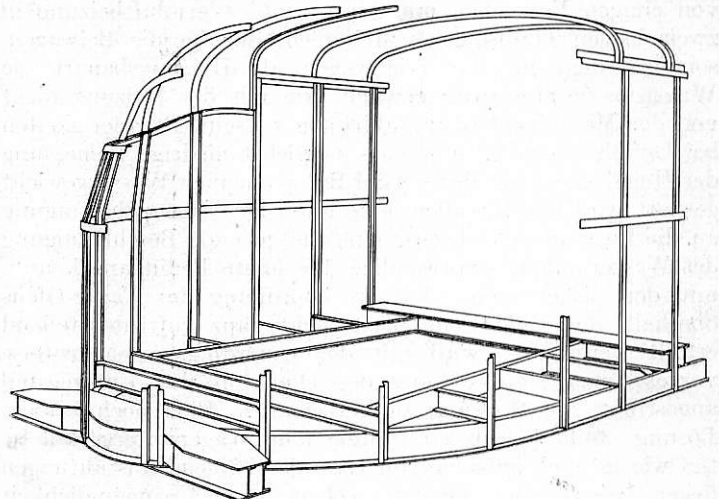


Abb. 5. Perspektivische Darstellung des Schnelltriebwagen-Kastenvorbaues.

Erreichung dieses Zieles wurden für die oben erwähnten Trieb- und Beiwagen folgende z. T. auch bei dem Schnelltriebwagen angewendeten baulichen Maßnahmen getroffen:

Zunächst wurden sämtliche Holzbauteile wie Wand- und Deckenverkleidungen, Quer- und Abortwände, Türen, Fußböden und Sitzbankhölzer so schwach wie irgend möglich gehalten. Beispielsweise vereinfachte man an den 1200 mm hohen 3. Klasse-Sitzbänken das Rahmenwerk und bemmaß die Dicke der Sitzbankleisten mit nur 8 mm (normal 16 mm), mit dem Ergebnis, daß das Gewicht einer derartig leicht gebauten drei- und zweisitzigen Doppelsitzbank nur 39 und 28 kg beträgt, gegenüber den bisherigen Normalausführungen mit 63 und 40 kg.

Ebenso wie sämtliche Holzeinbauten wurden auch die in Metall zu fertigenden Ausrüstungsteile einschließlich der Beschlagteile einer strengen Gewichtsprüfung unterworfen. Diese Forderung galt vor allem den Gepäcknetzstützen und Fenstern. Erstere wurden, abgesehen von einigen Probeausführungen aus Leichtmetall, in Anlehnung an bereits in Leichtpersonenwagen eingebaute Versuchsstützen aus 1½ mm Stahlblech gepreßt und durch Zusammenschweißen zweier symmetrischer Hälften zu einer Hohlstütze normaler Form ausgebildet, deren Gewicht unter der Hälfte des Gewichtes einer entsprechenden normalen Gußstütze liegt. Der weiteren Gewichtersparnis wegen wurde in sämtlichen großen Abteileräumen Längsanordnung der Gepäcknetze an den Seitenwänden gewählt, zumal die fast ausschließliche Verlegung der Heizrohre vor diesen Wänden eine bequeme Unterbringung des Handgepäcks unter den Sitzbänken gestattet.

In die oben genannte Forderung der Gewichtersparnis wurden sämtliche bewegliche Fenster mitsamt den Bewegungsvorrichtungen eingeschlossen. Die aus gezogenem Messing (1 mm stark gegen 2 mm normal) hohl gefertigten Fensterrahmen erhielten eine Dicke von 14 mm gegen normal 16 mm, die Fensterscheiben eine solche von 3 mm gegen 5 mm bei normalen Personenwagen. Als Bewegungsvorrichtung fand der im Personenkraftwagenbau gebräuchliche Kurbelantrieb Verwendung, der zwar für das Bewegen der Fenster im Vergleich mit dem sonst bei der DRG. verwendeten Kniehebelausgleich für die Betätigung einen größeren Zeitaufwand erfordert, aber bedeutend leichter ist als dieser (3,5 kg gegen 10,0 kg für 800 mm breites Fenster).

Ferner war man bestrebt, die bei Personenwagen bisheriger Bauarten das Gesamtgewicht nicht unbeträchtlich beeinflussenden Heizungsanlagen in ihrem Gewicht und damit in ihrer Ausdehnung nach Kräften zu beschränken. Abgesehen von einigen Versuchen mit Abgas- und Warmluftheizung in zweiachsigen Triebwagen wurde nicht nur für die Beiwagen, sondern auch für die Triebwagen als Heizungsbauart die Warmwasserheizung gewählt, um mit der Heizung nicht von der Maschinenleistung abhängig zu sein (Schwierigkeiten bei Gefällefahrten!). Für eine möglichst niedrige Bemessung der Heizflächen, mit der sowohl Rohr- als auch Wassergewicht gespart wird, ist vor allem eine intensive Wärmeübertragung an die Luft und gleichzeitig eine weitgehende Beschleunigung des Wasserumlaufes notwendig. Die letzte Bedingung konnte mit der bisher stets üblichen Anordnung des Narag-Ofens oberhalb des Fußbodens noch nicht ganz zufriedenstellend erfüllt werden; es wird mit der neuerdings versuchsweise vorgesehenen Herabziehung des Ofens in das Untergestell angestrebt, die Wirkung zu verbessern. Eine noch bessere Lösung stellt jedoch ein unter dem Wagenuntergestell so tief wie möglich aufgehängter Ofen dar. Solche Ausführungen liegen bereits vor, die versprechen, trotz Unzugänglichkeit während der Fahrt genügend sicher und ausdauernd zu arbeiten. Für die Heizrohre wurden Kupferrohre mit nur 1 mm Wandstärke verwendet, ferner wurden außer den Rücklaufrohren auch die Vorläufe längs der Seitenwände unter den Fenstern verlegt und nur an den Enden der Abteileräume mit Abzweigungen unter den Sitzen versehen. Die Warmwasserausgleichbehälter wurden selbstverständlich so klein wie irgend möglich bemessen.

Schließlich entschied man sich, die inneren und äußeren Beschlagteile aller leichten Trieb- und Beiwagen, soweit sie keiner besonderen Beanspruchung ausgesetzt sind, statt aus Rotguß oder Messing in Leichtmetall auszuführen. Für die Beschlagteile der Aborte wurde jedoch die übliche Nickel-Sondermessinglegierung beibehalten.

An den Ausstattungsteilen der Aborte mußten natürlich ebenfalls Gewichte eingespart werden. Es wurden deshalb für die Leibstühle und Waschbecken neue kleinere Modelle eingeführt, ferner sah man von der Verwendung des recht schweren Steinholzes für die Fußbödenauskleidungen ab und versah die Abortböden mit dünnen Gummibelägen.

Alle vorbeschriebenen Leichtbaumaßnahmen wurden zum größten Teil, ebenso wie die Stahlbauweise der Wagenkästen, zunächst an den zuerst entwickelten zweiachsigen Trieb- und Beiwagen und den vierachsigen dieselmechanischen Trieb- und Beiwagen durchgeführt und erprobt.

Die Bauform und Grundrißaufteilung der letztgenannten, inzwischen in größerer Zahl beschafften vierachsigen Wagen sind den bereits im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1933, Heft 3 in dem Aufsatz: „Die Entwicklung des Triebwagens bei der DRG.“ u. a. wiedergegebenen Übersichten zu entnehmen, welche ferner die aus den vierachsigen Beiwagen entwickelten zwei

Arten Steuerwagen und die übrigen in der gleichen Leichtbauweise neu entwickelten Triebwagen enthalten.

Wie hier bereits angeführt, wurden, vom Schnelltriebswagen abgesehen, der vierachsige 175 PS-Triebwagen und dessen Beiwagen zur Verringerung des Luftwiderstandes erstmalig mit stark abgerundeten Stirnwänden versehen. Während die Kastendenen der Beiwagen schräg zulaufend ausgebildet wurden, mußten die Enden der Triebwagen, vor allem der in den Wagenkasten hineinragenden Maschinenanlage wegen, parallel eingezogen werden. Es sei hier noch erwähnt, daß in dem Bestreben, die Kastenaufbauten, besonders der vierachsigen Trieb- und Beiwagen, ebenfalls günstiger Widerstandsverhältnisse wegen recht eben und glatt auszubilden, u. a. die Fenster soweit irgend angängig gegen die äußeren Wandverkleidungen vorgezogen wurden. Die bereits oben erwähnten Steuerwagen, die in ihrer Grundrißaufteilung, Anordnung der Einstiege, Ausbildung der Einsteigetüren usw. den für sie in Frage kommenden vierachsigen dieselektrischen Triebwagen angepaßt wurden, erhielten ebenso wie diese bis zu den Enden gerade durchlaufende Seitenwände und somit über die gesamte Wagenbreite gehende Stirnwandabrundungen. Diese Baumaßnahmen waren schon durch die Forderung bedingt die betreffenden Wagen mit Übergangseinrichtungen auszustatten. Wie ebenfalls bereits dem oben bezeichneten Aufsatz zu entnehmen ist, erhalten diese für den Verkehr auf Hauptbahnen bestimmten Wagen ( $V_{\max} = 110 \text{ km/h}$ ) entsprechend der Ausführung am Schnelltriebswagen versuchsweise unterhalb der Wagenkästen allseitig aus 1,0 mm gefertigte Luftleitbleche, sogenannte Schürzen.

In Anlehnung an die Leichtausführung der Wagenkästen mußten folgerichtig für die vierachsigen dieselmechanischen Trieb-, die vierachsigen Bei- und Steuerwagen auch möglichst leichte Drehgestelle geschaffen werden. So wurde von der mit der baulichen Durchbildung dieser Wagen betrauten Wagenbauanstalt (Wumag) unter Anlehnung an das Görlitzer Drehgestell III leicht ein neues Laufdrehgestell mit ebenfalls 3000 mm Achsstand entwickelt, das bei einer Tragfähigkeit von 12 t unter Berücksichtigung der neuen Leichttradsätze insgesamt nur 4,0 t wiegt, gegenüber einem Gewicht der Bauart III leicht (genietet) von 5,52 t bei 18 t Tragfähigkeit. Es ist genietet ausgeführt, da seinerzeit die Anwendung des Schweißens wegen der erforderlichen Vorversuche unerwünschte Zeitverluste bedingt hätte und die Berechnungen der Firma für das Schweißen nur unwesentliche Gewichtseinsparungen ergeben hatten.

Die Hauptunterschiede dieser neuen Bauart, genannt Görlitzer Drehgestell IV leicht, gegen III leicht sind aus den in Abb. 9, Taf. 3 dargestellten Schnitten durch die entsprechenden Drehgestellrahmen und Wiegen zu ersehen.

Das Gesamtgewicht der vierachsigen 175 PS-Triebwagen ohne Betriebsstoff beläuft sich auf rund 28,50 t, von denen auf das Trieb- und Laufdrehgestell  $5,50 + 4,00 \text{ t} = 9,50 \text{ t}$  und auf die maschinelle Ausrüstung 5,20 t entfallen. Der vollständige Wagenkasten einschließlich der an ihm befestigten Bremssteile wiegt somit 13,80 t.

Der vierachsige leichte Beiwagen weist ein Gewicht von rund 18,00 t auf, das bei 90 Sitzplätzen ein Platzgewicht von 200 kg ergibt, gegenüber beispielsweise 419 kg bei einem vierachsigen Durchgangs-Personenzugwagen 3. Klasse genietet Bauart. Da die beiden Laufdrehgestelle zusammen 8,00 t wiegen, ist der vollständige Kasten dieser Wagen nur 10,00 t schwer.

Die im Anschluß an mehrere verschiedenartige Versuchsausführungen im Jahre 1932 erstmalig nach einheitlichen äußeren Hauptabmessungen und Grundrissen entwickelten zweiachsigen dieselmechanischen und dieselektrischen Triebwagen, die man ebenfalls in den Übersichten des Org. Fortschr.

Eisenbahnwes. Heft 3, 1933, finden kann, wiegen 14,6 und 17,4 t, wobei die wagenbaulichen Anteile 10,56 und 10,3 t betragen.

Die Erstaussführung der für diese Triebwagen bestimmten zweiachsigen Beiwagen wog bei 44 Sitzplätzen mit einem Abort rund 9,00 t. Die weiteren beschafften derartigen Wagen erhielten wegen der Forderung eines größeren Fassungsvermögens um 1170 mm in den Vorräumen verlängerte Wagenkästen ohne Abort. Außer den Stehplätzen konnten infolge des Fortfalles des Abortes und der Anordnung je einer dreisitzigen Klappbank in dem Vorraum auch die Sitzplätze vermehrt werden, und zwar auf 53. Trotz der Kastenverlängerung kommt das Gewicht dieser endgültigen Bauart ebenfalls auf nur 9,00 t, nachdem die mit der ersten größeren Lieferung und den Änderungsentwürfen betraute Firma unter Bei-

behaltung der grundsätzlichen Leichtbauweise einige Bauteile weiter im Gewicht herabsetzen konnte.

Die bereits an früherer Stelle erwähnten neuentwickelten vierachsigen dieselektrischen Triebwagen (300 PS und zwei Bauarten 410 PS) befinden sich zum Teil noch im Bau. Die voraussichtlichen Gesamtgewichte dieser Wagen sind wiederum der genannten Veröffentlichung im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. Heft 3, 1933, zu entnehmen.

Zusammenfassend sei nochmals betont, daß die DRG. bei der beschriebenen Leichtbauweise einen wesentlichen Fortschritt im Bau von Verbrennungstriebwagen erzielt hat, welcher sich, besonders zu einer Zeit der wachsenden Bedeutung des Triebwagens, für die Wirtschaftlichkeit der Verwendung dieser Wagen in verstärktem Maße auswirkt.

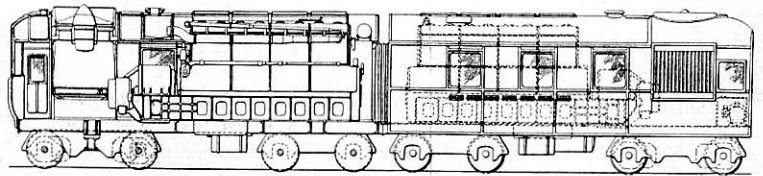
### Dieselektrische Triebwagenzüge der Großen Südbahn von Buenos Aires.

Die Große Südbahn von Buenos Aires hat schon im Jahr 1929 zwei Vorortzüge in Dienst gestellt, die aus je einem Dieselfahrzeug und fünf Triebwagen mit elektrischem Antrieb bestanden. Das Dieselfahrzeug trug eine Diesel-Kraftanlage mit einer Leistung von 1200 PS, die den Strom für die Triebwagen lieferte. Für den Spitzenverkehr konnten beide Züge zu einem Doppelzug zusammengestellt und gemeinsam gesteuert werden.

Die Erfahrungen, die mit diesen Zügen gesammelt werden konnten, haben nun zum Bau von weiteren drei derartigen Triebwagenzügen geführt, die aus je acht 24 m langen Triebwagen und einem Dieselfahrzeug mit 1700 PS Leistung bestehen. Auf die Möglichkeit, die Züge zu Doppelzügen zusammenzustellen, wurde dabei verzichtet.

Das Dieselfahrzeug, das in der Textabbildung dargestellt ist, ist 20 m lang und besteht aus zwei kurzgekuppelten und durch einen Faltenbalg verbundenen Hälften, deren jede auf zwei zweiachsigen Drehgestellen läuft und eine dieselektrische Kraftanlage von 850 PS trägt. Jede Hälfte hat einen Drehzapfenabstand von 6,1 m. Die äußeren Drehgestelle tragen zwei Motoren und haben 2,5 m, die inneren Drehgestelle haben 2,0 m Achsstand. Sämtliche Achsen laufen in Rollenlagern. Das Fahrzeug bleibt dauernd an dem einen Zugende mit dem Zug gekuppelt; es besitzt nur an seinem vorderen Ende einen Führerstand, ein zweiter ist am hinteren Ende des letzten Triebwagens vorgesehen. Sämtliche Fahrzeuge haben unter sich Mittelpufferkupplung, die Zugenden tragen die üblichen Zug- und Stoßvorrichtungen.

Die Dieselmotoren sind von Sulzer in Winterthur geliefert. Es sind kompressorlose Achtzylinder-Viertaktmaschinen, die mit 550 Umdr./Min. laufen. Jeder der beiden Gleichstromerzeuger ist unabhängig vom andern durch ein besonderes Übertragungskabel mit der Hälfte der Triebwagenmotoren so gekuppelt, daß die beiden Tatzylindermotoren jedes Wagens — jedes Drehgestell besitzt einen derartigen Motor — von verschiedenen Kraftanlagen gespeist werden. Der Zug kann daher mit dieser Anordnung die



Dieselfahrzeug für die Triebwagenzüge der Großen Südbahn von Buenos Aires.

sind und auch einen Sammler aufladen, der den Anfahrstrom abgibt.

Der Kastenaufbau des Dieselfahrzeugs besteht aus einem Eisengerippe mit einer Verkleidung aus aufgenieteten Aluminiumblechen.

Zugleich mit diesen Triebwagenzügen hat die Bahn auch eine dieselektrische Lokomotive beschafft, die in Anlehnung an das beschriebene Dieselfahrzeug entworfen wurde. Diese Lokomotive soll durch einfache Änderung der Zahnradübersetzung zwischen den Antriebsmotoren und den Achsen für Personenzüge und Güterzüge brauchbar sein.

Die 1700 PS-Dieselfahrzeuge sind anfangs Juni 1933 in Betrieb genommen worden. Die dieselektrische Lokomotive hat im Dienst eine Geschwindigkeit von 125 km/h erreicht.

(Engineering 1933, Nr. 3506.)

R. D.

### Untersuchungen über das Schlingern von Fahrzeugen.

Die französische Orléans-Bahn hat eingehende Versuche angestellt, um die Ursachen des Schlingerns der Fahrzeuge zu ermitteln.

Sie bedient sich hierzu zweier Bauarten von selbstschreibenden Schwingungsmessern, eines Apparats mit elektrischer und eines mit mechanischer Übertragung von den Meßstellen zur Schreibtrommel.

Der Apparat mit elektrischer Übertragung arbeitet nach dem elektrolytischen Prinzip ohne jede bewegten Teile an der Schreibvorrichtung: Auf einem mit Ferrocyannür getränkten Papierstreifen, der über die Schreibtrommel läuft, ruhen Stahlstifte, die durch Drahtleitungen mit den Kontakten an den Meßstellen verbunden sind. Durchläuft ein Strom diese Leitungen so wird an den Spitzen der Stahlstifte das Ferrocyannür in Preußischblau umgewandelt und ergibt blaue Striche oder Punkte auf der Schreibtrommel.

Der Apparat mit mechanischer Übertragung steuert die Schreibstifte auf der Trommel durch Bowdenzüge.

Mittels dieser Meßgeräte wurden nun die seitlichen und senkrechten Bewegungen der Achsen von Lokomotiven und Wagen während der Fahrt gemessen, und zwar die Bewegung der Achse im Achshalter sowie die Bewegung des Drehgestells zum Wagenkasten.

Ferner wurde, um periodische Schlingerbewegungen festzustellen, außen an der Schiene ein Lehmwulst angebracht, der etwas über den Schienenkopf hinausragte und von der Lauffläche der Räder plattgedrückt wurde, wobei sich die Außenkante der Räder abdrückte.

Beide Meßmethoden bestätigten, daß das Schlingern in periodischen Sinuskurven unabhängig von den Fahrzeugen und den Fahrgeschwindigkeiten und der Lastverteilung auftritt, daß nur die Stärke der Schwingungen von diesen Faktoren abhängt. Die Ursache für das Schlingern wurde in der konischen Gestaltung der Laufflächen der Räder gefunden. Verstärkt wird das Schlingern durch Unebenheiten in einem Schienenstrang (durch lockere Schwellen), dagegen wurde festgestellt, daß beim Befahren von

Schienenstößen die Schlingerbewegungen an den Stößen geringer wurden, was der veränderten Belastung der einzelnen Achsen zugeschrieben wurde.

Das Meßgerät wurde in der Folge zur Überprüfung des Unterhaltungszustandes der einzelnen Strecken benützt. Es ist

mit einer Vorrichtung versehen die bei Fehlern in der Höhenlage von über 4 mm weiße Farbe auf den Bahnkörper ausspritzt und so dem Bahnmeister die Stellen anzeigt, die einer Besserung bedürfen. Mf.

(Rev. gén. Chem. de Fer., Januar 1933.)

## Bücherschau.

**Deutscher Reichsbahn-Kalender 1934**, herausgegeben vom Pressedienst der Deutschen Reichsbahn, Konkordia-Verlag Leipzig, Preis 3,20 *R.M.*, Eisenbahnervorzugspreis 2,20 *R.M.*

Der „Reichsbahn-Kalender“, der nun schon auf eine Reihe von Jahren seines Bestehens zurückblicken kann und in jedem Jahrgange unter einem besonderen Stichwort erscheint, steht in diesem Jahre, in der Zeit des Aufbruches des Deutschen Volkes in allen seinen Gliedern, unter dem Leitwort „Die Eisenbahner und ihre Reichsbahn“ und gibt der Öffentlichkeit in Bild und Wort einen interessanten Einblick in die Tätigkeit und den Dienst des vielgestaltigen Personalkörpers der Reichsbahn, des größten Unternehmens der Welt. — Außer diesem Gebiet wird natürlich wie alljährlich die Werbung nicht außer acht gelassen als „Kundendienst“, und auf vielen Blättern sind die beliebten Fahrten ins Blaue, die Sportzüge und Reisen durch das deutsche Vaterland behandelt und bieten so Anregung und Förderung für den Gedanken, daß der Deutsche sein deutsches Vaterland und seine Volksgenossen kennenlernen soll. Die technischen Neuerungen der jüngsten Zeit wie der fliegende Hamburger, die neuesten Brücken- und Tunnelbauten durften natürlich nicht fehlen und zeugen von dem fortschrittlichen Geist, der die Deutsche Reichsbahn beseelt.

**Eisenbahnbetriebslehre.** Ein Handbuch für Studierende und Lehrer des Eisenbahnwesens von Dr. Ing. Heinrich †, Präsident der Reichsbahndirektion Hannover. Auftragsgemäß abgeschlossen von A. Borchardt, Reichsbahnamtmann. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn, Berlin W 9, Voßstraße 6. Berlin 1933. 850 Seiten mit 7 Anlagen, 4. erweiterte Auflage, Format DIN A 5. Ganzleinen 11,50 *R.M.* (Reichsbahnangehörige erhalten Vorzugspreis).

Die Vorarbeiten für die Neuauflage dieses von allen Betriebsbeamten lang entbehrten Handbuches sind von dem allzu früh verstorbenen Präsidenten Heinrich soweit gefördert worden, daß sein langjähriger Mitarbeiter, Reichsbahnamtmann Borchardt, das Buch nach den gegebenen Richtlinien abschließen und die Herausgabe nunmehr nach Vorliegen der neuen Fahrdienstvorschriften und der Änderung der Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung besorgen konnte.

Die altbewährte Gliederung und Einteilung ist beibehalten. Sämtliche neuen Fahrdienstvorschriften, auch diejenigen, die nicht in Dienstanweisungen enthalten sind, sind in die Neuausgabe eingearbeitet, deren Umfang um über  $\frac{1}{3}$  erweitert ist. In 21 Abschnitten werden nach einer Einleitung, in der Inhalt, Grenzen und Ziele der Eisenbahnbetriebswissenschaft festgelegt werden, Fahrdienst, Betriebsschwierigkeiten und Betriebsleitung in der dem großen Betriebsfachmanne Heinrich eigenen klaren Darstellung behandelt. Der auf Zeitschriftenaufsätze ausgedehnte, ausführliche Schrifttumsnachweis ist auf den heutigen Stand ergänzt. Das allein über 50 Seiten starke Sachverzeichnis ermöglicht das Auffinden aller gesuchten Fragen.

**Behälterverkehr.** Veröffentlichung Nr. 77 des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit, bearbeitet von Ing. Fritz Brauner, 220 Seiten mit vielen Abbildungen. (Verlag Otto Elsner, Verlagsgesellschaft m. b. H., Berlin.)

Mit dieser Veröffentlichung will das Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit die Voraussetzungen für eine betriebswirtschaftliche (kostenmäßige) Überprüfung der Möglichkeiten des Behälterverkehrs schaffen, um die Frage des Behälterverkehrs in dem großen Problem der wirtschaftlichen Zusammenarbeit sämtlicher Verkehrsmittel beurteilen zu können. Entsprechend

dieser Zielsetzung ist das Hauptgewicht auf die Ermittlung der Kosten und die Feststellung der Ersparnisse durch den Behälterverkehr gelegt. Die allgemein interessierenden Fragen des Behälterverkehrs sind jedoch, gewissermaßen als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsberechnung, ebenfalls behandelt. So sind in einem Abschnitt die Arten und Formen der allgemeinen Transportbehälter, nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet, aufgeführt. Die für den Behälterverkehr in Betracht kommenden Behälter sind besonders herausgehoben und die von ihnen zu fordernden Eigenschaften angeführt. Desgleichen werden allgemeine Fragen, wie Freiheitsgrade der Behälter, Behälterverkehrssysteme, schienenunabhängiger Verkehr und Behälterverkehr über den Bahnweg erörtert. Für die Konstruktion der Behälter sind Richtlinien herausgearbeitet, um die Behälter den verschiedenen Anforderungen anzupassen. Ferner sind grundlegende Gesichtspunkte für die Normung aufgeführt.

Besonders eingehend ist die Frage „Ist der Behälterverkehr wirtschaftlich?“ und die Einzelfragen „Wann, in welchen Fällen oder welchen Grenzen ist der Behälterverkehr wirtschaftlich?“ behandelt. Es ist gezeigt, mit welchen Kosten beim Behälterverkehr zu rechnen ist und durch welche Größen diese Kosten beeinflusst werden. Wenn dabei auch nur mit rohen Durchschnittswerten gerechnet ist, so können die Ermittlungen doch bei der Bearbeitung von praktischen Fällen wertvolle Dienste tun. Im einzelnen werden zunächst die bei Einführung des Behälterverkehrs neu auftretenden Kosten betrachtet; dann werden die Rohersparnisse, die bei Einführung des Behälterverkehrs gegenüber der jetzigen Transportweise entstehen, ermittelt. Die verschiedenen Aufwendungen werden den Rohersparnissen gegenübergestellt und damit die Reinersparnis berechnet. Eine große Anzahl bildlicher Darstellungen veranschaulicht die erzielbaren Reinersparnisse.

An die Wirtschaftlichkeitsrechnungen schließen sich Betrachtungen über die Organisation des Behälterverkehrs und über die Beförderungsbedingungen und -gebühren an. In der abschließenden Zusammenfassung kommt der Verfasser zu dem Ergebnis, daß der Behälterverkehr bei zweckmäßiger Ausbildung und Organisation den weitesten Wirtschaftskreisen erheblichen Nutzen bringen könnte. Es ließe sich innerhalb von zehn Jahren ein Behälterverkehr von rund 150 Millionen Tonnen entwickeln, durch den bedeutende Einsparungen in den Anschlußkosten, die heute noch das Dreifache der eigentlichen Bahnselbstkosten betragen, und in den Rangierkosten gemacht werden könnten.

Ein Anhang gibt eine Übersicht über ausländische Systeme, über die bisherigen Einführungen und Versuche in Deutschland und über Vorschläge für künftige Einführungen. Hier ist auch das vom Verfasser selbst entwickelte Querrollbehältersystem angeführt. Ein Verzeichnis des vorhandenen Schrifttums vervollständigt das Werk. Bei Behandlung aller Fragen des Behälterverkehrs ist das Werk ein ausgezeichnetes Hilfsmittel. Le.

**Demag Aktiengesellschaft, Duisburg.** Demag-Erzeugnisse.

Das Buch ist eine Werbeschrift der Firma, stellt aber gleichzeitig eine Übersicht über den gegenwärtigen hohen Stand der Technik auf den von den der Firma bearbeiteten Gebieten dar, so daß ein Hinweis auf das Buch wohl am Platze ist. Neben den für die Schlüsselindustrie: die Hütten und Walzwerke gelieferten, in zahlreichen Abbildungen dargestellten Maschinen und Bauten interessieren den Eisenbahntechniker vor allem die Leistungen auf dem Gebiet des Kranbaues, Brückenbaues und der Maschinen für die Bauindustrie. Die Schrift bringt gleichzeitig einen kurzen Überblick über das Entstehen und die Entwicklung des großen Unternehmens.