

Die Triebwagen auf der Seddiner Ausstellung.

Von Dipl. Ing. Winfried Draeger, Regierungsbaurat. a. D.

Der Überlandverkehr mit Kraftwagen hat in den letzten Jahren ganz bedeutend zugenommen und ist in starken Wettbewerb zu den Eisenbahnen, insbesondere den Kleinbahnen getreten. Die Vorteile, fast von der Haustür abfahren zu können, häufige Wagenfolge, tragbare Fahrpreise, veranlassen einen großen Teil der Reisenden, die Eisenbahnfahrt zu meiden.

Die Bahngesellschaften sind daher bemüht, sich den Forderungen des Verkehrs anzupassen, ohne dabei unwirtschaftlich arbeiten zu müssen. Für den Betrieb in verkehrsschwachen Zeiten ist ein Dampfzug ungeeignet, da die Einheit viel zu groß ist, um stets gut ausgenutzt werden zu können. Hier ist der Triebwagen, der Zugmaschine und Wagen miteinander vereinigt, das gegebene Fahrzeug.

Das Bestreben, kleine und billig zu betreibende Fahrzeuge für kurze Strecken mit schwachem Verkehr zu schaffen, ist schon sehr alt. Die Schwierigkeiten früherer Zeiten lagen hauptsächlich in den unzulänglichen Antriebsmitteln, die zur Verfügung standen. Die Anwendung des erprobten Dampftriebs führte wegen der umständlichen Bedienung zu keinem befriedigenden Ergebnis. Die später gebauten Benzol- und Diesel-elektrischen Triebwagen scheiterten an dem noch unentwickelten Motorenbau und der schweren umständlichen elektrischen Zwischenübertragung, die man wählen mußte, weil es brauchbare Zahnradgetriebe für diese Zwecke noch nicht gab.

Nur die Akkumulatorentriebwagen haben den an sie gestellten Anforderungen entsprochen und stellen noch heute ein wichtiges Betriebsmittel der Eisenbahn dar. Immerhin besitzen sie den Nachteil großen Gewichtes und der Abhängigkeit von der Ladestation. Diese Nachteile sind allerdings jetzt teilweise durch Ausbildung neuer Batterien mit erheblich größerer Kapazität und geringerem Gewicht behoben worden.

In neuem Gewande wiedererstandene ist der Verbrennungstriebwagen, dem jetzt ohne Frage eine aussichtsreiche Entwicklung bevorsteht. Er wird als Benzol-, Diesel- oder Sauggas-triebwagen gebaut. Die früher verwendete elektrische Zwischenübertragung ist durch das leichtere und einfache Zahnradgetriebe ersetzt worden. Die jetzigen guten Ergebnisse des Verbrennungstriebwagens waren nur möglich, weil der Motoren- und Getriebebau seit den ersten benzolelektrischen Triebwagen ganz erhebliche Fortschritte gemacht hat, so daß man heute jeden Verbrennungsmotor und sein Getriebe als betriebssicher ansehen kann.

Die Eisenbahntechnische Ausstellung in Seddin bot ein sehr gutes Bild des augenblicklichen Standes der Triebwagentechnik. Es sollen daher im folgenden die dort ausgestellten Triebwagen für Vollbahnbetrieb behandelt werden. Die Straßenbahntriebwagen sind, ihrer Eigenschaft als verkleinerte Vollbahnfahrzeuge entsprechend, unberücksichtigt geblieben.

Bevor auf die einzelnen Fahrzeuge eingegangen wird, soll die **Wirtschaftlichkeit des Triebwagens** allgemein beleuchtet werden.

Trotz aller technischen und betrieblichen Vorzüge können die Triebwagen nur dann auf größere Verbreitung rechnen, wenn der Betrieb sich gegenüber dem Dampftrieb auch wirtschaftlich günstiger gestaltet. Es sollen daher die Betriebskosten für einen Dampfzug und dem gegenüber für einen Akkumulatorentriebwagen und einen Triebwagen mit Benzol-, Diesel- und Sauggasmotorbetrieb festgestellt werden.

Für Betriebsstoffe, Löhne usw. sind die Beträge eingesetzt, die etwa im März 1924 gültig waren:

Kohle	35	M/t
Benzol	45	M/100 kg
Schweröl	10	M/100 kg
Elektr. Strom	0,10	M/kWh.

Zugrunde gelegt wird eine jährliche Durchschnittsleistung von 50 000 km für einen Dampfzug, bestehend aus drei dreiaxigen Wagen mit einer Lokomotive im Gewicht von 116,25 t und mit 160 Sitz- und Stehplätzen.

Es ergeben sich dann folgende Unkosten in Pf./Zugkm:	
Betriebsstoffe (Kohle, Wasser, Öl usw.)	38,6 Pf./Zugkm
Beleuchtung und Heizung	0,6 »
Unterhaltung	13,5 »
Reinigung und Betriebsbehandlung	1,2 »
Abschreibung	2,2 »
Verzinsung 5%	5,2 »
Personal	12,0 »

Kosten für 1 Zugkm	73,300 Pf.
» » 1 Platzkm	0,458 »

Wird dieselbe Strecke von einem Akkumulatorentriebwagen zurückgelegt, der 90,35 t wiegt und 168 Plätze enthält, so zeigt sich folgendes Bild:

Betriebsstoff (Elektr. Strom)	18,4 Pf./Zugkm
Beleuchtung und Heizung	5,6 »
Unterhaltung	19,3 »
Reinigung und Betriebsbehandlung	0,5 »
Abschreibung	4,5 »
Verzinsung 5%	9,3 »
Personal	6,8 »

Kosten für 1 Zugkm	64,400 Pf.
» » 1 Platzkm	0,383 »

Für einen Triebwagen mit Verbrennungsmotor ergeben sich bei Betrieb mit a) Benzol-, b) Schweröl-, c) Sauggas folgende Werte. Angenommen ist ein Triebwagen mit zwei Anhängern für 175 Sitz- und Stehplätze bei einem Gewicht von 49,83 t und einer Motorleistung von etwa 160 PS.

	a	b	c
Betriebsstoff	27,2 Pf./Zugkm	9,6 Pf./Zugkm	5,3 Pf./Zugkm
Beleuchtung u. Heizung	3,7 "	3,7 "	3,7 "
Unterhaltung	4,2 "	4,1 "	6,3 "
Reinigung u. Betriebsrep.	0,6 "	0,6 "	0,9 "
Abschreibung	6,0 "	6,0 "	8,1 "
Verzinsung 5%	8,9 "	8,9 "	9,6 "
Personal	6,8 "	6,8 "	6,8 "
Kosten je Zugkm	57,400 Pf.	39,700 Pf.	40,70 Pf.
„ „ Platzkm	0,328 Pf.	0,228 Pf.	0,23 Pf.

Bei dieser Aufstellung ist vorgesehen, daß die Abschreibung des Wagens in 25 Jahren, die des Motors bei a) und b) in 10 Jahren, bei c) in 7 Jahren erfolgt.

Eine Zusammenstellung ergibt folgendes Bild:

	Pf./Zugkm	
Dampfzug	73,30	0,46
Akkumulatorentriebwagen	64,40	0,38
Triebwagen mit Verbrennungsmotor		
a) mit Benzolmotor	57,40	0,33
b) mit Schwerölmotor	39,70	0,22
c) mit Sauggasmotor	40,70	0,23

Wenn vorstehende Zahlen auch nicht absolut gültig sind, weil die einzelnen Faktoren dauernd Änderungen erfahren, so bieten sie doch eine gute Vergleichsmöglichkeit über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Antriebsarten. Am günstigsten ist der Betrieb mit Sauggas und Schweröl. Das Ergebnis verschiebt sich noch mehr zu Gunsten des Sauggasbetriebs, wenn bei größerer kilometrischer Leistung die höheren Beschaffungskosten immer mehr gegenüber den niedrigen Brennstoffkosten zurücktreten.

Für die Beurteilung der wirtschaftlichen Vorzüge der Verbrennungstriebwagen ist die rein zahlenmäßige Berechnung nicht erschöpfend genug. Ebenso hoch wie die bestimmbar Gewinne sind die nicht durch Zahlen erfassbaren Vorteile gegenüber dem Dampfbetrieb zu werten. Hierzu gehört vor allem die ständige Betriebsbereitschaft, die Unabhängigkeit von Lade- und Wasserstationen, die einfache Bedienung und das geringe Gewicht.

Die etwas mehr Kenntnisse erfordernde Unterhaltung tritt dagegen nicht so in Erscheinung. Auch die Steigerung der Einnahme, die durch Verbesserung des Fahrplans eintritt, wenn in verkehrsschwachen Zeiten leichte Verbrennungstriebwagen verwendet werden, läßt sich nicht vorher zahlenmäßig erfassen. Der leichte Triebwagen ist daher das beste Mittel, um der Konkurrenz des Straßenkraftwagens zu begegnen.

Welche Bauart des Verbrennungstriebwagens für einen bestimmten Verkehr am günstigsten ist, kann immer nur von Fall zu Fall entschieden werden. Ohne Frage steht der Sauggaswagen sehr günstig da, da er mit billigen Brennstoffen, wie Braunkohle, Torf, Koks, Anthrazit, Holzkohle betrieben werden kann, also mit Material, das im Inland gewonnen wird und überall erhältlich ist. Es darf dabei jedoch nicht außer acht gelassen werden, daß die gute Reinigung des Gases von Staub eine Lebensfrage des Sauggasbetriebs ist. Nach den bisherigen Versuchen zu urteilen, scheint auch diese Frage gelöst zu sein, doch sind erst noch weitere Erfahrungen abzuwarten, bevor ein endgültiges Urteil gefällt werden kann.

Die Motoren selbst sind auf Grund der großen Erfahrungen des Kraftwagenbaues ausgebildet und können daher als voll betriebssicher angesehen werden. Verhältnismäßig neu sind die leichten Schwerölmotoren, die jedoch nur von Firmen, die über genügende Erfahrungen auf diesem Gebiete verfügen, hergestellt werden sollten, denn Fehlschläge können der ganzen Sache sehr erheblichen Schaden zufügen. Erwünscht wäre die weitere Entwicklung der Motoren in der Richtung, daß auch hier Schnellläufer mit Drehzahlen zwischen 2000 und 3000 verwendet werden, da sich dadurch noch bedeutende Gewichtersparnisse erreichen lassen.

Der schnelllaufende Verbrennungsmotor führt von selbst auf die zur Zeit wichtigste, und man kann wohl sagen, noch am wenigsten geklärte Frage des Triebwagenbaues: die Getriebe. Hier handelt es sich um ein Maschinenelement, das sich nicht so ohne weiteres vom Kraftwagenbau übernehmen läßt. Der Triebwagen mit seinem fast zehnmal größeren Gewicht beansprucht die ganze Übertragung ganz anders wie ein Kraftwagen. Die Getriebefrage ist es auch gewesen, die der Entwicklung der Lokomotive mit Verbrennungsmotoren bisher hindernd entgegenstand.

Wegen der günstigeren Verhältnisse bei dem Triebwagen gegenüber der Lokomotive hat man bisher von Versuchen mit Flüssigkeits- und Gasgetrieben Abstand genommen und das bewährte Zahnradgetriebe den Verhältnissen entsprechend umgebildet. Nach den bisherigen Ausführungen zu urteilen, scheint jedoch für reine Zahnradgetriebe die Leistungsgrenze bei etwa 200—250 PS erreicht zu sein. Diese Leistung dürfte jedoch ausreichen, um in Doppelanordnung auch den schwersten Triebwagen mit Anhängern zu befördern. Wird die Bewältigung

noch größerer Schlepplasten verlangt, so wird aus dem Triebwagen eine Lokomotive, für die ganz andere Bedingungen gelten.

Ein weiterer, sehr wichtiger Punkt, der für die Lebensfähigkeit der Verbrennungstriebwagen von großer Bedeutung ist, ist ihre Bedienung und Unterhaltung. Da der leichte Verbrennungstriebwagen nur dann richtig ausgenutzt werden kann, wenn er von größeren Werkstätten möglichst unabhängig bleibt, ist bei Beschaffung der Fahrzeuge großer Wert auf leichte Zugänglichkeit und Austauschbarkeit aller der Abnutzung unterworfenen Antriebsgruppen zu legen. Am günstigsten wird der Betrieb dann arbeiten, wenn für eine Anzahl Verbrennungstriebwagen eine Ersatzmaschinenanlage beschafft wird und die Wagen selbst so gebaut sind, daß der Austausch im Triebwagenschuppen von wenigen Leuten ohne große Krananlagen vorgenommen werden kann. Die ausgebaute Anlage wird dann der nächsten Werkstatt zur Untersuchung zugesandt, während der Wagen selbst weiter im Betrieb bleiben kann. Soll die Maschinenanlage eines Verbrennungstriebwagens ausreichende Lebensdauer haben, so ist eine häufige gründliche Untersuchung unbedingt notwendig.

Man hat es beim Kraftwagen stets als selbstverständlich angesehen, daß zu seiner Bedienung hochwertiges Personal und außerdem gute Unterhaltung erforderlich ist. Abweichungen von dieser Forderung führen stets zu Fehlschlägen. Für die Verbrennungstriebwagen dagegen, die auf Eisenbahnstrecken laufen, hat man sich sonderbarer Weise diesem Gedankengang noch nicht anzuschließen vermocht, trotzdem diese Triebwagen die gleichen Elemente wie die Kraftwagen enthalten. Die Bedienung und Unterhaltung eines Verbrennungstriebwagens kann nie die gleiche sein, wie die einer Dampflokomotive. Der beste Triebwagen kann nur dann wirtschaftliche Ergebnisse liefern, wenn seine Eigenart als Fahrzeug mit hochwertigen Maschinen anerkannt und auf die Besonderheiten seiner Bedienung und Unterhaltung bei Auswahl des Personals der entsprechende Wert gelegt wird.

Durch die Vorzüge der Verbrennungstriebwagen sind die alten und bewährten Akkumulatorenbetriebswagen etwas in den Hintergrund gedrängt worden, da ihre Wirtschaftlichkeit sehr von den stark unterschiedlichen Strompreisen beeinflusst wird. Wie aber der auf der Ausstellung gezeigte ältere Akkumulatorenbetriebswagen mit einer neuen Batterie der Akkumulatorenfabrik A.-G. zeigte, sind auch auf diesem Gebiet noch weitere Verbesserungen im Gange, die bei günstigen Strompreisen, vor allem dort, wo es sich um Nachtstrom aus Wasserkraftanlagen handelt, die Wirtschaftlichkeit des Akkumulatorenbetriebwagens wieder heben können. Die Akkumulatorenfabrik A.-G. hat neuerdings eine Batterie herausgebracht, die bei gleichen Unterhaltungskosten und einem Mindergewicht von etwa 2000 kg dem Wagen einen Fahrbereich von etwa 400 km erteilt. Wird weiterhin auch das Wagengewicht durch eiserne Bauart noch mehr verringert, so ergibt sich ein Fahrzeug, das über weite Strecken verkehren kann und nur nachts geladen zu werden braucht. Sind seine Anschaffungskosten auch höher, so ist es doch unbedingt betriebssicher und einfach zu bedienen. Es wird daher stets von Fall zu Fall zu prüfen sein, ob nicht infolge billigen Nachtstroms aus Wasserkraften die Beschaffung eines Akkumulatorenbetriebwagens einem Benzoltriebswagen vorzuziehen ist. Die Gleichrichteranlagen sind heute auch so gut durchgebildet, daß fast keine Bedienung während des Ladens erforderlich ist.

Es wird sich auch in diesem Falle zeigen, daß Akkumulatoren- und Verbrennungstriebwagen gut nebeneinander bestehen können, da jede Fahrzeuggattung ihre ganz bestimmten Verwendungsgebiete hat, auf denen sie am wirtschaftlichsten arbeitet.

Im folgenden sind nunmehr die Hauptdaten der ausgestellten Triebwagen zusammengestellt, die dann einzeln kurz behandelt werden sollen.

Übersicht über die Hauptmerkmale der in Seddin ausgestellten Eisenbahntriebwagen.

Lfd. Nr.	Firma	Art des Wagens, Zahl der Anhänger	Gewicht des Triebwagens und der Anhänger	Zahl der Sitz- und Stehplätze	Angetriebene Achsen	Art des Getriebes	Art der Schaltung des Getriebes	Motorenleistung	Größte Geschwindigkeit	Brennstoffverbrauch bei Höchstgeschwindigkeit	Radstand des Wagens bzw. der Drehgestelle, Abstand der Drehzapfen	Länge über Puffer	Spurweite	Raddurchmesser
									km/Std.		mm			
1	Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft Berlin, zus.	4 achsig 2 Drehgestelle 1 Anhänger	36 t + 15 t	68 + 20	2	Zahnradgetriebe	durch Prefs-luft 4 Gänge	2 × 75 PS 6 Zyl. Vergaser	75	0,6 l/km Benzol	2000 11500	17570	1435	940
2	mit der Neuen Automobil Gesellschaft Berlin	2 achsig 1 Anhänger	20 t + 15 t	50 + 15	1	Zahnradgetriebe	durch Prefs-luft 4 Gänge	75 PS 6 Zyl. Vergaser	40	425 g/km Benzol	6000	13560	1435	800
3	Waggonfabrik Wismar zus. mit Motorenfabrik Friedrichshafen	4 achsig 2 Drehgestelle 2 Anhänger	40 t + 30 t	58 + 30	2	Zahnradgetriebe	durch Prefs-luft 4 Gänge	150 PS 6 Zyl. Dieselmotoren	60	185 g/PS·Std. Rohöl	3760 11440	19360	1435	1000
4	Deutsche Werke, Werft Kiel	4 achsig 2 Drehgestelle	22 t	49, Stehplätze reichlich	2	Zahnradgetriebe	mechanisch 4 Gänge	100 PS 6 Zyl. Vergaser	45	etwa 300 bis 350 g/km Benzol	1550 8550	13250	1435	750
5	Hannoversche Waggonfabrik	4 achsig 2 Drehgestelle	etwa 20 t	etwa 42. I. II. Kl.	2	Zahnradgetriebe	durch Prefs-luft 4 Gänge	2 × 75 PS 4 Zyl. Vergaser	60	etwa 300 bis 400 g/km Benzol	1450 etwa 10000	etwa 14500	1067	800
6	Gothaer Waggonfabrik	2 achsig	—	47 + 13	1	Zahnradgetriebe	durch Prefs-luft 4 Gänge	80 PS 6 Zyl. Vergaser	45	—	6000	12000	1435	1000
7	Waggonfabrik Werdau Sa.	2 achsig	—	36 + 32	1	Zahnradgetriebe	durch Prefs-luft 4 Gänge	etwa 60 PS Vergaser	40	—	—	—	1435	1000
8	Düsseldorfer Eisenbahnbedarf Carl Weyer & Co.	4 achsig 2 Drehgestelle	12,5 t	38 + 27	4	Hydraulisches Getriebe	—	4 Zyl. 2 × 30 PS Vergaser	50	—	2000 7500	13500	1435	—

Beschreibung der Einzelbauarten.

Triebwagen der Allgemeinen Elektrizitäts-gesellschaft Berlin.

Ausgestellt waren ein vierachsiger Triebwagen, der bereits bei der holländischen Staatsbahn in Betrieb war und ein zweiachsiger Wagen, der für die Schleswiger Kreisbahnen bestimmt ist. Beide Wagen führten während der Ausstellungszeit auf der Strecke Wann-Seddin planmäßige Fahrten aus, so daß auch die Möglichkeit bestand, die Wagen im Betrieb zu beobachten.

1. Vierachsiger Triebwagen der A. E. G.

Der vierachsige Wagen der holländischen Staatsbahn (Abb. 1) besitzt einen Rahmen aus Walzeisen, auf den der hölzerne Wagenkasten aufgesetzt ist. Der gesamte wagenbauliche Teil ist von der Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G., Werk Köln, ausgeführt worden. Der Innenraum des Wagens ist mit Querbänken ausgerüstet, die durch einen Mittelgang unterteilt sind. Eine Wand teilt den Raum in zwei Hälften. Die Lüftung erfolgt durch die umklappbaren Oberteile der Seitenfenster, die im übrigen fest sind.

In Anlehnung an die Straßenbahnwagen hat man bei vielen Triebwagen die Seitenfenster fest angeordnet, was für den Verkehr auf Vollbahnstrecken nicht zweckmäßig erscheint. Es dürfte sich auch empfehlen, besonders bei schnellfahrenden Wagen zur Vermeidung von Zugerscheinungen die Seitenklappen durch Deckenlüfter zu ersetzen.

An jedem Ende des Wagens ist ein geräumiger Vorraum angeordnet, der von außen durch zwei Türen zugänglich ist, die auch für das Einsteigen der Fahrgäste dienen. Gegen den inneren Teil ist der Vorraum durch eine Wand mit Mitteltür abgeschlossen. Die an den beiden Wagenenden eingebauten Motoren ragen mit ihren Hauben in das Fahrzeug hinein. Es ergibt sich dadurch von selbst eine Längsteilung des Vorräumens, die noch durch Anordnung einer kurzen Wand besonders betont wird. Der so auf der rechten Seite gebildete Raum ist für den Führer bestimmt und enthält alle zur Bedienung des Wagens notwendigen Handgriffe, wie Schalt-, Regulier-, Brems- und Signaleinrichtungen. Er ist gegen den übrigen Teil durch eine Tür abschließbar. Die linke Seite steht dem Zugbegleiter zur Verfügung, der durch ein Stirnfenster ebenfalls die Strecke

übersehen kann. Der jeweils rückwärts anschließende Vorraum kann nach Abschluss des Führerstandes zur Abstellung von Traglasten oder für Gepäck verwendet werden.

Der Bedienungsstand des Führers enthält als Hauptteile den Gashebel, durch den mittelst Preßluft die Motoren gedrosselt werden, und den Getriebe-Umschalthebel mit vier Schaltstufen. Durch Preßluft werden durch ihn bei den entsprechenden Stellungen die Kupplungen des Wechselgetriebes betätigt. Ein weiterer Hebel schaltet den Fahrtwender für Vor- und Rückwärtsfahrt um. Druckluftbremse, Motoranlaßvorrichtung, Handbremse, Manometer, Lichtschalter vervollständigen die Einrichtung. Der Gashebel besitzt eine sogenannte »Totermann«-

wie schon vorher erwähnt, unter den beiden Führerständen eingebaut sind.

Es handelt sich um vergrößerte Kraftwagenmotoren normaler Bauart mit von oben gesteuerten Ventilen, Bosch-Zündung, Lichtdynamo und Anlaßmotor. An der Stirnseite der Wagen vor den Motoren sind die Wabekühler eingebaut. Bei Vorwärtsfahrt tritt die Luft durch den Kühler, streicht über den Motor hinweg und entweicht nach unten. Ein besonderer Luftschacht dient zur weiteren Kühlung des Motors. Bei Rückwärtsfahrt wird die Luft umgekehrt geführt. Die Kühlwirkung der Luft wird unterstützt durch einen Ventilator und eine Umlaufpumpe. Als Ölbehälter dient das Gehäuseunterteil

Abb. 1. Zweiwagenzug der Holländischen Staatsbahn.

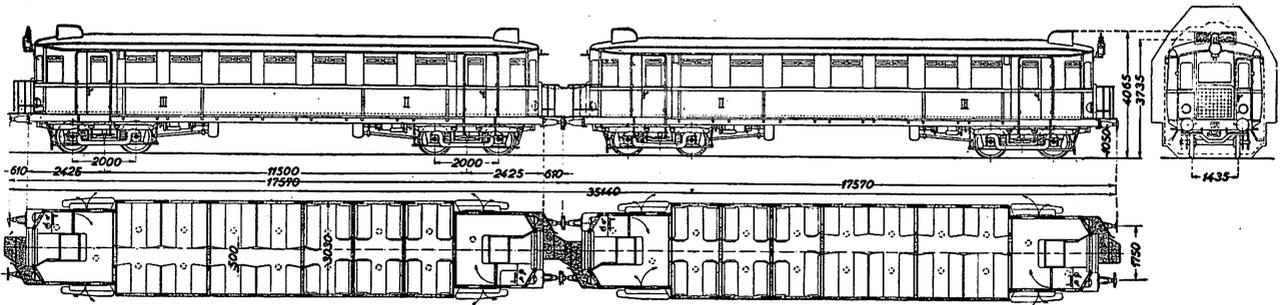
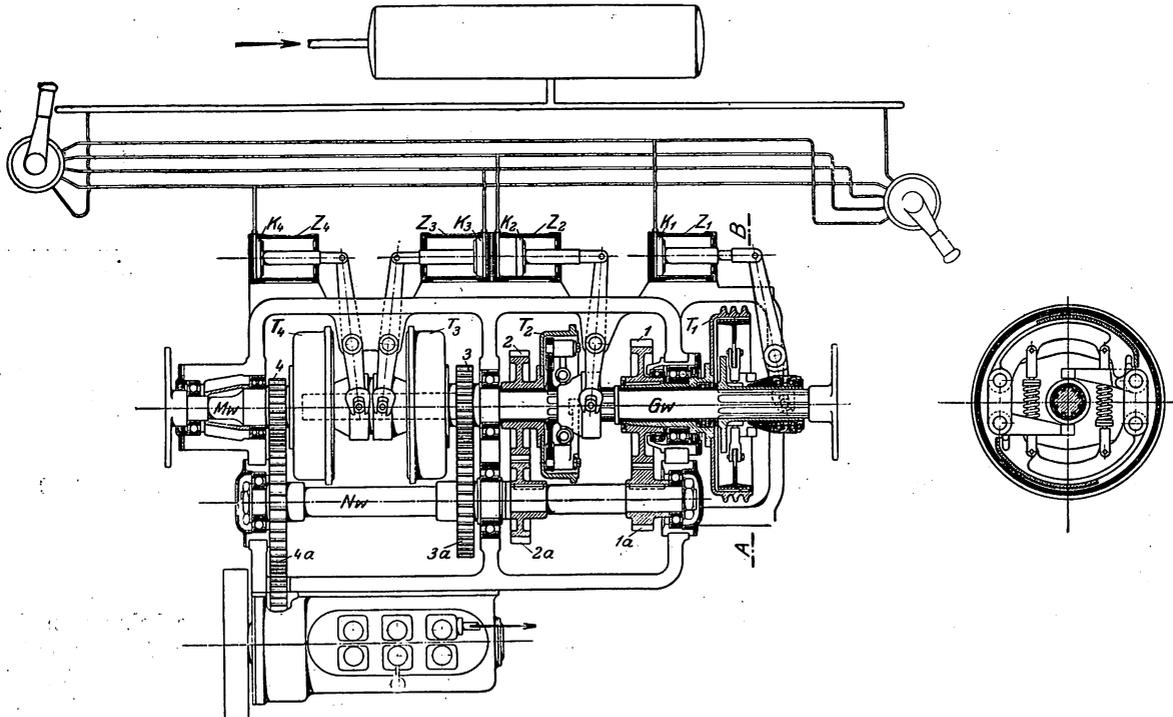


Abb. 2. Geschwindigkeitswechselgetriebe der A. E. G.



Kurbel, die bei plötzlichem Unwohlsein des Fahrers durch eine Feder in die Nulllage gezogen wird, die Motoren drosselt und die Druckluftbremse in Tätigkeit setzt. Da alle Steuerbewegungen durch Preßluft übertragen werden, ist eine Bedienung mehrerer Wagen von einem Führerstand aus ohne weiteres möglich. Der Wagen besitzt daher an den Stirnseiten außer der Haupt- und Bremsluftleitung noch sieben weitere Schlauchkupplungen. Sehr wichtig ist natürlich bei Vielfachschaltung tadellose Dichtigkeit der Verbindungen, da bei starken Luftverlusten das richtige Zusammenarbeiten der Schaltungen in Frage gestellt ist. Die Drehgestelle von 2000 mm Radstand sind amerikanischer Bauart mit abgefederter Wiege

Die Maschinenanlage besteht aus zwei sechszyindrigen Vergasermotoren von je 75 PS bei 950 Umdr./Min., die von der Nationalen Automobilgesellschaft Berlin hergestellt und,

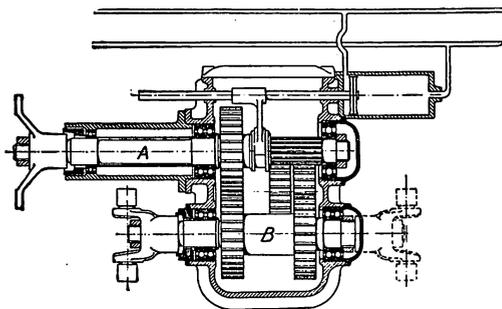
des Motors, der Brennstoffbehälter liegt unter dem Wagen und ist leicht zugänglich.

Der Motor treibt durch Längswelle und elastische Kupplung das nach der Mitte des Wagens zu liegende Geschwindigkeitswechselgetriebe an (Abb. 2). Dieses Getriebe ist von der A. E. G. in langjähriger Arbeit durchgebildet worden in der richtigen Erkenntnis, daß ohne ein brauchbares Getriebe eine Entwicklung des Verbrennungstriebwagens nicht möglich ist. Das Wechselgetriebe der Kraftwagen hat verschiebbare Zahnräder, die zur Erzeugung verschiedener Geschwindigkeiten miteinander in Eingriff gebracht werden. Eine Hauptkupplung vermittelt den Übergang von einer Stufe zur anderen. Diese Bauart wurde von der A. E. G. für den schweren Triebwagen nicht ohne weiteres für verwendbar gehalten. Sie läßt daher die Zahnräder dauernd im Eingriff, so daß Beschädigungen und Brüche

der Räder, wie sie beim Kraftwagengetriebe bei falscher Handhabung leicht möglich sind, vermieden werden. Die Räder drehen sich lose auf den Getriebewellen und werden erst durch Reibungskupplungen mit diesen verbunden. Es sind also stets soviel Kupplungen wie Geschwindigkeitsstufen, vorhanden. Zu jeder Kupplung gehört wieder ein Prefsluftzylinder, der vom Fahrshalter aus gesteuert wird. Die Kupplungen sind so kräftig bemessen, daß ein Gleiten auch bei starker Beanspruchung nicht eintritt. Die Abnutzung ist gering, da nur geringe Reibungsarbeit zu leisten ist. Der Übergang von der einen zur anderen Geschwindigkeit spielt sich in der Weise ab, daß bei dem Weiterbewegen des Schalthebels der eine Luftzylinder entlüftet und dadurch das bisher treibende Zahnrad entkuppelt wird. Erst nachdem dies geschehen ist, erhält der nächste Zylinder Druck und kuppelt die neue Übersetzung ein. Gleichzeitiges Zusammenarbeiten zweier Übersetzungen und Beschädigung des Getriebes dadurch ist also nicht möglich.

Das ganze Getriebe macht in seiner kräftigen, zweckentsprechenden Bauart einen guten Eindruck. An das Getriebe angebaut ist der dreistufige Luftverdichter, der die für die

Abb. 3. Wendegetriebe der A. E. G.



Steuerung und Bremsung notwendige Luftmenge liefert. Mit dem Wechselgetriebe ist durch ein kurzes Wellenstück und zwei elastische Kupplungen das Wendegetriebe verbunden (Abb. 3). Hier hat man zur Vereinfachung die verschiebbaren Zahnräder, die aber auch durch Prefsluft bewegt werden, beibehalten. Gefahr für die Zahnräder besteht nicht, da durch eine geeignete Verriegelung auf dem Führerstand das Wendegetriebe nur bei Stillstand des Wagens betätigt werden kann. Von dem Wendegetriebe aus führt nunmehr in entgegengesetzter Richtung eine schräge Gelenkwelle zum Antrieb der inneren Drehgestellachse. Dieser Antrieb enthält ein einfaches Kegelräderpaar, durch deren Auswechslung die einzelnen Geschwindigkeiten des Wagens entsprechend den zu befahrenden Streckenverhältnissen leicht geändert werden können. Motor, Getriebe und Wendegetriebe sind in die mittleren Längsträger des Wagenuntergestelles eingebaut

Ein sehr wichtiger Punkt für die Unterhaltung der Verbrennungstriebwagen ist die leichte Zugänglichkeit und Ausbaumöglichkeit der einzelnen Teile. Der Motor ist vom Führerstand aus durch die Seitenklappen in der Haube zugänglich. Sein Ausbau erfolgt nach Abnahme des Kühlers nach vorn heraus. Das Geschwindigkeits- und Wendegetriebe ist durch Bodenklappen von oben zu besichtigen. Der Ausbau kann nach Abnahme der Auflagerplatten nach unten erfolgen. Immerhin erfordert der Austausch von Tirebwerksteilen eine mehrtägige Arbeit.

Der Wagen wird elektrisch durch eine Lichtdynamo beleuchtet, und durch das Kühlwasser der Motoren, das durch Rohrschlangen unterhalb der Bänke hindurchgeleitet wird, geheizt.

Bei den Fahrten des Wagens zwischen Wannsee und Seddin konnte festgestellt werden, daß der Antrieb in jeder Weise einwandfrei arbeitet. Der Übergang von einer Geschwindigkeitsstufe zur anderen erfolgt langsam ohne Stöße, die Bedienung aller Einrichtungen ist einfach und zuverlässig. Die beiden Motoren sind gut ausgeglichen und arbeiten geräuschlos, Belästigungen durch die Auspuffgase und durch Benzolgeruch treten nicht ein. Erschütterungen im Innern des Wagens rührten anscheinend davon her, daß die Bewegungen der schwächeren, mittleren Längsträger unmittelbar auf den Wagenboden übertragen wurden. Zweckmäßig wäre es, die Getriebeteile nicht an den Mittelträgern, sondern an den stärkeren Außenträgern aufzuhängen.

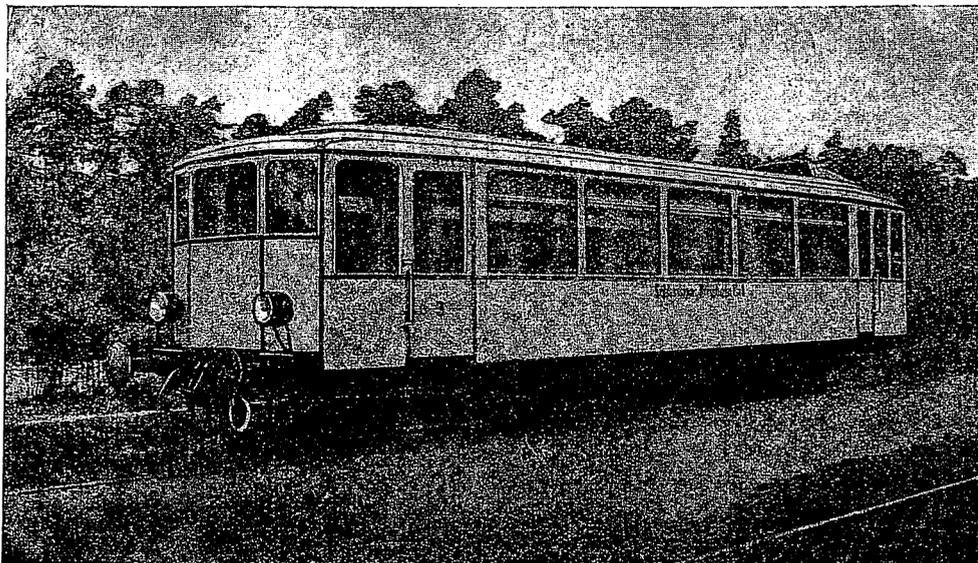
Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der Wagen gut durchgebildet, betriebssicher und in jeder Weise zweckentsprechend ist.

2. Zweiachsiger Triebwagen der A. E. G.

Der zweiachsige Triebwagen der gleichen Firma besteht aus einem Rahmen aus Walzeisen, der auf den in Achsgabeln geführten freien Lenkachsen ruht. Der aufgesetzte hölzerne Wagenkasten enthält einen Mittelraum mit 50 durch einen Gang getrennten Sitzplätzen. Er ist gegen die beiden Vorräume durch Trennwände mit Schiebetüren abgeschlossen. Der Zugang erfolgt wie bei den großen Wagen von den Enden aus. Die Ausstattung des Wagens ist gut, die großen Fenster geben ihm ein gefälliges Aussehen. Die Vorräume enthalten die Führerstände mit sämtlichen für die Bedienung des Wagens notwendigen Einrichtungen.

Die Anordnung des Motors sowie der ganze Antrieb ist in gleicher Weise ausgeführt wie bei den großen Wagen, aber mit dem Unterschied, daß nur ein Motor vorhanden und nur eine Achse angetrieben ist. Abb. 4 zeigt den Wagen in Außenansicht.

Abb. 4. Zweiachsiger benzolmechanischer Triebwagen der A. E. G.



Diese zweiachsige Anordnung kann als die Ursprungsbauart der A. E. G. angesehen werden, aus der dann durch Verdopplung der erprobten Maschineneinrichtung der vierachsige Wagen entstanden ist.

Bei den Probefahrten lief der Wagen ruhig, die Erschütterungen im Wageninnern waren gering. Die Schaltung arbeitete einwandfrei. Die vorgeschriebenen Geschwindigkeiten wurden von dem Wagen auch bei voller Besetzung leicht erreicht.

Von beiden Wagenarten hat die A. E. G. bereits eine größere Anzahl geliefert, die teilweise schon mehrere Jahre in Betrieb sind. Die kleinen Wagen sind hauptsächlich für Nebenbahnstrecken mit geringem Verkehr geeignet, während die großen vierachsigen für den Zubringerdienst auf Hauptbahnstrecken zu verwenden sind.

3. Vierachsiger benzolmechanischer Triebwagen der Deutschen Werke, A.-G., Kiel.

Nächst der A. E. G. haben die Deutschen Werke schon frühzeitig den Bau von Motortriebwagen aufgenommen und verfügen daher ebenfalls über weitgehende Erfahrungen. Der ausgestellte Wagen gehörte der kleineren Type IV mit 100 PS Motorleistung an.

Das Untergestell aus Prefsblechen ist mit dem eisernen Wagenkasten zu einem Stück vereinigt, so daß sich trotz geringen Gewichtes ein sehr biegungsfester Körper ergibt. Die Raumverteilung ist die übliche. Der Innenraum enthält hölzerne, durch einen Gang geteilte Querbänke. Er ist gegen die Vorräume durch Zwischenwände mit Türen abgeschlossen. In den beiden Vorräumen sind die Führerstände untergebracht, die außer dem Gasregulierhebel, der Schaltung für das Wechselgetriebe, eine elektrische Solenoidbremse, Handbremse, Signalbetätigung und einen Umlaufzähler für den Motor enthalten.

Abb. 5. Benzolmechanischer Triebwagen der Deutschen Werke. Wageninneres.

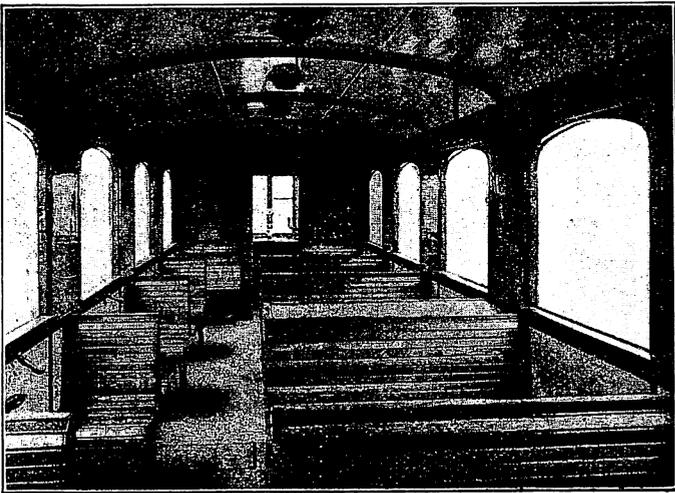
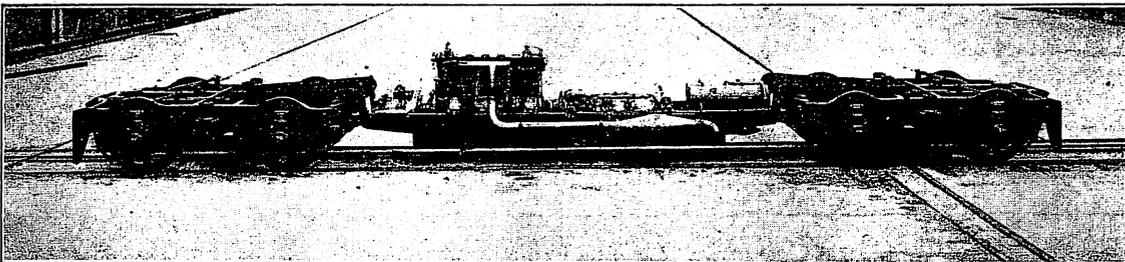


Abb. 6. Benzolmechanischer Triebwagen der Deutschen Werke. Fahrgestell.



Der Wagen wird bedient durch ein Handrad zur Schaltung des Wechselgetriebes, einen Hebel zur Drosselung des Motors, einen weiteren Hebel für die Solenoidbremse und ein Handrad für die Handbremse.

Abb. 5 zeigt das Wageninnere. Der ganze Raum macht einen freundlichen Eindruck bei zweckentsprechender Bauart. Die innere Verkleidung besteht aus Holz, die Fenster sind breit und größtenteils herablaßbar.

Der Wagenkasten ruht auf zwei Drehgestellen mit verhältnismäßig kurzem Radstand und kleinem Raddurchmesser. Die Träger sind aus Prefsblechen hergestellt und gegen die Achsbuchsen, die mit Rollenlagern ausgerüstet sind, durch Wickelfedern abgestützt. Ein Querträger nimmt den Drehzapfen auf und trägt noch weitere Spiralfedern, auf denen der Wagenkasten ruht.

Besonderen Wert hat die Firma auf die Durchbildung der Maschinenanlage gelegt. Sie hat der leichten Austauschbarkeit der Maschinenanlage besonders Rechnung getragen durch eine Anordnung, bei der Motor, Getriebe und Brennstoffbehälter in einem Rahmen eingebaut sind, der sich auf die Drehgestelle stützt und mit ihnen ein bewegliches, aber zusammenhängendes Ganze bildet. Bei dieser Anordnung ist es möglich, nach Anheben des Wagenkastens Drehgestelle und Maschinenrahmen herauszufahren, den Maschinenteil unter dem Kran gegen einen anderen auszuwechseln und nach kurzer Zeit alles wieder unter den Wagenkasten zu bringen. Wird für eine Anzahl Triebwagen ein Maschinengestell als Ersatz beschafft, so kann durch Austausch die Untersuchung aller Maschinenanlagen vorgenommen werden, ohne daß die Wagen selbst lange aus dem Betrieb gezogen zu werden brauchen. Die Trennung von Antrieb und Wagenkasten hat ferner den Vorteil, daß keine Geräusche auf den Wagenboden übertragen werden. Bei dem Ausstellungswagen war diese Anordnung noch nicht restlos durchgeführt, da man zur Entlastung der angetriebenen inneren Achsen den Maschinenrahmen außerdem noch federnd am Wagenkasten aufgehängt hatte. Neuerdings werden jedoch Maschinengestell und Wagenkasten vollkommen getrennt.

Abb. 6 zeigt das Fahrgestell. Der Motor ist ein Sechszylindermotor eigener Bauart mit hängenden Ventilen. Er ist mittels elastischer Kupplungen mit dem Wechsel- und Wendegetriebe verbunden, das gegenüber den anderen Ausführungen einige Unterschiede zeigt. Man hat bei dem Getriebe von dauernd im Eingriff befindlichen Zahnrädern mit Kupplungen abgesehen und die im Kraftwagenbau verwendeten verschiebbaren Zahnräder mit einer Hauptkupplung beibehalten. Der Übergang von einer Geschwindigkeitsstufe zur anderen spielt sich also folgendermaßen ab: Zunächst wird mittels des Gasdrosselhebels auf dem Führerstand die Motordrehzahl herabgesetzt. Dann wird durch Niedertreten eines Fußtrittes, der sich ebenfalls auf dem Führerstand befindet, die Hauptkupplung ausgerückt. Nun verschiebt der Fahrer durch Drehen des Handrades die Zahnräder des Wechselgetriebes und zwar werden zunächst die Zahnräder des zuletzt benutzten Ganges außer

Eingriff gebracht und darauf die Räder der nächsten Übersetzung ineinander geschoben. Ist dies geschehen, so wird die Fußkupplung langsam wieder eingelassen und gleichzeitig die Gasdrossel geöffnet, so daß eine stofsreiche Geschwindigkeitszunahme erfolgt.

Genau wie bei dem Kraftwagen, erfordert auch diese Schaltung ein gewisses Feingefühl und Übung des Fahrenenden. Bei den pneumatischen Betrieben mit feststehenden Zahnrädern

und Einzelkupplungen ist ein falsches Schalten nicht möglich, da die Kupplungszeiten von der Einstellung der Luftwege abhängig sind und festliegen. Die Bedienung wird dadurch mechanischer und einfacher. Andererseits ist nicht zu verkennen, daß die Auto-Schaltung einem guten geschickten Fahrer die Möglichkeit gibt, die Schnelligkeit der Schaltung den Betriebsverhältnissen anzupassen und dadurch mehr aus dem Wagen herauszuholen. Die große Zahl der von den Deutschen Werken bisher mit diesem Getriebe ausgerüsteten und in Betrieb befindlichen Wagen ist Beweis, daß diese Schaltung in jeder Weise den anderen gleichwertig, ihnen vielleicht sogar dadurch überlegen ist, daß alle Bewegungsübertragungen mechanisch erfolgen und die erschwerende Verwendung von Preßluft entfällt. Ein Nachteil dieser Schaltung besteht allerdings darin, daß sich die Steuerung mehrerer Triebwagen von einem Führerstand aus auf rein mechanischem Wege schwer durchführen läßt.

Vom Getriebe aus wird die Antriebskraft durch gelenkig angeordnete Wellen auf die beiden inneren Achsen der Drehgestelle übertragen. Der Maschinengestellrahmen ist nach unten durch eine kräftige Blechwanne abgeschlossen, die Verschmutzungen und Beschädigungen verhindert.

Zur Rückkühlung des Motorkühlwassers dienen zwei auf dem Dache angebrachte Kühlelemente. Im Winter wird das Kühlwasser zum Heizen des Wagens benutzt.

Die beiden Bosch-Lichtdynamos, die mit in das Maschinengestell eingebaut sind, liefern den Strom zur Beleuchtung des Wagens und zum Anwerfen des Motors. Zur Aufspeicherung dient eine Akkumulatoren-Batterie, die auch den Strom für die Solenoid-Bremse hergibt.

Bei den mit diesem Wagen ausgeführten Fahrten zeigte sich, daß die Bedienung des Getriebes keinerlei Schwierigkeiten bietet. Die Anfahrbeschleunigung war gut, die Höchstgeschwindigkeit wurde schnell erreicht. Infolge der Trennung von Maschine und Wagenkasten waren im Innern des Fahrzeuges keinerlei Maschinengeräusche zu vernehmen. Bei höheren Geschwindigkeiten wurde der Lauf des Wagens etwas unruhig, was auf den kurzen Radstand zurückzuführen ist.

Außer vorstehendem Wagen hatten die Deutschen Werke kurze Zeit auch einen Wagen, der Deutschen Eisenbahn-Betriebs-Gesellschaft gehörig, in gleicher Bauart ausgestellt, bei dem zum Betrieb des Verbrennungsmotors nicht Benzol, sondern Sauggas verwendet wurde. Zur Erzeugung des Gases dienten früher zwei Generatoren der Firma Niebaum & Gutenberg, die später durch einen Erzeuger der Firma Pintsch ersetzt worden sind. Mit dem Wagen sind im Sommer längere Versuchsfahrten auf der Privat-Nebenbahn Vorwohle—Emmertal ausgeführt worden, die günstig verliefen.

Die wirtschaftlichen Ergebnisse waren gut, doch zeigte es sich, daß der Brennstoffverbrauch in hohem Maße davon abhing, wie der Fahrer den Motor bediente, ob Gefälle ausgenutzt, die Geschwindigkeitsumschaltung rechtzeitig vorgenommen und wie das Feuer des Generators behandelt wurde. Die Versuche ergaben ferner, daß die Reinigung des Gases ausreichend ist, da sich selbst nach längerer Betriebszeit am Motor keinerlei durch Staub hervorgerufene Abnutzungen feststellen ließen. Als sehr vorteilhaft bei allen Untersuchungen erwies sich die leichte Auswechselbarkeit des Maschinengestelles.

Der Betrieb eines Sauggaswagens geht in der Weise vor sich, daß zunächst etwa 15 Min. lang der Generator mit Gebläse angeheizt wird. Dann kann die Fahrt beginnen; während dieser bleibt der Generator unberührt. Ein besonderer Bedienungsmann ist also nicht nötig. Erst nach etwa 50 km — je nach dem Gelände und der Größe des Generators — ist während des Aufenthaltes Brennstoff nachzufüllen, was etwa 3 Min. Zeit in Anspruch nimmt. Der durch den geringeren Heizwert des Gases verursachte schlechtere Wirkungsgrad des

Motors kann durch höhere Kompression wieder ausgeglichen werden. Zum Anlassen und als Sicherheit bei Störungen des Generators wird außerdem noch ein Benzolvergaser vorgesehen, der ein Umschalten von Sauggas auf Benzol gestattet.

Während die vorstehend angeführten Firmen schon eine größere Anzahl Triebwagen gebaut haben, sind die folgenden Fabriken erst seit neuerer Zeit zum Bau von Verbrennungstriebwagen übergegangen. Die ausgestellten Fahrzeuge sind daher fast durchgehend Versuchsaufführungen und für die zu entwickelnde Grundbauart nicht immer maßgebend. Bei allen diesen Wagen handelte es sich in erster Linie um Erprobung des Getriebes als des wichtigsten Teiles der verbrennungsmechanischen Wagen. Auf die Ausbildung des Wagenkastens selbst ist daher teilweise weniger Wert gelegt worden.

4. Vierachsiger Triebwagen der Waggonfabrik Wismar und der Maybach-Motorenbau-Gesellschaft Friedrichshafen mit Dieselmotor (Abb. 7).

Der vorstehende Wagen, nach dem Konzern Eisenbahn-Verkehrsmittel-A.-G. auch kurz Eva-Wagen genannt, weicht erheblich von den bisher beschriebenen Bauarten ab.

Der eiserne Wagenkasten ruht auf zwei Drehgestellen von 2,70 m Radstand, von denen das eine reines Laufdrehgestell ist, während das andere die gesamte Maschinenanlage enthält.

Der Vorraum über dem Laufdrehgestell enthält einen Abort und kann im übrigen als Gepäckraum benutzt werden, da der Führerstand noch besonders verschließbar ist. Der Zugang zum Wageninneren erfolgt nicht durch die Führerstände hindurch, sondern es sind hier für die Fahrgäste besondere Türen angeordnet, die auf einen kleinen Vorraum führen, von dem aus durch eine Tür das Wageninnere zu erreichen ist. Der Führerstand der Motorseite — auch als Motorraum bezeichnet — ist von außen durch zwei Doppeltüren zugänglich. Das gleiche gilt von dem Gepäckraum der anderen Seite. Die Sitzbänke sind in üblicher Weise angeordnet. Die breiten, festen Fenster haben bewegliche obere Lüftungsklappen.

Die Drehgestelle fallen durch den großen Radstand auf, der sich aus dem Einbau der Maschinenanlage ergibt. Andererseits war es dadurch möglich, lange Wiegefedern anzuordnen, die einen besonders ruhigen Lauf des Wagens ermöglichen. Durch seine günstigen Abmessungen und die großen Glasflächen macht der Wagen einen sehr gefälligen Eindruck.

Beachtenswert ist die Maschinenanlage, da bei ihrem Entwurf besondere Gesichtspunkte maßgebend waren. Zunächst schuf man einen schnellaufenden, sechszyklindrigen Rohölmotor nach dem Dieserverfahren, durch den die Verwendung von allen billigen, nicht explosiblen Betriebsstoffen möglich ist. Weiterhin ging man dazu über, das Anfahrmoment nicht durch eine schleifende Kupplung zu übertragen, deren Leistung stets begrenzt ist, sondern man kuppelte den Motor fest und ließ ihn mit hochgespannter Luft an. Man erreichte so Anzugkräfte, die anderenfalls nur durch eine bedeutend größere Maschinenanlage zu erzielen wären. Leider stehen ja Anfahr- und Dauerzugkraft bei allen Triebfahrzeugen in keinem rechten Verhältnis zu den entsprechenden Fahrwiderständen. Daher stets das Bestreben, durch Hilfsmittel die Anfahrzugkraft zu erhöhen. Es soll hier nur an die Hilfsdampfmaschinen der meisten amerikanischen Lokomotiven (booster) erinnert werden. Ohne Frage ist die Anfahrvorrichtung des Eva-Wagens eine beachtenswerte Lösung für alle solche Triebwagen, die mehrere Anhänger mit sich führen sollen. Bei Versuchsfahrten ist es durch diese Anfahrweise möglich gewesen, ein Zuggewicht von 430 t in kurzer Zeit auf eine Geschwindigkeit von 10 km/Std. zu beschleunigen (Abb. 8).

Das Kegelräderpaar ist mit in den Getriebekasten hineingelegt. Man kam so zu einer leichteren Bauart des Parallel-

des Motors einsetzt. Infolge des besonderen Maschinengestelles waren keinerlei Erschütterungen oder Maschinengeräusche im Wageninneren zu vernehmen. Der Lauf war durch den großen Radstand sehr ruhig. Die bei größeren Versuchsfahrten erreichten Brennstoffverbrauchszahlen sind sehr günstig, so daß diese Triebwagenbauart als sehr wirtschaftlich bezeichnet werden kann.

wechsel unabhängig von der Geschicklichkeit des Fahrers vor sich geht. Dieser stellt vor dem Umschalten nur den Gangwähler auf den neuen Gang ein, drosselt etwas den Motor und rückt dann für 1 bis 2 Sek. die Hauptkupplung aus. In dieser Zeit schaltet sich der neue Gang selbsttätig ohne Stofs ein, so daß nach Einlegen der Hauptkupplung der Wagen mit der neuen Übersetzung fährt. Die Hauptkupplung wird mittels

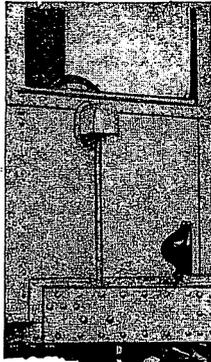
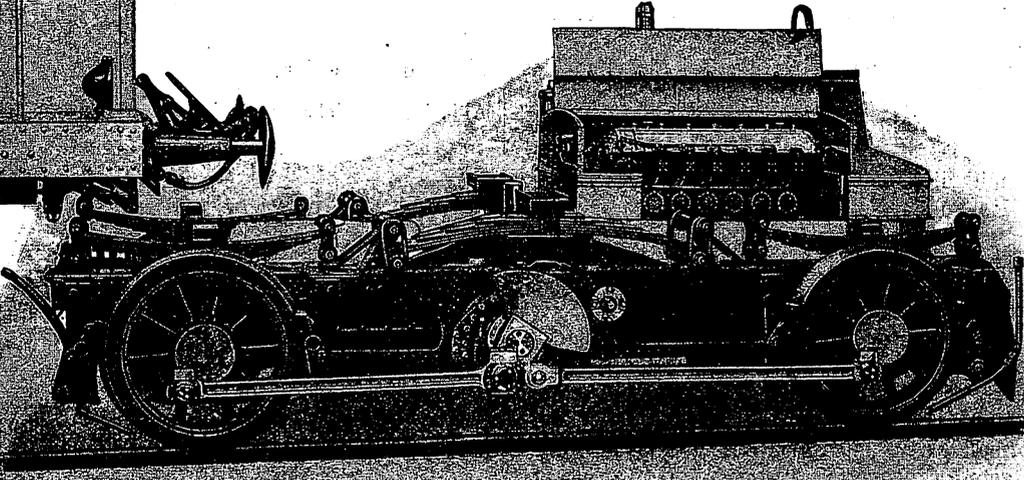


Abb. 9. Maschinendrehgestell des Eva-Triebwagens mit Triebwerk.



5. Vierachsiger Benzoltriebwagen der Hannoverischen Waggonfabrik A.-G.

Der von der »Hawa« ausgestellte schmalspurige Triebwagen gehört einer holländischen Bahnverwaltung. Es ist ein Drehgestellfahrzeug, dessen Ausrüstung aus zwei Maschinenanlagen von je 75 PS besteht. Da der Wagen im Bäderverkehr laufen soll, ist auf seine Ausstattung ganz besonderer Wert gelegt. Der eiserne Wagenkasten ist innen und außen mit Holz verkleidet und besitzt an jedem Ende einen Führerstand, der gegen den Mittelraum durch Zwischenwände mit Türen abgeschlossen ist. Das Einsteigen erfolgt auch hier durch die Vorräume hindurch. Der Innenraum besitzt gepolsterte Querbänke und wirkt durch seine gediegene Ausstattung und die breiten Fenster sehr günstig. Die Beleuchtung ist elektrisch, die Heizung bewirkt das warme Kühlwasser.

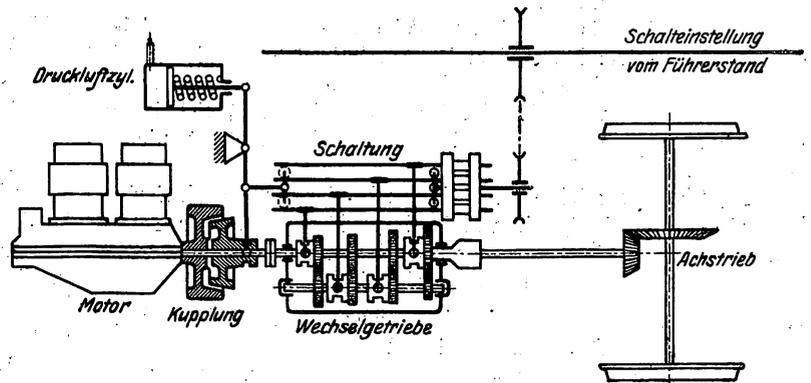
Die Maschinenanlage ist dadurch bemerkenswert, daß eine von der gewöhnlichen Ausführung abweichende Schaltung verwendet wird (Abb. 10).

Der Motor ist ein vierzylindriger Daimlermotor üblicher Bauart, der mit dem Getriebe zusammen in einen Maschinenrahmen eingebaut ist, der am Wagenkasten federnd aufgehängt wird. Vom Maschinenrahmen aus wird mittels Welle und elastischer Kupplung das Kegelradgetriebe der inneren Drehgestellachse angetrieben. Die gleiche Maschinenanlage ist unter der anderen Wagenhälfte noch einmal eingebaut. Das Getriebe besitzt vier Geschwindigkeiten, mit dauernd im Eingriff stehenden Zahnradern. Die Zahnräder werden jedoch nicht durch einzelne Reibkupplungen mit den Wellen verbunden, sondern durch einfache Klauenkupplungen. Die Reibungsarbeit wird durch eine Hauptkupplung geleistet, die entsprechend kräftig gebaut und leicht zugänglich ist. Die Schaltung ist ferner so ausgebildet, daß der Geschwindigkeits-

Preßluft durch Drehen des Führer-Luftbremsventils, das für diesen Zweck mit einer besonderen Stellung versehen ist, geschaltet.

Im Getriebe (Abb. 10) selbst spielen sich während des Schaltens folgende Vorgänge ab: Durch Drehung des Gangwählers wird im Getriebe eine Schaltscheibe so gestellt, daß ihr Ausschnitt vor einem Ansatz der Schaltstange des zu wählenden Ganges tritt; hinter dieser Schaltscheibe befindet sich eine Kupplungsbremse, die dazu dient, während des Umschaltvorganges die Drehzahl des leerlaufenden Getriebes soweit zu verringern, daß ein Einrücken der Klauenkupplungen bei gleicher Drehzahl beider

Abb. 10. Schaltplan des Hawa-Getriebes.



Teile möglich ist. Die Schaltstangen der einzelnen Gänge stehen mit dem Betätigungshebel der Hauptkupplung unter Zwischenschaltung einer Ausgleichvorrichtung in Verbindung. Wird nun vom Fahrer durch Drehen des Bremsventils der Einrückzylinder der Hauptkupplung entlüftet und diese damit ausgerückt, so werden gleichzeitig durch das Ausgleichgestänge

die Schaltstangen des laufenden und des neuen Ganges bewegt. Dadurch wird erst der in Eingriff gewesene Gang durch Ausrücken der Klauenkupplung gelöst und gleichzeitig die Schaltstange des neuen Ganges mit ihrem Ansatz durch den Ausschnitt der Schaltscheibe hindurch geschoben und damit die Kupplungsbremse angedrückt. Die Drehzahl der leerlaufenden Getriebe- welle wird dadurch stark herabgesetzt. Wird jetzt die Haupt- kupplung wieder eingerückt, so wird die Schaltstange des neuen Ganges zurückbewegt und damit die Klauenkupplung eingerückt.

Diese Schaltungsweise ist betrieblich sicherlich von Vorteil, es fragt sich nur, ob die Abbremsung der Zwischenwelle stets so gleichmäßig erfolgt, daß das Einrücken der Klauenkupplung wirklich ohne Stoß erfolgt und Brüche vermieden werden. Die weiteren Erfahrungen mit diesem Getriebe müssen daher erst abgewartet werden.

Vom Getriebe aus übertragen kräftige Gelenkwellen das Drehmoment auf die innere Achse des Drehgestelles.

Die Ausrüstung der Führerstände entspricht im übrigen der normalen Bauart.

Fahrversuche mit diesem Wagen sind erst nach seiner Überführung nach Holland geplant.

6. Zweiachsiger Benzoltriebswagen der Gothaer Waggonfabrik A.-G.

Der Versuchswagen der Gothaer Waggonfabrik sollte in erster Linie zur Erprobung des Antriebs dienen. Der Wagenkasten wurde daher nach den Regeln der Reichsbahn in Eisen mit Führerständen an beiden Enden ausgeführt. Die beiden Achsen, von denen die eine angetrieben wird, sind ebenfalls in jeder Weise normal. Der Innenraum ist in je eine Hälfte 3. und 4. Klasse geteilt. Eine Mittelbank 4. Klasse ist abnehmbar und bildet den oberen Zugang zum Motor.

Die Maschinenanlage ist in einem besonderen Rahmen untergebracht, der am Wagenkasten aufgehängt ist. Gut ist die Ausbaufrage gelöst. Im Wageninneren über der Maschinenanlage sind am Wagendach Haken zur Aufnahme von Flaschenzügen angebracht, mit denen Motor und Getriebe nach Öffnung der Bodenklappen angehoben werden können. Es lassen sich dann die Pafsstücke zwischen den Auflagertatzen und den Trägern herausnehmen, so daß die Teile nach unten in die Arbeitsgrube abgesenkt werden können. Ein Austausch ist so in kurzer Zeit möglich.

Der Motor besitzt sechs Zylinder und leistet bei 1000 Umdrehungen etwa 80 PS. Das Anlassen erfolgt elektrisch, gegen Überschreitung der Drehzahl ist ein Regler vorgesehen. Zur Rückkühlung des Kühlwassers sind unter den Führerständen Rippenrohre angebracht.

Das Getriebe ist ein Viergang-Wechsel- und Wendegetriebe mit in dauerndem Eingriff stehenden Zahnrädern, die durch mit Preßluft betätigte Reibungskupplungen geschaltet werden. Mit dem Getriebe verbunden ist der Luftverdichter für Schaltung und Bremse. Die Führerstandausrüstung bietet sonst nichts besonderes.

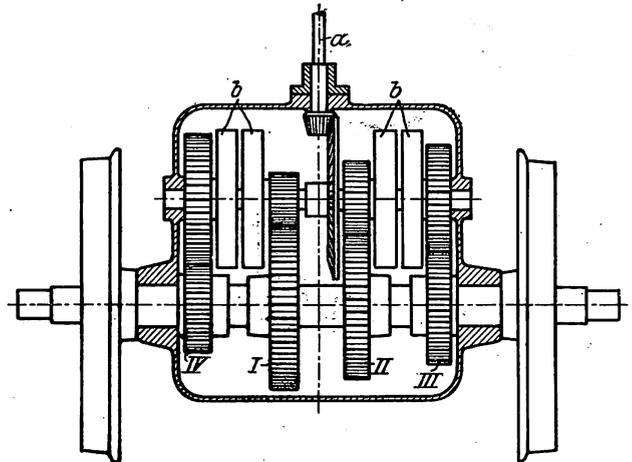
Der Wagen erreichte bei den Versuchsfahrten ohne Schwierigkeit eine Geschwindigkeit von 50 km. Der Lauf war ruhig und stoßfrei, Erschütterungen waren kaum zu bemerken. Die Umschaltung erfolgte ohne Schwierigkeit.

7. Zweiachsiger Benzoltriebswagen der Sächsischen Waggonfabrik Werdau.

Auch dieser zweiachsige eiserne Wagen entspricht in seinem Aufbau den Vorschriften der Reichsbahnverwaltung. Die Achsen, von denen die eine angetrieben wird, laufen in Jägerschen Rollénlagern. Anordnung der Führerstände und die innere Ausstattung entsprechen den vorhergehenden Ausführungen. Die hölzernen Sitzbänke sind mit wendbaren Rückenlehnen ausgerüstet, um stets ein Sitzen in der Fahrtrichtung zu ermöglichen.

Die Maschinenanlage besteht aus einem mehrzylindrigen Benzolmotor, der in einen Führerstand eingebaut ist. In der Stirnwand ist der Wabenkühler untergebracht. Eine Mittelwelle treibt das Wendegetriebe, das etwa in Wagenmitte angeordnet ist, an. Neu ist die Vereinigung von Wechselgetriebe und Achsantrieb, bei der der Getriebekasten des vierstufigen Getriebes die Achse umschließt (Abb 11). Der Antrieb erfolgt vom Wendegetriebe aus durch eine gelenkige Kardanwelle. Das Getriebe besitzt dauernd ineinander greifende Zahnräder, die durch Reibkuppelungen mit Preßluftbetätigung geschaltet werden. Diese Getriebeanordnung bietet zwar den Vorteil, daß durch Anordnung der Kegelräder vor den Getrieberädern erstere schwach beansprucht und dadurch leicht werden, es erscheint aber bedenklich, das schwere Getriebe völlig unabgedeutet den Schienenstößen auszusetzen. Es müssen daher erst weitere Erfahrungen abgewartet werden.

Abb. 11. Getriebe der Sächsischen Waggonfabrik A.-G. Werdau i. Sa.



Bei den Versuchsfahrten schaltete der Wagen ruhig und stoßfrei, die Anfahrbeschleunigung war gut.

8. Vierachsiger Benzoltriebswagen der Düsseldorfer Eisenbahnbedarf A.-G.

Diese Firma hat zusammen mit einer holländischen Maschinenfabrik einen eisernen Drehgestell-Triebwagen gebaut, der jedoch infolge seiner leichten Bauart mehr für Straßenbahnbetrieb geeignet ist. Die Maschinenanlage besteht aus je einem Benzolmotor von 30 PS, der mit einem hydraulischen Getriebe zusammengebaut ist, von dem beide Achsen des Drehgestelles angetrieben werden.

Dieser Triebwagen ist der einzige, der mit einem Flüssigkeitsgetriebe ausgerüstet ist. Drehgestell und Maschinenanlage lassen sich leicht ausbauen.

Die vorstehend gegebenen Einzeldarstellungen zeigen das Bestreben aller Firmen, den Verbrennungstriebwagen zu einem betriebssicheren, wirtschaftlichen und leicht zu bedienenden und unterhaltenden Fahrzeug zu machen. Wenn es sich auch in vielen Fällen noch um Versuchsausführungen handelte, so hat doch der Probetrieb gezeigt, daß trotz der verschiedenen eingeschlagenen Wege das erstrebte Ziel bald erreicht sein wird.

Wenn auch bisher in Deutschland der Dampftriebswagen wegen seiner umständlichen Bedienung und der Abhängigkeit von Wasserstationen nicht weiter entwickelt worden ist, so soll zum Schlusse nicht unerwähnt bleiben, daß auf der englischen Ausstellung in Wembley ein Dampftriebswagen mit zwei Drehgestellen und 13,06 m Drehzapfenabstand ausgestellt war*), von denen das eine als Triebdrehgestell ausgebildet ist. Eine zwei-

*) Vergl. Organ 1923, Seite 339.

zylindrige Dampfmaschine treibt über eine Blindwelle mittels Ketten die beiden Achsen des Triebdrehgestelles an. Zur Dampferzeugung dient ein stehender Dampfkessel mit 5,4 qm Heizfläche und Überhitzer. Die Beheizung erfolgt mit Kohlen.

Die Höchstgeschwindigkeit beträgt etwa 56 km, der Kohlenverbrauch etwa 1,5 kg Kohle je PS-Std., der Wasserverbrauch 11,3 l je Zugkm.

Der Wagen wiegt betriebsfertig etwa 17,5 t, ist also äußerst leicht und wäre daher für den deutschen Eisenbahnbetrieb wenig geeignet.

Wenn auch Getriebe in Fortfall kommen und das Anzugmoment günstig ist, so dürfte doch wirtschaftlich der Dampftrieb durch den Verbrennungsmotor, insbesondere bei Verwendung von Sauggas, überholt sein.

Zur Dynamik der Gleisfahrzeuge.

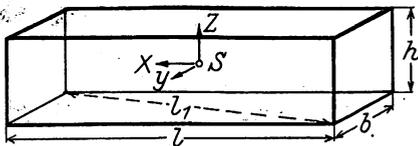
Von F. Meineke.

Hierzu Tafel 5.

Im folgenden wird versucht, auf elementarem Wege zu einer praktisch brauchbaren Lösung dynamischer Fragen, wie das Schlingern und die Federung der Wagen zu kommen. Dabei wird vieles, was bekannt ist, aber wenig beachtet wird, benutzt werden. Bevor an das Schlingern herangetreten wird, muß untersucht werden, welcher Anteil der Gesamtmasse des Fahrzeugs bei einem Spurkranzstoß wirksam ist. Dann folgen Betrachtungen über die Federung und den Kampf mit der Wirkung der Schienenriffeln.

Das Fahrzeug zerfällt in die tote Last M_1 (Räder mit Achsbüchsen usw.) und die gefederten Massen M_2 ; letztere werden als Parallelepiped, Abb. 1, betrachtet, durch dessen

Abb. 1.

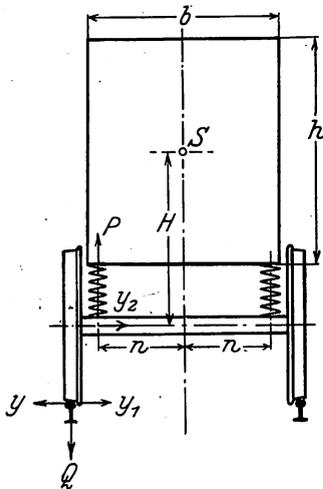


Schwerpunkt S das Achsenkreuz XYZ gelegt ist. Die in Richtung dieser Achsen wirkenden Kräfte heißen dementsprechend.

I. Anlaufen des Fahrzeugs an eine Schiene.

Das Fahrzeug läuft mit einer gewissen Geschwindigkeit an, so daß an der Schiene eine Kraft Y auftritt, die der Masse des Fahrzeugs eine gradlinige Beschleunigung und eine Winkelbeschleunigung erteilt. Den Massen $M = M_1 + M_2$ entsprechend treten die Seitenkräfte $Y = Y_1 + Y_2$ auf, mit den Beziehungen $Y_1 = pM_1$; $p = Y_1 : M_1$. Die Masse M_2 wird mit der Beschleunigung p seitlich verschoben und mit der Winkelgeschwindigkeit ϵ am Hebelarm H um S gedreht, Abb. 2.

Abb. 2.



Die Summe der linearen Beschleunigung $p' = Y_2 : M_2$ (2) und der Winkelbeschleunigung ϵ am Hebelarm H muß gleich der Beschleunigung p sein. Also $p = p' + \epsilon$, H... 1). Das Moment $Y_2 H$ leistet außer der Drehung der Masse M_2

um S auch eine Formänderungsarbeit durch Zusammendrücken der Tragfedern um das Maß Δf , Abb. 3. Folglich ist $Y_2 H = \epsilon J_x + 2 n \Delta P$. Daraus folgt $\epsilon = \frac{Y_2 H - 2 n \Delta P}{J_x}$

und durch Umformung $\epsilon H = \frac{Y_2 H}{J_x} \left(H - \frac{2 n \Delta P}{Y_2} \right) \dots 3)$.

Aus der Vereinigung der Gleichungen 1) 2) 3) folgt $p = \frac{Y_2}{M_2} + \frac{Y_2 H}{J_x} \left(H - \frac{2 n \Delta P}{Y_2} \right) = Y_2 \left[\frac{1}{M_2} + \frac{H}{J_x} \left(H - \frac{2 n \Delta P}{Y_2} \right) \right]$

und $Y_2 = p \left[\frac{1}{M_2} + \frac{H}{J_x} \left(H - \frac{2 n \Delta P}{Y_2} \right) \right]$.

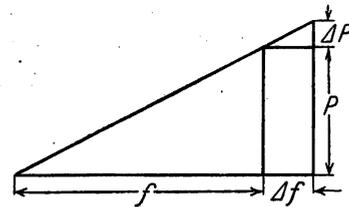
Da $Y = Y_1 + Y_2 = p M_1 + p \left[\frac{1}{M_2} + \frac{H}{J_x} \left(H - \frac{2 n \Delta P}{Y_2} \right) \right]$

folgt $Y = p \left[M_1 + \frac{1}{\frac{1}{M_2} + \frac{H}{J_x} \left(H - \frac{2 n \Delta P}{Y_2} \right)} \right] \dots 4)$,

wofür wir schreiben: $Y = p M_y$ und $M_y = M_1 + \frac{1}{\frac{1}{M_2} + \frac{H}{J_x} \left(H - \frac{2 n \Delta P}{Y_2} \right)}$ die reduzierte Masse nennen.

Die Masse der Fahrzeugs wirkt genau so, als ob M_y allein sich der Schiene in ihrer Berührungsebene näherte.

Abb. 3.



Um Gleichung 4) praktisch brauchbar zu machen, muß J_x durch l und b und ΔP durch die Abmessungen der Tragfedern ausgedrückt werden. Wir setzen $J_x = M_2 (b^2 + h^2) : 12$ und beachten, daß $\frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta P}{P}$, also $\Delta P = \frac{\Delta f}{f} \cdot P$ ist, und

erhalten $M_y = M_1 + M_2 \left(1 + \frac{12 H \left(H - 2 n \frac{\Delta f}{f} \frac{P}{Y_2} \right)}{b^2 + h^2} \right) 5)$.

Die Formel zeigt den bekannten günstigen Einfluß hoher Kesselhöhe bei Lokomotiven, die nur durch zu steife Federn oder zu große Federbasis beeinträchtigt wird. Jedoch ist bei zeitgemäßen Lokomotiven mit hochliegendem Kessel, Innenrahmen und weichen Federn ihr Einfluß offenbar nicht groß. Er kann nur geschätzt werden, weil $\Delta f : f$ von der Durchbiegung der Federn bei einer gewissen Neigung der Lokomotive unter einer zeitlichen Einwirkung der Seitenkraft Y_2 abhängt.

Die genaue Bestimmung der Trägheitsmomente durch Rechnung ist in der Praxis zu umständlich. Sie muß durch eine näherungsweise Festsetzung unter sorgfältiger Wahl von l, b, h ersetzt werden. Man kann wählen:

h bei Lokomotiven vom Spiegel des mittleren Wasserstandes bis zur Rahmenunterkante an den Treibachsen gemessen; bei Rahmen mit Wasserkasten bis zu ihrer Unterseite. Bei Wagen von der Unterseite des Längsträgers bis zur halben Pfeilhöhe des Daches.

b bei Lokomotiven mit Außensteuerung: über Mitte Schieber, bei Außenzylindern mit Innensteuerung: über Mitte Zylinder, bei Innenzylindern: über Außenkante Räder, bei Tenderlokomotiven: über Außenkante der Wasserkasten. Bei Wagen: die äußere Breite des Wagenkastens.

1 bei Lokomotiven: als 1/2 rechnen wir vom Schwerpunkt der Lokomotive das gröfere der beiden folgenden Mafse: entweder bis zur Hinterkante der Feuerbüchse oder bis zur vorderen Flanschfläche der Dampfzylinder. Bei Wagen: die Länge des Untergestells mit einem Zuschlag von 0,3 m, um das Gewicht der Zug- und Stofsvorrichtung zu berücksichtigen.

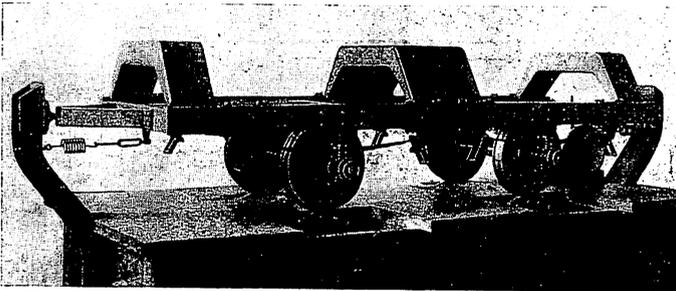
Nimmt man für eine Überschlagsrechnung folgende Mafse einer Lokomotive an: $H = 1,0$ m, $2n = 1,1$ m, $b = 2,24$ m, $h = 2,83$ m und $\Delta f : f = 0,25$ bei $P : Y_2 = 0,4$ was einem starken Seitenstofs entspricht, so wird der Klammerausdruck der Gleichung (5) gleich 1,81 und unter Vernachlässigung der Federzusammendröckung gleich 1,92.

Bei einem Wagen mit den Mafsen $H = 1,2$ m, $2n = 2,0$ m, $b = 2,83$ m und $h = 2,83$ m würden wir unter den gleichen Voraussetzungen für den Klammerausdruck die Werte 1,92 bzw. 2,08 erhalten. Diese Zahlen entsprechen mittleren Verhältnissen und wir leiten aus ihnen die Regel ab, dafs die reduzierte Masse M_y angenähert erhalten wird aus der Summe der ganzen ungefederten Masse und der Hälfte der gefederten.

II. Schlingern.

Schon 1883 hat Klingel im »Organ« das Schlingern theoretisch untersucht. Er fand, dafs durch die Kegelform der Radreifen das Fahrzeug Sinuslinien von etwa 18 m Länge beschreiben mufs. Infolge der hierbei auftretenden Seitenkräfte entstehen aber auch noch Schwingungen des Wagenkastens in Verbindung mit der seitlichen Federung der Achsführungen. Die Folge mufs eine Interferenzschwingung sein. Die Richtigkeit dieses Gedankengangs ist durch das Schlingermodell der Technischen Hochschule Berlin erwiesen. Abb. 4. Es ist in

Abb. 4. Schlingermodell der Technischen Hochschule in Berlin.



1/5 der wahren Gröfse ausgeführt und läuft auf Rollen, die durch einen Elektromotor angetrieben werden. Die Schreibvorrichtung Abb. 5, zeichnet die Querbewegungen des Wagenkastens unmittelbar auf, während die fortschreitende Bewegung im Verhältnis 1 : 122 verkürzt ist.

Die Bewegung auf den Rollen entspricht dem Fahren auf dem geometrisch richtigen Gleis; jedoch nur dann, wenn die Achsen des Fahrzeugs und der Rollen genau parallel stehen. Bei der geringsten Verlagerung, die oft ganz unerwartet eintritt, suchen die Spurkränze einer Seite anzulaufen. Auch hierbei schlingert das Fahrzeug. Abb. 1, Taf. 5. Bei idealer Gleislage treten aber die oben erwähnten Interferenzschwingungen deutlich auf.

Dieser ideale Fall hat praktisch aber gar keine Bedeutung, weil hierbei die Spurkränze die Schiene nicht berühren und die Kegelform der Radreifen ja schon nach kurzer Betriebszeit verschwindet. Gefährlich ist das Schlingern nur dann, wenn ein Spurkranz an die Schiene anläuft, also sehr starke Schräglage der Fahrzeugachse zur Gleisachse eintritt.

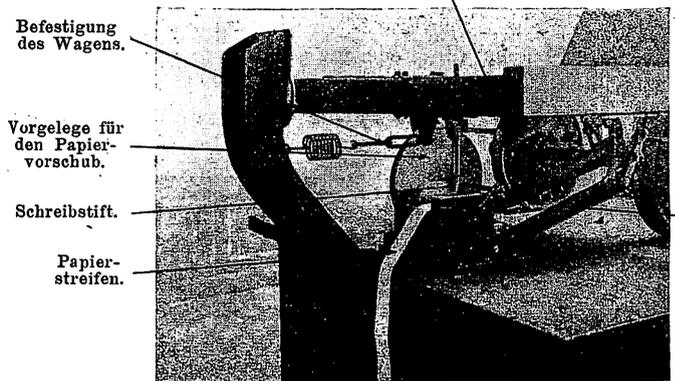
Die Veranlassung zu einer solchen Schräglage des Fahrzeugs kann gegeben werden durch Unregelmäßigkeiten der Gleislage, störende Bewegungen des Fahrzeugs infolge innerer Kräfte, ungenaue Lagerung der Achsen und ungleiche Durchmesser der

Räder einer Achse. In den beiden letzteren Fällen sucht das Fahrzeug im Bogen zu laufen.

Wir stellen uns die Aufgabe, den Radstand eines gegebenen Fahrzeugs so zu bestimmen, dafs bei einer gegebenen Geschwindigkeit die Schlingerbewegung nicht gefährlich wird. Wir untersuchen nicht den Lauf des Fahrzeugs, sondern nehmen an, dafs es einen bestimmten Winkel φ mit der Gleisachse bildet, unbekümmert um die Ursache. Daraus ergibt sich in Verbindung mit der Fahrgeschwindigkeit V km/Std. eine bestimmte Anlaufgeschwindigkeit $\frac{V \cdot \text{tg } \varphi}{3,6}$ m/sec. Der beim Anlaufen entstehende

Spurkranzdruck Y dreht das Fahrzeug um seinen Schwerpunkt S und verschiebt ihn gleichzeitig. In Übereinstimmung mit den

Abb. 5. Schreibvorrichtung des Schlingermodells. Riemen für den Antrieb von der Wagenachse.



Untersuchungen Nordmanns in »Glasers Annalen« 1912 Nr. 839 können wir diese Seitenverschiebung des Schwerpunktes als gering betrachten und wollen sie hier vernachlässigen. Dann folgt aus der Anlaufgeschwindigkeit und dem Radstand a die Winkelgeschwindigkeit $\omega = \frac{2 V \text{tg } \varphi}{3,6 \cdot a}$. In der Drehbewegung des Fahrzeugs ist also die Arbeit $J_z \cdot \frac{\omega^2}{2}$ enthalten.

Diese Energie ist aufzunehmen von der Formänderungsarbeit der Kraft Y bei der Durchbiegung der Schienen f_s , und der Achshalter usw. f_1 . Bezeichnen wir mit Y_1 den Seitendruck auf die Achshalter, so erhalten wir die Gleichung

$$Y \cdot \frac{f_s}{2} + Y_1 \cdot \frac{f_1}{2} = \frac{Y \cdot f_s}{2} \left(1 + \frac{Y_1 f_1}{Y f_s} \right).$$

Wir bezeichnen $f_s \left(1 + \frac{Y_1 f_1}{Y f_s} \right) = f_y$ und erhalten dann die Grundgleichung $Y \cdot f_y = J_z \cdot \omega^2$ (6) Diese Gleichung formen wir um und setzen $J_z = M_z (b^2 + l^2) : 12$ oder durch Einführung der Diagonalen $l' J = M_z \cdot \frac{l'^2}{12}$; ferner

$\omega = \frac{V \cdot s}{1,8 \cdot a}$. Dann führen wir noch den Wert $i = \frac{M_z \cdot g}{Q}$ ein ($Q = \text{Raddruck}$) und erhalten

$$V = \frac{a^2}{l'} \sqrt{\frac{Y \cdot g \cdot 12 \cdot 1,8^2 \cdot f_y}{i \cdot s^2}} \dots \dots \dots (7)$$

Setzen wir

$$C = \sqrt{\frac{Y \cdot 383 \cdot f_y}{i \cdot s^2}} \dots \dots \dots (8)$$

so wird

$$V = C \cdot a^2 : l' \dots \dots \dots (9)$$

In C sind viele schwerbestimmbare Gröfsen enthalten. Wir machen nun die Annahme, dafs bei der denkbar ungünstigsten Stellung des Fahrzeugs im Gleis, nämlich derjenigen, bei der s

gleich dem ganzen Spielraum des Radsatzes ist, das Fahrzeug weder umkippen noch entgleisen, noch irgend ein Teil zu Bruch gehen darf. Wir setzen $s = 25$ mm, also gleich dem größten zulässigen Spiel des Radsatzes im Gleise, und $Y : Q$ gleich 0,667. Bei einem solchen Seitendruck Y würde ein Fahrzeug, dessen Schwerpunkt 1,125 m über SO liegt, bei einem Laufradiusabstand von 1,5 m in labilem Gleichgewicht sein. Entgleisen würde erst bei $Y : Q = \sim 1,0$ eintreten. Die Durchbiegung f_y könnte mit dem angenommenen Wert von $Y : Q$ für jedes Fahrzeug aus den Abmessungen der Achshalter berechnet werden, wenn die Durchbiegung der Schiene f_s vernachlässigt wird. $f_y = 6$ mm ist ein aus Nachrechnungen gefundener Mittelwert. i ergibt sich für Wagen mit 2, 3 und 4 Achsen zu 2,4, 3,5 und 4,8. Bei Drehgestellen ist die Formel $i = \frac{M_y \cdot g}{Q}$ ebenfalls anwendbar, wobei M_y für das Drehgestell

selbst gilt, jedoch ist Q nicht auf die Belastung des leeren Drehgestelles, sondern des belasteten zu beziehen. Dann erhalten wir für Drehgestelle mit 2 bzw. 3 Achsen die Werte $i = 1,0$ bzw. 1,5. In der folgenden Zahlentafel ist für eine Anzahl Wagen und Lokomotiven die Geschwindigkeit V angegeben, die unter allen Umständen ohne Gefährdung der Betriebssicherheit zugelassen werden kann.

Fahrzeug	Achsenzahl	a m	l' m	C	V km/Std.
Einheitspersonenwagen	2	8,5	13,5	31	166
Stadtbahnwagen	3	6,5	10,5	26,4	106
Gedeckter Güterwagen	2	4,5	8,5	31	74
Kohlenwagen	2	3,6	7,2	31	55
Großgüterwagen	4	7,2	11,7	22	98
Drehgestell, zweiachsig	2	2,5	2,7	48	111
Drehgestell, dreiachsig	3	3,5	3,7	38,9	128
Straßenbahnwagen	2	2,0	6,0	38,7	26
Straßenbahnwagen	2	2,8	9,7	38,7	31,5
Güterlokomotive G 3	3	3,4	7,15	26,4	42,5
Tenderlokomotive T 3	3	3,0	6,15	26,4	38,5

Die errechneten Werte der größten zulässigen Geschwindigkeit scheinen mit der Erfahrung gut übereinzustimmen. So haben z. B. die G 3 bzw. T 3 größte Geschwindigkeiten von 45 bzw. 40 km/Std. Die Einführung des Radstandes a im Quadrat ist das Wesentliche der Formel (9); das wird auch nicht dadurch beeinflusst, daß wir beim Seitenstoß die Verschiebung des Fahrzeugs vernachlässigt und nur seine Drehung berücksichtigt haben. Durch das Glied a^2 unterscheidet sich die Formel auch wesentlich von der Annahme von Borries's der angab, daß zur Begegnung des Schlingerns der Radstand umso größer zu nehmen sei, je höher die beabsichtigte Fahrgeschwindigkeit ist. Die Formel (9) macht keinen Unterschied zwischen Wagen mit festen oder freien Achsen, obgleich bei letzteren durch die Schrägstellung der Federhänge eine gewisse Hebearbeit am Fahrzeug geleistet wird. Jedoch ist diese Arbeit sehr gering im Verhältnis zur Formänderungsarbeit. Weil die Seitenverschiebung des Fahrzeugschwerpunktes außer Betracht geblieben ist, macht die Formel (9) auch keinen Unterschied zwischen Drehgestellen mit fester oder seitlich nachgiebiger Auflagerung des Wagenkastens. Noch nicht geklärt ist bei Lokomotiven mit Laufachsen die richtige Festsetzung des Radstandes a . Er hängt von der Stärke der Rückstellfedern ab. Fehlen sie, wie in Österreich, ganz, so ist nur der feste Radstand als a zu rechnen. Je stärker sie sind, umso größer ist a zu nehmen. In welcher Weise das zu berücksichtigen ist, muß späteren Arbeiten vorbehalten werden. Überhaupt handelt es sich ja auch nur um einen ersten Versuch, dem Problem des Schlingerns rechnerisch näher zu kommen. Der Ausbau der Theorie und ihr Vergleich mit der Erfahrung bietet noch ein reiches Arbeitsfeld.

Führen wir in die Gleichung (7) $Q = M_y \cdot g$ ein, so können wir sie in der übersichtlichen Form erhalten

$$V = \frac{a^2}{l' \cdot s} \sqrt{\frac{766 \cdot (f_y \cdot Y : 2)}{M_y}} \dots \dots \dots (10)$$

Vor dem Wurzelzeichen, das die Dimension einer Geschwindigkeit hat, stehen nur lineare Größen, unter der Wurzel erscheint das Arbeitsvermögen $(Y \cdot f_y : 2)$ der den Stoß aufnehmenden Teile und die reduzierte Masse M_y .

III. Senkrechte Bewegungen.

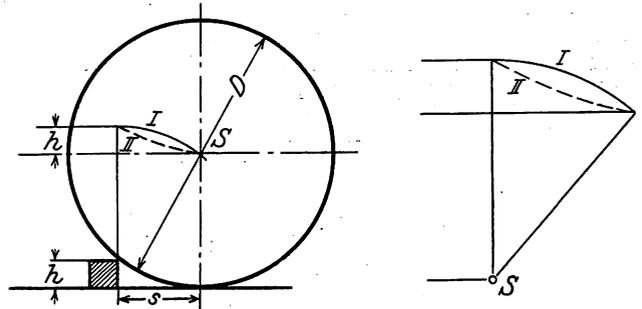
Das Wogen ist eine sehr seltene Erscheinung, die nur dann auftritt, wenn der Radstand gleich der Schienenlänge ist und Resonanz zwischen der Schwingungsdauer der Tragfedern und dem Takt der Schienenstöße eintritt. Dies war der Fall bei den ersten D-Zugwagen der preussischen Staatsbahn mit 12 m Drehzapfenabstand. Auf 12 m langen Schienen war bei etwa 35 und 70 km Geschwindigkeit das Wogen stark bemerkbar.

Da durch zweckmäßige Bauart und gute Unterhaltung das Schlingern jetzt fast ganz vermieden wird, bilden die senkrechten Stöße jetzt die Hauptursache für die Zerstörung des Oberbaues und die Ermüdung der Reisenden.

a) Tote Lasten.

Kollt ein Rad vom Durchmesser D über ein hartes Hindernis von der Höhe h (Abb. 6), so muß sein Schwerpunkt einen

Abb. 6.



Kreisbogen I beschreiben. Dies würde eine plötzliche Ablenkung des Rades in senkrechter Richtung bedeuten, wozu eine unendlich große Kraft erforderlich wäre. In Wirklichkeit würde sich das Gleis durchbiegen und unter Hervorrufung senkrechter Kräfte das Rad allmählich beschleunigen, bis es die Höhe h erreicht hat. Die Bahn des Schwerpunktes S ist schwer zu ermitteln, jedoch wollen wir die denkbar günstigste Annahme machen, daß die erwähnten senkrechten Kräfte während des Weges s unveränderlich seien. Dann ist die Bahn des Schwerpunktes S eine Parabel II und wir können die einfachen Beziehungen aufstellen $h = \frac{p_1 \cdot t^2}{2}$, $p_1 = 2h : t^2$; andererseits ist $t = \frac{s \cdot 3,6}{V}$. Daraus folgt $p_1 = \frac{2h \cdot V^2}{s^2 (3,6)^2}$; genau genug ist $s^2 = h \cdot D$ und wir erhalten $p_1 = \frac{2h \cdot V^2}{hD (3,6)^2} = \frac{1}{6,48} \frac{V^2}{D}$, also unabhängig von h . Wir sind dadurch in der Lage, für bestimmte Geschwindigkeiten und Raddurchmesser die Wirkung der toten Lasten auf das Gleis zu berechnen. Es ist gleichgültig, ob das Hindernis h gebildet wird durch Stofslücken oder Herzstücke oder Schlaglöcher. In der folgenden Zahlentafel bedeutet $p_1 : g$ die Vermehrung des Raddruckes für jedes kg toter Last bei einem Raddurchmesser von 1 m.

V	15	30	60	km/Std.
p_1	34,7	138	555	m/sec ²
$p_1 : g$	3,5	14	56	

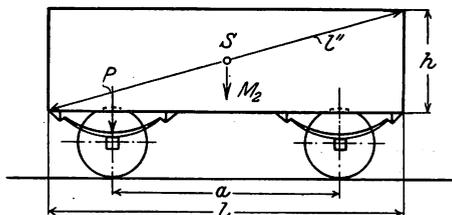
Schon bei 30 km Geschwindigkeit würde also ein ruhender Achsdruck von 14 Tonnen durch eine Achse von 1 t Gewicht um das doppelte erhöht werden. Bei größeren Geschwindigkeiten treten unbedingt zerstörende Wirkungen ein.

Diese kleine Überschlagsrechnung führt aber so recht deutlich die schädliche Wirkung großer ungefederter Massen vor Augen. Es wird noch lange nicht genügend darauf gesehen, die toten Lasten auf das denkbar geringste Maß zu vermindern. Eigentümlich berührte die Beobachtung, daß bei der preussischen Staatsbahn das Pullmann-Drehgestell mit dem schweren ungefederten Schwanenhalsträger zu der Zeit eingeführt wurde, als man es in Rußland seines zerstörenden Einflusses auf den Oberbau halber entfernte. Die reifenlosen amerikanischen Hartgulsräder erscheinen hier ihres geringen Gewichtes wegen unter einem neuen Gesichtspunkt. Völlige Verständnislosigkeit für die am Oberbau angreifenden Kräfte zeigt auch der Vorschlag, zur Bekämpfung der Riffelbildung in den Rädern leicht entfernbare Belastungsgewichte anzubringen! Dies hiefse doch den Teufel austreiben mit Beelzebub, der Teufel obersten.

b) Gefederte Lasten.

Beim Überlaufen einer Unebenheit hebt sich die Achse um das Maß h . Die Masse des Fahrzeugs folgt jedoch erst viel später nach, so daß wir die Durchbiegung der Tragfeder $\Delta f = h$ setzen können. Nach Abb. 3 erteilt dann die Kraft ΔP dem Wagenkasten die Beschleunigung p_2 . Diese Beschleunigungen sind die Ursache der Ermüdung der Reisenden, weil die Muskeln fortwährend neue Gleichgewichtslagen wiederherstellen müssen. Andererseits bewirkt die Beschleunigung p_2 eine Vermehrung des Raddruckes. Aus beiden Gründen ist also p_2 möglichst klein zu halten.

Abb. 7.



Die Kraft ΔP beschleunigt den Schwerpunkt S der Masse M des Wagenkastens und dreht letzteren um S. Wir führen wieder eine reduzierte Masse M_2 ein, die in bezug auf ΔP die gleiche Wirkung hat, wie die Masse des Wagenkastens (Abb. 7). Aus einer Entwicklung auf der gleichen Grundlage wie für M ergibt sich $p_2 = \frac{P}{M_2} \left(2 + 3 \frac{a^2}{l'^2} \right)$. Da andererseits $p_2 = \Delta P : M_2$ sein soll, so wird $M_2 : M = m = 2 + 3 \frac{a^2}{l'^2}$. Es ist $m = 1$ in bezug auf eine Mittelachse,

$$m = 3,5 \text{ bei } a : l = 0,7,$$

$$m = 4,4 \text{ « } a : l = 0,8.$$

Bezeichnet i die Anzahl der Räder, so ist $\frac{iP}{g} = M_2 = m M$.

Nach Einführung dieser Gleichung und der Beziehung $\Delta P : P = h : f$ erhält man $p_2 = \frac{hg}{f i m} \dots \dots \dots (10)$

Daraus folgt, wenn wir h als unveränderlich annehmen, daß für einen gegebenen Wagen die Weichheit der Federung und die Annehmlichkeit des Fahrens nur von der Durchbiegung der Tragfedern f abhängt. Sie muß also möglichst groß sein. Nicht zu übersehen ist auch die Rückwirkung auf das Gleis, weil der Achsdruck durch ΔP vermehrt wird. So findet man z. B. bei Straßenbahnwagen kurze Schraubenfedern zwischen Achslager und Rahmen, deren Federung so gering ist, daß

das Rahmengestell fast ganz als tote Last wirkt und den Oberbau entsprechend zerhämert.

Wenn wir ferner das wenig veränderliche m als konstant annehmen, so erreichen wir gleich gute Abfederung, wenn $f \cdot i = \text{const.}$ ist. Da $\frac{1}{2} i P f$ das Arbeitsvermögen aller Federn und $i \cdot P$ das Gesamtgewicht des Wagens ist, so folgt, daß zwei gleich schwere Wagen verschiedener Achsenzahl gleich gut gefedert sind, wenn das Gesamtvermögen aller Federn gleich groß ist. Ein Ergebnis, das nach kurzer Überlegung als selbstverständlich erscheint.

Folgende Werte für f entsprechen etwa bewährten Ausführungen: Hauptbahnwagen mit 2, 3, 4 Achsen $f = 24, 16, 12$ cm; Kleinbahnwagen mit 2, 4 Achsen, 16, 12 cm; Güterwagen 6—8, Straßenbahnwagen $f = 12, 16$ cm. Der beladene Wagen läuft weicher als der leere, weil f größer ist. Man kann den Unterschied geringer halten, wenn man f nicht im gleichen Verhältnis mit P wachsen läßt; f bei wechselnder Belastung ganz unverändert zu halten, ist unmöglich. Es gibt verschiedene Bauarten, die nach diesem Ziel dadurch streben, daß mit zunehmender Kraft P ihr wirksamer Hebelarm abnimmt.

Durch P und f ist das Arbeitsvermögen und das theoretische Gewicht der Feder völlig bestimmt. Die Frage nach dem günstigsten Federblattquerschnitt ist also in der Beziehung müßig.

Wahl der Federart.

Das Arbeitsvermögen der Blattfeder ist $A = \frac{\sigma_b V}{18 E}$, das der

Schraubenfeder $= \frac{\sigma_a V}{4 G}$ (worin E Elastizitätsmodul, G Gleitmodul, V Volumen der Feder, σ_b Biegespannung, σ_a Schubspannung). Die Eigenreibung der Blattfeder beeinträchtigt zwar ihre Federwirkung, sie ist aber zur Dämpfung von Schwingungen vorteilhaft. Die Größe der Eigenreibung wird durch die Gleichung von Noltein-Marié: $Pr : P = h(n-1)\mu : l$ ausgedrückt. Hier bedeutet: Pr den Reibungswiderstand, h die Höhe der Federblätter, n die Zahl der Federblätter, l die halbe freie Länge, μ der Reibungskoeffizient. Die Formel ergibt Reibungskräfte P , die nur wenige % der Belastung betragen. Die Beobachtung zeigt aber, daß Blattfedern nur 2—3, Schraubenfedern 4—5 wahrnehmbare Schwingungen ausführen. Offenbar gibt es noch viele andere Ursachen der Dämpfung, z. B. die Reibung in den Achslagerführungen und die der Schraubenfedern auf ihren Stützflächen usw. Zur Verminderung der Eigenreibung ist bei den Einheitswagen der Deutschen Reichsbahn die Anzahl der Blätter bei Vergrößerung ihrer Höhe vermindert worden. Da gleichzeitig die Durchbiegung der Federn f auf 24 cm gegenüber 16 cm bei dreiachsigen Wagen erhöht worden ist, so laufen die Wagen über Weichen und Schienenenden zwar sehr gut, aber sie zittern und dröhnen dort, wo sich auf den Schienen Riffeln gebildet haben.

Die Ursache der Riffelbildung kann hier außer Betracht bleiben. Uns muß die Tatsache genügen, daß sie auf fast allen Hauptbahnen vorhanden ist und wir die Abfederung der Wagen so zu gestalten haben, daß die Wirkung der Riffeln möglichst unschädlich wird. Für den Reisenden ist das Dröhnen der Wagen sehr lästig; der Zweck der Schlafwagen kann dadurch vereitelt werden. Auf alle Verbindungen wirkt es zerstörend und vermutlich laufen die Wagen schwerer, weil andauernd Arbeit aufgewandt werden muß, um sie trotz aller Dämpfungen im Schwingungszustand zu erhalten.

Die Tragfedern mit ihrer großen Schwingungsdauer verhalten sich den Erschütterungen mit sehr hoher Schwingungszahl gegenüber als vollkommen träge. Nun zeigt aber die Erfahrung,

dafs Wagen, die zum grössten Teil in Schraubenfedern hängen, wie z. B. die amerikanischen Drehgestelle mit Schwanenhals-träger nicht dröhnen. Wahrscheinlich liegt der Grund darin, dafs eine solche Feder nicht nur im Ganzen, sondern auch mit Knotenpunkten schwingen kann, so dafs ihre Schwingungsdauer auch den dritten, fünften, siebenten usw. Teil betragen kann. Eine richtig eingebaute Schraubenfeder kann also auch sehr schnell schwingen und infolgedessen auf die von den Riffeln hervorgerufenen Erschütterungen ansprechen. Solche kleine schnelle Schwingungen werden aber sehr leicht durch Reibung gedämpft, weil $\Delta P = \frac{Ph}{f}$ wegen der sehr kleinen Grösse h nur

gering ist. Bei den preussischen Drehgestellen älterer Bauart tritt zwischen Federspannschraube und Kugelgelenk meist beträchtliche Reibung auf, die ein Schwingen der Schraubenfeder mit Knotenpunkten verhindert. Eine Blattfeder kann infolge ihrer grossen inneren Reibung niemals mit Knotenpunkten schwingen, wird also die von den Schienenriffeln herrührenden Erschütterungen in vollem Masse auf den Wagenkasten übertragen. Wir müssen also künftig bei Personenzugwagen die Gesamtdurchbiegung f aufteilen in die der Blattfedern f_b und die der Schraubenfedern f_s , $f = f_s + f_b$. Der Anteil der Schraubenfedern kann um so grösser werden, je länger der Radstand im Verhältnis zur Wagenlänge ist, weil in dem gleichen Masse die nickenden Bewegungen sich vermindern. Es erscheint empfehlenswert, zu wählen: $f_s : f = a : 1$.

Einen Entwurf für die Einheitswagen der Deutschen Reichsbahn zeigt Abb. 2, Taf. 5. Die Blattfedern von 950 mm Länge sind um $f_b = 38$ mm durchgebogen, die Schraubenfedern jedoch um $f_s = 162$ mm. Die wagrechte Komponente der Federgehänge wird durch Zugstangen aufgenommen, so dafs die Federspannschraube sich praktisch ohne Reibung senkrecht verschieben kann. Bei Abnutzung der Radreifen kann sie durch die Stellmutter am Federteller verkürzt werden. Die Achsbüchsen erhalten nur in der Längsrichtung Spiel. Seitenspiel ist für den Bogenlauf nicht erforderlich und führt zu verwickelter Bauart des Federgehanges.

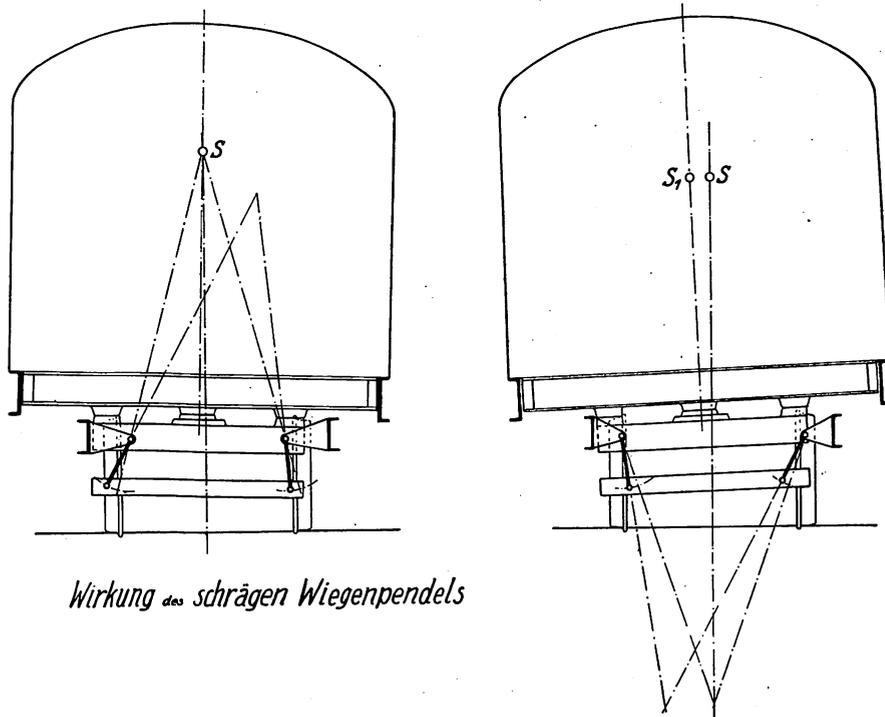
Der Rahmen des Drehgestells (Abb. 3, Taf. 5) ist nach den gleichen Grundsätzen gefedert, $f_b = 47$, $f_s = 100$ mm. Wegen der besonderen Anforderungen an den weichen Lauf der D-Wagen sind noch Seitenfedern II mit einer Durchbiegung von 61 mm angeordnet, so dafs die Gesamtfederung von 208 mm derjenigen der älteren D-Wagen gleicht. Um das Gewicht möglichst zu vermindern, ist der Drehzapfen nicht belastet, sondern dient nur zur Führung. Die Last des Wagenkastens wird von der tragenden Seitenwand unter Vermeidung grosser, schwere Bauteile erforderlicher, Biegemomente auf den Drehgestellrahmen übertragen. Der Bund der Seitenfeder stützt sich auf einen leichten Querträger des Wagenkastens, während die Enden in Pendeln und Schneiden in allen Richtungen frei beweglich aufgehängt sind.

Von grosser Wichtigkeit für die Seitenschwankungen des Wagenkastens ist die Entfernung seiner Stützpunkte und die Aufhängung der Pendel. Textabb. 8 zeigt den Einfluss der Pendel auf die Bewegung des Schwerpunktes des Wagenkastens. Bei einem Seitenstofs mufs er verschoben und gedreht werden. Im Falle nach oben konvergierender Pendel bleibt der Schwerpunkt fast unverrückt. Da nun jetzt die Stofsenergie allein

auf Drehung wirkt, wird diese sehr heftig. Konvergieren jedoch die Pendel nach unten, so wird die Verschiebung des Schwerpunktes grösser als die des Drehzapfens, so dafs die Zentrifugalkräfte den Wagenkasten stark überneigen. Am besten erscheint deshalb der Mittelweg mit senkrechten Pendeln. Ferner liegen die Stützpunkte des Wagenkastens in der grossen Entfernung von 2250 mm, gegenüber 1530 mm bei den Drehgestellen mit Wiege. Es leuchtet ohne weiteres ein, dafs die Standsicherheit in dem gleichen Verhältnis zunimmt. Hermann hat in Glasers Annalen (Nr. 924 vom 15. 12. 1915) auf diese Verhältnisse schon hingewiesen. Der Drehgestellradstand wurde zu 2,5 m angenommen, was, wie oben erwähnt, bis zu Geschwindigkeiten von 111 km Std. unbedingt gefahrlos ist. Ein schlecht unterhaltenes Drehgestell schlingert auch bei grösserem Radstand in unangenehmer Weise. Der kleinere Radstand wirkt aber sehr günstig im Sinne einer Verminderung des Gewichtes, das bei dem Entwurf sehr gering ist. Ein weiterer Vorzug des Drehgestells liegt darin, dafs alle der Wartung bedürftigen Teile, wie Tragfedern, Pendel, leicht zugänglich aufsen liegen. Da Drehpfannen und Gleitplatten fehlen, stellt sich das Drehgestell frei ein und die Kosten für Wartung und Unterhaltung sind gering.

Das Ergebnis unserer Betrachtungen ist kurz folgendes: Zur Schonung des Oberbaues müssen die toten Lasten auf ein Mindestmafs beschränkt werden, andernfalls kann der Druck des laufenden Rades auf ein mehrfaches des ruhenden steigen.

Abb. 8.



Die Sicherheit gegen gefährliche Schlingerbewegungen steigt bei einem gegebenen Wagen mit dem Quadrat des Radstandes. Die Abfederung zweier gleich schwerer Fahrzeuge ist, unabhängig von der Achsenzahl, dann gleich gut, wenn die Summe der Arbeitsvermögen aller Tragfedern gleich ist. Um das durch die Schienenriffeln hervorgerufene Dröhnen des Wagenkastens zu bekämpfen, ist von der Gesamtfederung aus Schrauben- und Blattfedern um so mehr auf die Schraubenfedern zu nehmen, je grösser der Radstand im Verhältnis zur Wagenlänge ist.

Bestrebungen der D. R. G. zur Verbesserung des Signalwesens.

Über die Bestrebungen zur Verbesserung des Signalwesens gibt uns die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft folgende Mitteilungen.

Der ungewöhnlich schwere Eisenbahnunfall bei Herne*) hat erneut die Aufmerksamkeit auf die schon mehrfach in der Öffentlichkeit behandelte Frage gelenkt, warum die Eisenbahnen nicht Einrichtungen treffen, um die Stellung des Signals durch ein Zeichen irgend welcher Art auf dem Führerstand der Lokomotive erkennbar zu machen und so die Gefahren, die aus der mangelhaften Erkennbarkeit der Signale bei Nebel oder Schneegestöber entspringen, aus der Welt zu schaffen. Hierauf ist zu erwidern, daß die Reichsbahn schon in den Jahren vor dem Kriege zahlreiche Versuche mit den verschiedenartigsten Einrichtungen zum Zweck der Signalübertragung auf die Lokomotive vorgenommen hat, daß aber alle diese Apparate den Anforderungen, die an sie gestellt werden mußten, nicht genügt haben.

Während des Krieges und in den ersten Nachkriegsjahren mußten die Versuche begrifflicherweise ruhen, sie wurden aber schon im Jahre 1923 vor der Katastrophe bei Kreiensen wieder aufgenommen, obgleich gerade in den Kreisen der Lokomotivführer Widerspruch gegen die Signalübertragung laut wurde und auch in anderen Eisenbahnfachkreisen vielfach Abneigung dagegen bestand. Angesichts der früheren wenig günstigen Erfahrungen mit der mechanischen und der elektromagnetischen Übertragungsweise wurde das neueste Mittel, die Funktechnik in den Dienst der Sache gestellt. Die hierauf gesetzten großen Erwartungen haben sich leider bisher nicht erfüllt, obgleich sich eine führende Firma auf dem Gebiet des Funkwesens mit ihren auserlesenen Kräften und Hilfsmitteln der Versuche aufs eifrigste angenommen hat. Die Reichsbahn wird aber trotzdem nicht ablassen, die Frage der Signalübertragung weiter zu verfolgen und mit brauchbar erscheinenden Einrichtungen, denen die Mängel der früheren Vorschläge nicht anhaften, gegebenenfalls Versuche anstellen unter dem Gesichtspunkt, daß über kurz oder lang doch mit Wahrscheinlichkeit die Signalübertragung auf den Führerstand im Eisenbahnwesen sich Bahn brechen wird, und ein so wichtiges Eisenbahnunternehmen im Herzen Europas, wie die Reichsbahn, dann in jeder Beziehung vorbereitet dastehen muß.

Sehr beachtenswert ist es, daß in Amerika, wo in den Nachkriegsjahren mit großem Eifer und erheblichen Geld-

*) Der Unfall ereignete sich am 13. Januar dadurch, daß der Schnellzug D 10 Berlin - Köln, von Dortmund kommend, auf einen in Station Herne haltenden Personenzug auffuhr. Soweit bisher ermittelt wurde, hat der Schnellzug das infolge dichten Nebels schwer sichtbare Haltsignal überfahren. Dem beklagenswerten Unfall fielen 25 Personen zum Opfer, 27 wurden schwer verletzt.

mitteln an die Signalübertragung herangegangen wurde, jetzt eine erhebliche Ernüchterung auf diesem Gebiet Platz gegriffen hat, und sich die Erkenntnis Bahn bricht, daß es richtiger ist, wie in Deutschland geschehen, zunächst Versuche anzustellen, bevor man daran geht, ganze Eisenbahnnetze mit unvollkommenen Einrichtungen auszurüsten.

Zweifellos wird man bei dem gegenwärtigen Stande der Angelegenheit, bei uns und im Ausland, damit rechnen müssen, daß noch Jahre vergehen werden, bis die Aufgabe der Signalübertragung so gelöst ist, daß sie in vollem Umfang auf den Eisenbahnen zur Anwendung gelangen kann. Unter diesen Umständen ist es geboten, den Blick auch auf schneller erreichbare Verbesserungen zur Erhöhung der Signalwirksamkeit zu richten. Ein bekanntes Mittel hierfür bilden die Knallsignale, die auf den Schienen befestigt und durch die darüberfahrende Lokomotive zur Explosion gebracht werden. Ihre Anwendung ist bei der Reichsbahn für besondere Fälle vorgesehen, z. B. bei der Deckung liegendebliebener Züge und zur Ankündigung besonderer Haltsignale, deren Vorhandensein dem Personal nicht bekannt ist. Die Anwendung in Verbindung mit den dauernd vorhandenen Mastsignalen (Einfahrtsignalen usw.) ist nicht bindend vorgeschrieben; es lag also im Falle Herne keine Verpflichtung für das Personal vor, Knallsignale auszulegen. Die Frage, ob man nicht eine solche Verpflichtung allgemein für den Fall auftretenden Nebels vorschreiben sollte, ist in früheren Jahren bereits in Verbindung mit zahlreichen Versuchen eingehend geprüft worden, wobei man jedoch zu dem Ergebnis gekommen ist, daß die Maßnahme keinen Erfolg verspricht.

Ein anderes bemerkenswertes Mittel, um bei Nebel die Signale aufdringlicher zu gestalten, wird sich voraussichtlich in der Anwendung sogenannter Tageslichtsignale ergeben, die einen durch Stufenlinien stark konzentrierten farbigen Lichtkegel aussenden, der den Nebel durchdringen soll. Versuche mit diesen Signalen sind im Gange, ihre Durchführung soll mit allen Mitteln beschleunigt werden.

Ein weiteres in der Presse gelegentlich des Herner Unfalles in Vorschlag gebrachtes Mittel zur Erhöhung der Betriebssicherheit bei der Einfahrt in Bahnhöfe bietet die sogenannte Verdoppelung der Blockstrecken. Bei dieser Anordnung ist der Gefährpunkt durch vier statt wie gewöhnlich durch zwei Signale geschützt. Die Anordnung bietet für die Reichsbahn nichts Neues, vielmehr ist der Gedanke bereits durch Normalzeichnungen für solche Anordnungen verankert und an vielen Stellen zur Anwendung gelangt. Seine allgemeine Einführung scheidet jedoch gerade an verkehrsreichen Stellen daran, daß die Betriebsabwicklung dadurch beeinträchtigt wird.

Persönliches.

Karl Henschel †.

Geh. Kommerzienrat Dr. Ing. e. h. Karl Henschel, der Chef der Lokomotivfabrik Henschel & Sohn in Cassel, ist am 11. Dezember vor. Js. im Alter von 51 Jahren verschieden.

Als einzigem Sohn des Vorbesitzers der Firma stand ihm die dereinstige Nachfolge in der Leitung des großen, damals schon Weltruf genießenden Unternehmens vor Augen und seine Ausbildung wurde daher in diesem Sinne geleitet. Seine Kränklichkeit in den Jugendjahren störte vielfach den regelrechten Ausbildungsgang. Er besuchte das Realgymnasium, genoß aber außerdem vielseitigen Privatunterricht, später arbeitete er praktisch in der väterlichen Fabrik und studierte in Karlsruhe und besonders auch in Darmstadt an den technischen Hochschulen.

In dieser Zeit, im Jahre 1894 — Henschel war erst 21 Jahre alt — starb unerwartet früh sein Vater. Seine Mutter, eine Frau von hohen Geistes- und Charaktereigenschaften, verwaltete als Universalarbin das Unternehmen zunächst weiter. 1896 trat jedoch Karl Henschel in die Verwaltung ein und arbeitete sich dann im Laufe der Jahre mit eiserner Energie in seine schwierigen Aufgaben hinein. Es galt damals Schritt zu halten mit dem raschen Tempo der wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands, das nur durch vorübergehende Schwankungen unterbrochen wurde. Großzügige, weitsichtige Entschlüsse waren dazu erforderlich. Während der Jahre 1901 bis 1904 wurde fast die ganze Anlage des Casseler Werkes neu gestaltet. Mit der vergrößerten Leistungsfähigkeit der Fabrik und dem stärker werdenden Bedarf machte sich das Fehlen eines eigenen Hüttenwerks immer mehr fühlbar. In

richtiger Erkenntnis dieser Sachlage wurde im Februar 1904 von der Dortmunder »Union« die Henrichshütte bei Hattingen a. d. Ruhr käuflich erworben. Während noch der Ausbau der Casseler Werke im vollen Gange war, wurde die Henrichshütte zu einem ersten Qualitätswerk ausgebaut.

Zur Herstellung von Geschützen wurde im Weltkrieg in Mittelfeld ein neues Werk errichtet, das, gegen Ende des Krieges erst fertiggestellt, dem Organismus der Firma in sachgemäßer Weise eingegliedert und zur Erweiterung der Lokomotivbauwerkstätten verwendet wurde. Mit diesen Anlagen

hat es die Firma zur weitaus größten der deutschen Lokomotivfabriken gebracht.

Karl Henschel hat als Leiter eines Unternehmens, das Tausende von Arbeitern und Angestellte beschäftigt, auch stets ein warmes, hilfsberechtigtes Herz gehabt, wenn es auch nicht in seiner Art lag, im öffentlichen Leben hervorzutreten. —

Ein Menschenleben voll harter Arbeit und Pflichterfüllung hat mit dem Tode Karl Henschels einen unerwartet frühen Abschluss gefunden!

Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

Stoffwesen.

Betrachtungen über den Stand der Stahlfrage für Eisenbahnschienen in Belgien.

M. J. Servais, der Leiter der metallographischen Versuchsanstalt der belgischen Staatsbahnen, gibt im Bulletin des intern. Eisenbahn-Kongressverbandes die neuen technischen Lieferbedingungen für Schienen bekannt und erörtert dabei die Entwicklung der Schienenherstellung und die Versuche zur Verbesserung ihres Baustoffes. In Belgien werden die Schienen, ebenso wie in Frankreich und Luxemburg, nach dem Bessemerverfahren hergestellt.

Seit 1920 schreiben die Lieferbedingungen einen Gehalt an Silizium im Mindestbetrag von 0,2% vor, während früher ein Siliziumgehalt nicht vorgesehen war. Die Industrie geht noch höher bis 0,2 bis 0,3%, ohne Zurückweisung der Schienen deshalb befürchten zu müssen. Servais kommt jedoch zu dem Schlusse, daß 0,2% Silizium schon die obere Grenze bilde und daß als Höchstgehalt ein Maß zwischen 0,1 und 0,2% anzusetzen sei.

Um den Widerstand der Schienen gegen Abnutzung zu erhöhen, wählt man außer der Erhöhung des Siliziumgehaltes auch einen erhöhten Kohlenstoffgehalt behufs Erzielung größerer Härte der Schienen. Man muß aber auch im Auge behalten, daß bei Thomasstahl ein Kohlenstoffgehalt, der merklich über 0,5% hinausgeht, gefährlich zu sein scheint und daß die vorgeschriebenen mechanischen Festigkeitsziffern hierbei nicht mehr eingehalten werden können.

Die schädliche Einwirkung von Phosphor und Schwefel auf die Festigkeitseigenschaften des Stahles ist bekannt. Als äußerste zulässige Menge Schwefel in belgischen Schienen werden 0,05% betrachtet.

Das Verfahren, Schienen mit sorbitischem Gefüge herzustellen, wodurch die Lauffläche widerstandsfähiger wird, hat in Belgien planmäßige Anwendung nicht gefunden. Es scheint sich auch nicht in großem Maße einzuführen und mehr für Straßenbahnen geeignet zu sein.

1910 hat die Gesellschaft John Cockerill in Seraing 50 Elektroschienen geliefert. Sie wurden auf der schiefen Ebene zwischen Lüttich und Ans im Vergleich zu 50 gewöhnlichen Thomasstahlschienen eingebaut. 1912 hat die gleiche Gesellschaft auch 50 Titanstahlschienen geliefert, die in der gleichen schiefen Ebene verlegt wurden. Der Krieg hat die Beobachtungen abgebrochen. Im allgemeinen sind Spezialstähle wegen ihres hohen Preises in ihrer Anwendung auf gewisse Sonderfälle beschränkt.

Manganstahl entspricht ohne Zweifel den weitgehendsten Anforderungen. Auf belgischen Eisenbahnen ist die Verwendung bis jetzt beschränkt auf eine gewisse Anzahl verkehrsreicher, größtenteils in Pflaster liegender Bahnkreuzungen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß Kreuzungen aus Manganstahl viel besser als solche aus anderem Baustoffe halten; sie kosten 5 bis 6 mal soviel wie gewöhnliche Schienen, haben aber auch eine 7 bis 10 mal so lange Dauer. Wahrscheinlich wird man in der Folge vom Manganstahl einen viel ausgedehnteren Gebrauch machen, sofern nur die Preise hierfür erträglich erscheinen.

Dr. S.

Schienenbehandlung mit sorbitischer Gefügebildung.

Diese Schienenbehandlung wird in den Clevelandwerken von Bolckow, Vaughan & Co., Ltd., wie in einem Aufsatz des Bulletin des internat. Eisenbahn-Kongressverbandes vom Dez. 1924 näher

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. LXII. Band. 3. Heft. 1925.

beschrieben, nach einem von Ingenieur Sandberg in London erdachten und diesem geschützten Verfahren angewendet. — Stahl wird bekanntlich in seinen physikalischen Eigenschaften in weitem Umfang beeinflusst durch seinen Kohlenstoffgehalt und die Art der Wärmebehandlung. Wenn das Kohlenstoffverhältnis zunimmt, so wächst die Härte, während die Dehnbarkeit und damit der Widerstand gegen Stöße abnimmt. Bei 0,7% Kohlenstoffgehalt wird im allgemeinen der Widerstand gegen Stöße ungenügend. Durch entsprechende Wärmebehandlung kann jedoch die normale Härte des Stahls sowohl bei mittlerem wie bei hohem Kohlenstoffgehalt erhöht oder erniedrigt werden.

Vom metallographischen Gesichtspunkt ist das sorbitische Gefüge eine Mittelstufe zwischen Perlit und Martensit. Letzterer ist hart wie Glas und äußerst zerbrechlich. Eine etwas weniger rasche Abkühlung gibt zu einer teilweisen Rekristallisation und zum Auftreten des „Troostit“-Gefüges, das weniger hart und zerbrechlich ist als Martensit, Anlaß. Bei noch langsamerer Abkühlung bildet sich Sorbit. Dieses Gefüge vereinigt größte Härte mit einem Höchstmaß von Zähigkeit. Man wendet sorbitisches Gefüge an für Stahl, der besonders starken Abnutzungen und Stößen ausgesetzt ist. Der perlitische oder vollkommen rekristallisierte Zustand vereinigt das Höchstmaß von Weichheit und Dehnbarkeit.

Das sorbitische Verfahren nach Sandberg besteht darin, daß an den Schienen, unmittelbar nach dem Verlassen der Walzenstraße, also bei einer merklich über dem kritischen Punkte liegenden Temperatur, die Schienenköpfe abgekühlt werden. Man geht dabei nach einer Temperaturskala und mit einer Geschwindigkeit vor, die darauf berechnet ist, das kristallinische Gefüge gerade auf dem Punkte festzuhalten, wo der sorbitische Zustand erreicht ist. Das Verfahren wurde schon seit Jahren bei Geschützrohren und anderen besonderen Schmiedestücken angewendet, auf Schienen aber erst jetzt ausgedehnt.

Das Verfahren wird in folgender Weise durchgeführt: Über einem Abkühlisch befindet sich ein Kasten, der nach seiner Länge in zwei Abteilungen geschieden ist. Davon dient die eine als Wasserbehälter, die andere als Behälter für Druckluft von 0,05 bis 0,07 at. Die Schiene wird durch Prätzen hydraulisch gehoben. Dann richtet eine Reihe von Düsen in 63 mm Abstand auf den Schienenkopf in seiner ganzen Länge einen kalten Luftstrahl, dessen abkühlende Wirkung noch verstärkt wird durch fein verteilte Wasserstrahlen. Die Abkühlungsdauer wechselt mit der Querschnittsfläche des Schienenkopfes und mit der Temperatur der Schiene zu Beginn ihrer Behandlung. Wenn infolge einer Verzögerung in der Walzung oder aus anderer Ursache die Schiene schon zu Beginn die niederste Temperatur, etwa 770 bis 780° C hat oder sich nur wenig über der kritischen Grenze befindet, so wird von der Behandlung abgesehen. Man hat in den Clevelandwerken festgestellt, daß eine Einrichtung genügt, um die Hälfte der Walzwerkerzeugung zu behandeln, wie dies zunächst beabsichtigt ist. Die stündliche Leistung ist 30 bis 60 Schienen.

Versuche im Vergleiche mit gewöhnlichen, auf basischem Wege hergestellten Schienen unter Anwendung von Schlaggewichten mit bis zu 6,8 m Fallhöhe, sowie Proben nach dem Brinellschen Verfahren ergaben, daß die sorbitische Behandlung die Festigkeit von 86,8 kg auf 103,5 kg/qmm erhöht hatte, während die mittlere Dehnung von 16% nicht unter 12,4% heruntergegangen war. Die mittlere Brinellziffer war von 231 auf 296 gestiegen. Unter dem Fallgewicht

ist an den behandelten Schienen kein einziger Bruch vorgekommen, wodurch die Widerstandsfähigkeit gegen Stoßbeanspruchungen nachgewiesen ist. Vorderhand ist die sorbitische Behandlung mehr auf Radreifen angewendet worden.

Dr. S.

Altstoffwirtschaft in Eisenbahnwerken.

(Glaser's Annalen 1924. Heft 11.)

Oberregierungsbaurat Haas sprach in der Deutschen Maschinentechnischen Gesellschaft über „die Altstoffwirtschaft in den Eisenbahnwerken“, die, zumeist durch die Materialnot in der Kriegszeit entstanden, eine Maßnahme der Reichsbahn zur Einschränkung des Stoffverbrauchs ist und zu guten wirtschaftlichen Ergebnissen geführt hat. Das Eisenbahn-Zentralamt hat hierfür ein besonderes Dezernat errichtet, welches Richtlinien für die Aufgaben der Altstoffverwertung und die zur Durchführung geeigneten Maßnahmen aufstellt, und diese in Form von technischen Merkblättern bekannt gibt. In den Ausbesserungswerken sind Altstoffabteilungen eingerichtet, welche die zur Verwertung geeigneten Altstoffe entweder in einer besonderen mit Sandstrahlgebläse, elektrischer oder autogener Schweißanlage neuzeitlich eingerichteten Altstoffwerkstätte oder in den übrigen Werkbetrieben wieder nutzbar machen lassen.

Am meisten ist bis jetzt die Wiederverwertung im eigenen Betriebe ausgebaut für die anfallenden Eisenteile, das Holz und die wertvollen Stoffe. Von den Aufgaben der Altstoffverwertung werden angeführt:

A. Aufarbeitung von Altstoffen: Auffrischung alter Klemmplatten mit besonders hierfür gebauten Maschinen, Bauart Hellmann, mit der täglich bis zu 3200 Stück Klemmplatten wiederherstellbar sind; sodann Wagenbeschlagteile, Schrauben, Bolzen, Oberbaugeräte, sowie Fugenschrauben und Bremsklotzsteller mittels elektrischer Stumpfschweißmaschine.

B. Umarbeitung von Altstoffen: Herstellung von Unterslagscheiben aus beschädigten Puffertellern, von Tragfederlaschen aus alten Achshaltern, von Umkehrenden für die Überhitzerrelemente aus Eisenabfällen unter dem Dampfhammer und auf der Spindelpresse. Besonders vielseitig ist die Verwendung der ausgebauten Deckenstehbolzen zu Bremsklotzstellern, Bolzen, Schrauben, Stiften, Keilen, Kettengliedern, Ventilspindeln, Verschlüssen u. a. Aus alten Lokomotivradkörpern werden hergestellt: Flanschen für Zughakenfeder, Stoßpufferplatten, Stoßfedernbunde, Flanschen für Ein- und Ausströmröhre, Federgehänge, Achslager-Stellkeilschrauben, Flanschen für Kesselspeiserrohr, Injektorflanschen, Handstangenuntersätze, Federspannschrauben, Handgriffe, Rauchkammer-Türschlösser.

Durch die Altstoffverwertung wurden erspart im ersten Halbjahr 1923 rund 1 Million, im zweiten Halbjahr rund 2 1/2 Millionen Goldmark, oder bezogen auf den Wert der Neustoffe, die an ihrer Stelle hätten beschafft werden müssen, 73%. Teilweise ist dies günstige Ergebnis auf die besonderen wirtschaftlichen Verhältnisse dieses Jahres zurückzuführen, das für die Eisenbahnwerkstätten wesentlich geringere Lohnkosten und Unkostenzuschläge aufweist als das Vergleichsjahr 1914. Im Jahr 1923 sind die verarbeiteten Mengen von 3565 t auf 7811 t gestiegen.

Bei der weiteren, sich dem Friedensjahr 1914 mehr anpassenden wirtschaftlichen Entwicklung und der Wiederkehr angemessener Verhältnisse zwischen Lohn und Material wird die Prüfung streng durchzuführen sein, wie weit heute noch alle bisher vorgenommenen Arbeiten unter Verwendung von Altstoffen lohnend sind. Nach der besonderen Dienstvorschrift für die Altstoffverwertung hat die Prüfung der Wirtschaftlichkeit auf Grund eines besonderen Schemas der Selbstkostenberechnung zu erfolgen. Hierbei ist die zeitliche Veränderung der für die Wirtschaftlichkeit der Altstoffverwertung wichtigen Faktoren, wie der beim Verkauf der Altstoffe durchschnittlich zu erzielenden Erlöse, die beim Einkauf neuer Werkstoffe

durchschnittlich anzulegenden Preise, andererseits die für die Auf- bzw. Umarbeitung der Altstoffe aufzuwendenden Löhne und Unkosten zu beachten. Die Aufarbeitungslöhne für 1 kg Altstoffe werden zu durchschnittlich etwa 1/7 Arbeitsstunde, die Generalkosten zu durchschnittlich 200% angegeben, doch haben sich diese in letzter Zeit erheblich ermäßigt.

Unter Zuhilfenahme von Privatwerken werden von Oberbaualtstoffen besonders die Schienen und Schwellen hüttenmännisch aufgearbeitet. Erstere werden zu Schienen schwächeren Profils und in Feldbahnschienen, gleisunbrauchbare Schwellen zu Blechen von 3/4 bis 1 mm Stärke mit gutem technischen und wirtschaftlichen Erfolg ausgewalzt. Die jährlich mit etwa 12000 t anfallenden abgenutzten Wagen- und Tenderreifen, die bisher meistens eingeschmolzen und nur zum kleinen Teil unter dem Schmiedehammer zu Pflugscharen verarbeitet oder zu Schaufelblechen verwalzt wurden, werden neuerdings Halbzeug verarbeitenden Werken, die einen höheren Preis anlegen, zugeführt und in Stücken zu Blechen von etwa 2 bis 3 mm Stärke oder zu Stahl von verschiedenen Profilen verwalzt. Die bei der Ausmusterung von Radsätzen gewonnenen Achswellen werden nach sorgfältiger Feststellung ihrer Härte mit Schlaghärteprüfer meistens zu Rundeisen von 50 bzw. 80 mm Durchmesser verwalzt und zu verstärkten Zugstangen und Zwischenstücken verarbeitet, größere Mengen aber auch zu Stabeisen verschiedener Art und zu Kolbenstangenstahl bzw. Stahl zur Herstellung von Buchsenrohren verwendet. Alte Wickelfedern insbesondere Pufferfedern werden bis zu 80% in Privatwerken aufgearbeitet, und solche mit rundem Querschnitt zur Herstellung kleinerer Werkzeuge benutzt. Auch den vorzüglichen Baustoff alter Lokomotivradreifen will man in größerem Umfang der Verwertung zuführen.

Prz.

Erfahrungen mit hochwertigem Portlandzement.

Die einschneidenden technischen und wirtschaftlichen Vorteile der Verwendung von hochwertigem Portlandzement verdienen das weitgehendste Interesse aller Bauinteressenten.

In Heft 7 und 23 der Zeitschrift „Der Bauingenieur“ 1924, sowie in Heft 6 und 8 der Zeitschrift „Beton und Eisen“ 1924 sind von Prof. G. Rüh der techn. Hochschule Darmstadt „Versuche über die Verwertung hochwertigen Portlandzementes in der Praxis“, sowie eine Reihe charakteristischer Bauausführungen veröffentlicht worden.

Es ist dort nachgewiesen, daß der bekannte „Dyckerhoff-Doppelzement“ bei normaler Abbindung schon nach zwei Tagen mindestens die gleichen Festigkeitswerte wie einfacher Zement nach 28-tägiger Erhärtung aufweist.

Es ergaben sich nach zweitägiger Erhärtung schon Festigkeiten von 24—28 kg/qcm auf Zug und 250—300 kg/qcm auf Druck, nach 28-tägiger Erhärtung 45—50 kg/qcm auf Zug, und 550—600 kg/qcm auf Druck. Diese Resultate müssen umwälzend auf die ganze Baupraxis wirken.

Die Schwindung ist bei dem hochwertigen Zement besonders in die Augen fallend und wirkte bisher etwas beunruhigend, weil sie innerhalb kürzester Frist voll auftritt. Die Messungen haben nun ergeben, daß bereits nach zwei Wochen mehr als die Hälfte der gesamten Schwindung eintritt und daß schon im Alter von vier Wochen das Gesamtmaß der Schwindung nahezu erreicht wird. Im Alter von sechs Wochen liegt bereits das Höchstmaß der gesamten Schwindung vor. Das gesamte Schwindmaß ist jedoch nicht größer, sondern eher geringer als bei gewöhnlichem Beton, ein Vorteil; der sich in besonderen Fällen als sehr wertvoll erweisen dürfte. Auf die verschiedenen Bauausführungen, die im Heft 23 „Der Bauingenieur“ aufgeführt sind und die durchschnittlich nach zwei bis fünf Tagen ausgeschalt und mit mindestens der vollen Nutzlast belastet wurden, soll besonders hingewiesen sein.

A. W.

Verschiedenes.

Aufnahme des elektrischen Betriebs durch den Arlbergtunnel.

Nach einer Mitteilung der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen wurden am 24. November 1924 zum erstenmal durch den Arlbergtunnel Züge von elektrischen Lokomotiven durchgeführt. Von nun an wird der gesamte Zugverkehr durch den 10,3 km langen Tunnel elektrisch abgewickelt werden. Die Arbeiten an der elektrischen Ausrüstung wurden beschleunigt zu Ende geführt, um noch vor Eröffnung des elektrischen Bahnverkehrs in der Strecke Langen-Bludenz, die mit Vollendung des Spullerseeerkes im

nächsten Frühjahr zu erwarten ist, die mit dem Entfall der Rauchgase im Tunnel verbundenen betriebstechnischen Vorteile rasch wirksam werden zu lassen. Auch für den Reiseverkehr bedeutet die Einführung der elektrischen Zugförderung im Arlbergtunnel eine wesentliche Verbesserung. Die elektrische Ausrüstung des einem außerordentlich starken Zugverkehr unterworfenen Tunnels stellte die Konstrukteure, Bauleiter und Arbeiter vor eine große und schwierige Aufgabe, die nach den Erfahrungen des Probetriebes als einwandfrei gelöst anzusehen ist.