

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

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

94. Jahrgang

1. Januar 1939

Heft 1

75 Jahre

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen.

Mit dem abgeschlossenen Jahrgang 1938 sind 75 Jahre vollendet, seit das Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens zum technischen Fachblatt des „Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen“ — wie der Verein sich damals bezeichnete — gewählt wurde. Eine Fülle von wissenschaftlicher Arbeit, von tief schürfenden Studien, von technischen Beschreibungen aller Art und wertvollen Berichten ist seit dieser Zeit im Organ erschienen und begleitete die Tätigkeit des Vereins auf seinem Wege zum technischen Fortschritt. Auch in der Folge will das Organ getreu den Leitsätzen seines Begründers, Heusinger von Waldegg, die er dem ersten Jahrgang des technischen Vereinsblattes 1864 voranstellte, ein „allgemeines Archiv für die Fortschritte der gesamten Eisenbahntechnik“ sein, mit dem Bestreben, die in der Eisenbahntechnik enthaltenen Fachgebiete zusammenzufassen. Dazu bedürfen wir der regen Teilnahme unseres Leserkreises, denn nur aus ihrem Kreis kann der Wissens- und Erfahrungsstoff kommen, der, an einer Stelle gewonnen, anderen zum Nutzen dient. Im Sinne einer solchen Zusammenarbeit, die auch im Verein selbst lebendig ist, treten wir in das nächste Vierteljahrhundert ein.

Die Herausgeber.

Die Grundlagen des Leichtbaues von Eisenbahnwagen.

Von Oberreichsbahnrat Otto Taschinger, München.

Der große Lehrmeister des Leichtbaues ist das Flugzeug. Aber auch der Kraftwagenkonstrukteur muß, um mit einer geringen Antriebskraft auszukommen, das Gebot des Leichtbaues beachten. Im Eisenbahnwagenbau war, solange noch Untergestell und Wagenkasten aus zusammengenieteten Trägern gebildet wurden, an Leichtbau nicht zu denken. Erst mit der Einführung der modernen Schweißtechnik, die durch den Eisenbahnwagenbau gar manche Anregung und wohl auch die höchste Vervollkommnung erfuhr und mit der Verwendung von Leichtmetalllegierungen, die den Beanspruchungen des rauen Eisenbahnbetriebes gerecht werden, war die Voraussetzung für den Leichtbau gegeben. In mancher Beziehung ist jedoch der Leichtbau von Eisenbahnwagen wohl auch heute noch eine Streitfrage.

Wenn man sich mit der Frage befaßt, ob es notwendig oder zweckmäßig ist, die Fahrzeuggewichte so niedrig als möglich zu halten, so gibt ein einfaches Rechenbeispiel wohl die beste Erkenntnis.

Die Fahrwiderstandsformel für Triebwagen auf gerader ebener Strecke lautet: $W = a \cdot G_t + C_w \cdot 0,5 \left(\frac{V}{10}\right)^2 F_t \dots \dots \text{kg.}$

Dabei ist

W = Gesamtwiderstand in kg

a = Fahrwiderstand für den Wagenzug auf gerader ebener Strecke in kg/t: 2,5 kg/t für Oberleitungstriebwagen, 2,2 kg/t für dieselelektrische Schnelltriebwagen

C_w = Formfaktor für den Luftwiderstand: 0,58 für zwei- bis dreiteilige Triebwagen mit Schürzen, 0,60 für zwei gekuppelte zweiteilige Triebwagen mit Schürzen

G_t = Gewicht des Triebwagenzuges in t

V = Geschwindigkeit in km/h

F_t = Querschnittsfläche des Triebwagens in m^2 .

Die erforderliche Arbeitsleistung auf gerader ebener Strecke ergibt sich durch Multiplikation mit dem Weg zu $L_w = W \cdot s$ in mkg, wenn die Strecke s in m gemessen wird.

Dazu kommen die Beschleunigungs- und Verzögerungsarbeiten beim Anfahren und Bremsen, die gleich der lebendigen Kraft sind:

$$L_b = \frac{G_t}{g} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{V}{3,6}\right)^2 = \frac{G_t v^2}{254} \text{ mt,}$$

wenn $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ = Erdbeschleunigung rund 10 m/sec^2 angenommen wird.

Im nachfolgenden werden für eine Vorort- und eine Fernstrecke der Arbeitsbedarf durchgerechnet, wobei angenommen ist, daß man durch Anwendung der Leichtbaugrundsätze nur 20% vom Eigengewicht des in Schwerbauweise hergestellten Zuges sparen kann. In Wirklichkeit ist die mögliche Gewichtsverminderung wesentlich größer.

1. Beispiel: Angenommen wird eine Vorortstrecke mit sechs Halten, die voneinander eine Entfernung von 2 km haben sollen. Die Höchstgeschwindigkeit soll 75 km/h, der Beschleunigungsweg 500 m und der Bremsweg 400 m betragen. Die Strecke wird ohne Kurve und Steigung angenommen. Der Zug bestehe aus gekuppelten zweiteiligen Triebwagen von 200 t Gesamtgewicht, das durch Anwendung der Leichtbautechnik auf 160 t gebracht werden soll. Ferner sei $a = 2,5 \text{ kg/t}$, $C_w = 0,6$, $F_t = 10,15 \text{ m}^2$.

a) Für den 200 t-Schwerbauzug ergibt sich sodann ein Fahrwiderstand bei 75 km/h Höchstgeschwindigkeit:

$$W_1 = 2,5 \cdot 200 + 0,6 \cdot 0,5 \left(\frac{75}{10}\right)^2 \cdot 10,15 = 500 + 171 = 671 \text{ kg} = 0,671 \text{ t.}$$

Der Fahrwiderstand während des Anfahrens wird, weil der

Luftwiderstand in diesem Bereich geringer ist, überschlägig mit dem halben Wert des Luftwiderstandes gerechnet. Demnach:

$$W_2 = 500 + \frac{171}{2} = 585 \text{ kg} = 0,585 \text{ t.}$$

Die aufzuwendende Widerstandsarbeit über die 12 km lange Strecke, wovon $6 \cdot (2000 - 500 - 400) = 6,6 \text{ km}$ mit Höchstgeschwindigkeit durchfahren werden, während $6 \cdot 500 = 3000 \text{ m}$ auf das Anfahren und $6 \cdot 400 = 2400 \text{ m}$ auf das Bremsen entfallen, ist:

$$L_w = 6600 \cdot 0,671 + 3000 \cdot 0,585 = 6190 \text{ mt.}$$

Dazu kommt die Beschleunigungsarbeit beim Anfahren von 0 auf 75 km/h Geschwindigkeit $L_b = 6 \cdot \frac{200}{254} \cdot 75^2 = 26600 \text{ mt.}$

Die von dem Triebwagenzug zu leistende Gesamtarbeit ist dann:

$$L = L_w + L_b = 32790 \text{ mt.}$$

Der größte Leistungsanteil wird also für die Beschleunigung des Wagenzuges benötigt.

b) Für den 160 t-Leichtbauzug errechnet sich in ähnlicher Weise der Fahrwiderstand bei 75 km/h Höchstgeschwindigkeit zu:

$$W_1 = 2,5 \cdot 160 + 171 = 400 + 171 = 571 \text{ kg} = 0,571 \text{ t.}$$

In der Anfahrperiode beträgt der Fahrwiderstand

$$W_2 = 400 + 85 = 485 \text{ kg} = 0,485 \text{ t.}$$

Die Widerstandsarbeit ist bei 75 km/h Stundengeschwindigkeit

$$L_w = 6600 \cdot 0,571 + 3000 \cdot 0,485 = 5230 \text{ mt}$$

und die Beschleunigungsarbeit

$$L_b = 6 \cdot \frac{160}{254} \cdot 75^2 = 21250 \text{ mt.}$$

Die Gesamtarbeit beträgt daher

$$L = L_w + L_b = 26480 \text{ mt.}$$

Beim 160 t-Leichtbauzug ist demnach im Verhältnis zum Schwerbauwagenzug eine Leistung von $\frac{26480}{32790} = 81\%$ erforderlich,

d. h. die Leistungersparnis ist also praktisch proportional der Gewichtersparnis. Die durch die Gewichtsverminderung erzielbare Leistungersparnis beim Bremsvorgang ist aus folgendem Rechnungsbeispiel zu ersehen:

Die Bremsleistung setzt sich zusammen aus der Verzögerungsarbeit von 75 km/h Höchstgeschwindigkeit bis zum Stillstand. Bei sechs Halten ist sie also für den 200 t-Schwerbauzug

$$L_b = 6 \cdot \frac{200}{254} \cdot 75^2 = 26600 \text{ mt.}$$

Von dieser errechneten Bremsleistung ist jedoch die Widerstandsarbeit abzusetzen, die durch den Fahrwiderstand und die Reibung beim Bremsen mithilft. Der Fahrwiderstand beim Bremsen ist gleich dem beim Anfahren; er wurde bereits zu 0,585 t ermittelt. Die Widerstandsarbeit ergibt sich durch Multiplikation mit dem Weg zu

$$L_w = 6 \cdot 400 \cdot 0,585 = 1410 \text{ mt.}$$

Die erforderliche Bremsarbeit ist dann

$$L = L_v - L_w = 26600 - 1410 = 25190 \text{ mt.}$$

Für den 160 t-Leichtbauzug wird

$$L_v = 6 \cdot \frac{160}{254} \cdot 75^2 = 21250 \text{ mt}$$

$$L_w = 6 \cdot 400 \cdot 0,485 = 1170 \text{ mt}$$

$$L = L_v - L_w = 21250 - 1170 = 20080 \text{ mt.}$$

Die Bremsleistung beim 160 t-Leichtbauzug beträgt im Verhältnis zum Schwerbauzug $\frac{20080}{25190} = 80\%$. Sie nimmt also gleichfalls im Verhältnis zum Gewicht ab. Für den Leichtbauzug ist nicht nur eine schwächere Bremsausrüstung erforderlich, sondern es wird auch der Verschleiß an Bremsklötzen im Verhältnis der kleineren Bremsleistung geringer.

2. Beispiel: Es wird eine Fernstrecke mit 200 km Streckenlänge gewählt. Auch hier wird die Strecke der Einfachheit halber ohne Kurven und Steigungen angenommen. Die Höchstgeschwindigkeit des Schnelltriebwagenzuges soll 160 km/h, der Beschleunigungsweg jeweils 3500 m und die Bremsstrecke jeweils 1500 m betragen. Die Strecke wird ohne Halte durchfahren angenommen. Der Zug besteht aus einem zweiteiligen Schnelltriebwagen mit einem Gewicht von 100 t, der durch Anwendung der Leichtbautechnik auf 80 t gebracht werden soll.

Für den Schnelltriebwagenzug ist $C_w = 0,58$ und $F_t = 10,15 \text{ m}^2$.

Es ergibt sich sodann in derselben Weise wie beim ersten Rechnungsbeispiel:

Für den 100 t-Schwerbauzug wird:
Fahrwiderstand bei voller Geschwindigkeit

$$W_1 = 2,5 \cdot 100 + 0,58 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{160}{10}\right)^2 \cdot 10,15 = 1003 \text{ kg} = 1,003 \text{ t,}$$

Widerstand beim Anfahren

$$W_w = 250 + \frac{753}{2} = 626 \text{ kg} = 0,626 \text{ t,}$$

Widerstandsarbeit

$$L_w = (200000 - 5000) \cdot 1,003 + 3500 \cdot 0,626 = 198200 \text{ mt}$$

Beschleunigungsarbeit

$$L_b = \frac{100}{254} \cdot 160^2 = 10100 \text{ mt.}$$

Gesamtarbeit:

$$L = L_w + L_b = 198200 + 10100 = 208300 \text{ mt.}$$

Die Beschleunigungsarbeit tritt hier hinter der Widerstandsarbeit im Beharrungszustand stark zurück zum Unterschied gegenüber der mit von 75 km/h Höchstgeschwindigkeit befahrenen Vorortstrecke.

Für den 80 t-Leichtbauzug wird:
Fahrwiderstand bei voller Geschwindigkeit

$$W_1 = 2,5 \cdot 80 + 0,58 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{160}{10}\right)^2 \cdot 10,15 = 0,953 \text{ t,}$$

Fahrwiderstand beim Anfahren

$$W_2 = 200 + \frac{753}{2} = 576 \text{ kg} = 0,576 \text{ t,}$$

Widerstandsarbeit

$$L_w = (200000 - 5000) \cdot 0,942 + 3500 \cdot 0,571 = 186000 \text{ mt,}$$

Beschleunigungsarbeit $L_b = \frac{80}{254} \cdot 160^2 = 8050 \text{ mt,}$

Gesamtarbeit: $L = L_w + L_b = 186000 + 8050 = 194050 \text{ mt.}$

Die beim 80 t-Leichtbauzug eingetretene Ersparnis an Leistung ist trotz der hohen Fahrgeschwindigkeit und obwohl die Strecke ohne Halt durchfahren wird, gleich $\frac{194050}{208300}$ oder 93,0% des 100 t-Zuges, also immer noch sehr beachtlich.

Für den Bremsvorgang ist für den 100 t-Triebwagenzug die Verzögerungsleistung

$$L_v = \frac{100}{254} \cdot 160^2 = 10100 \text{ mt,}$$

die Fahrwiderstandsleistung $L_w = 1500 \cdot 0,626 = 940 \text{ mt,}$
die erforderliche Bremsarbeit

$$L + L_v - L_w = 10100 - 940 = 9160 \text{ mt.}$$

Für den 80 t-Leichtbauzug ergeben sich in analoger Weise folgende Werte:

$$L_v = \frac{80}{254} \cdot 160^2 = 8050 \text{ mt}$$

$$L_w = 1500 \cdot 0,571 = 860 \text{ mt}$$

$$L = 8050 - 860 = 7190 \text{ mt.}$$

Das Verhältnis der Bremsleistungen beim 80 t- und 100 t-Zug ist $\frac{7190}{9160} = 78\% = \text{rund } 80\%$, d. h. die Leistungersparnis

ist auch bei schnellfahrenden Zügen proportional der Gewichtsersparnis.

Mit Ausnahme des Luftwiderstandes, der unabhängig vom Gewicht mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst, sind alle anderen Widerstände (Reibung auf gerader Strecke, in der Krümmung, Steigung, Beschleunigung, Verzögerung) dem Gewicht proportional. Daher ergibt sich bei Vorort- und Stadtbahnzügen, wo die Beschleunigungsarbeit überwiegt, daß die erforderliche Fahrleistung mit dem Gewicht in gleichem Maße sinkt. Bei Fernzügen wird ein beträchtlicher Teil der Leistung zur Überwindung des Luftwiderstandes gebraucht, der unabhängig vom Gewicht ist. Infolgedessen ist hier der Leistungsgewinn geringer als die Gewichtsverminderung. Am deutlichsten erkennt man dies aus dem beigefügten Schaubild, in dem für den 80 t- und 100 t-Fernzug die Fahr- und Bremsleistung, sowie ihr Verhältnis für die Geschwindigkeiten 80 km, 120 und 160 km eingetragen sind. Bei geringer Geschwindigkeit beträgt infolge Wegfalls des Luftwiderstandes das Verhältnis der Fahrleistungen 80%, steigt bei 80 km/h schon auf 88,4% und erreicht bei 160 km/h 93,0%, so daß hier nur noch 7,0% an Leistung bei einer Gewichtsverminderung von 20% gewonnen werden.

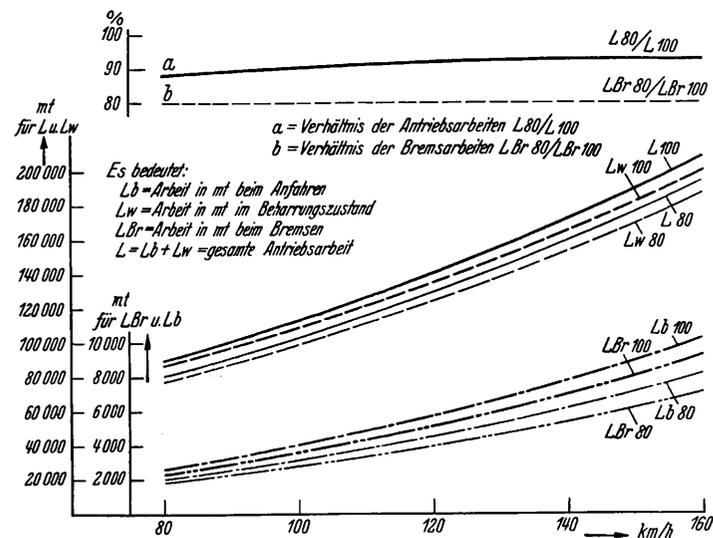


Abb. 1. Leistungsschaubilder.

Beim Bremsen ist das Verhältnis der Bremsleistungen durchwegs 80%. Die Gewichtsverminderung wirkt sich also voll in Leistungsverminderung aus. Das Ergebnis dieser Berechnungsbeispiele läßt sich kurz in den zwei Forderungen ausdrücken:

Mit Rücksicht auf den Kraftverbrauch: Möglichst leichte Vorort- und Stadtbahnzüge. — Mit Rücksicht auf die Ersparnis an Bremsenergie und damit Bremsklotzverschleiß: Möglichst leichte Nah- und Fernzüge. Der Verbrauch an Bremsklötzen bei der Reichsbahn betrug im Jahre 1937 etwa 70000 t mit einem Einkaufswert von 9000000 R.M., davon 30000 t im Werte von 3800000 R.M. für Wagen. Mindestens 50% dieses Verbrauches, also insgesamt etwa 15000 t Eisen wurde daher in einem Jahr als Eisenstaub auf allen befahrenen Strecken verstreut und ist daher unwiderbringlich verloren. Man sieht hieraus, welche außerordentliche Bedeutung dem Leichtbau von Eisenbahnfahrzeugen mit Rücksicht auf die Erhaltung der Rohstoffe zukommt.

Dieser überragende Einfluß des Fahrzeuggewichtes ist um so bedeutender, je öfter ein Zug während einer Fahrt anzufahren hat. Im Verlauf einer Zugfahrt wird ein Zug mehr oder minder oft Streckenabschnitte vorfinden, in denen Gleis- ausbesserungs- oder Erneuerungsarbeiten vorgenommen werden.

also Streckenabschnitte, die mit ermäßigter Fahrgeschwindigkeit zu befahren sind. Auch findet ein FD auf seiner Fahrt eine nicht unbeachtliche Anzahl von Gleisbögen vor, die eine Geschwindigkeitsermäßigung erfordern. Aus diesen Bereichen wird ein Fahrzeug mit geringerem Eigengewicht rascher seine Höchstgeschwindigkeit wieder erreichen als ein schweres Fahrzeug. In Steigungen ist ferner der Fahrwiderstand bekanntlich proportional der Steigung.

Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten tritt, wie bereits festgestellt, der Einfluß des Fahrzeuggewichtes gegenüber dem Luftwiderstand des Fahrzeuges zurück. Es wäre aber nicht richtig, bei schnell fahrenden Fahrzeugen nur auf die windschnittige Ausbildung des Wagenkastens bedacht zu sein und die Größe des Eigengewichtes zu vernachlässigen mit der Begründung, daß z. B. ein FD-Zug während seiner ganzen Fahrt nur wenige Male anzufahren hat und daher die durch Gewichtsverminderung erzielbare Fahrzeiterparnis nur unbedeutend sei. Auch bei FD-Zügen hat der Einfluß der Langsamfahrstellen und Streckenabschnitte, die in Steigungen liegen, einen Einfluß auf die Dauer der Reisezeit. Nun ist aber, wie wir später erkennen werden, eine der Voraussetzungen für den Leichtbau der Leichtformbau.



Abb. 2. Wagenkopf.

Denn bei diesem paßt sich die Form jedes Bauteiles an den Kräfteverlauf an; die Bauform ist aber auch abhängig von der äußeren Form des Wagenkastens und es darf daher auch bei schnellfahrenden Zügen der Einfluß des Eigengewichtes nicht vernachlässigt werden, so daß mit dem Mittel des Leichtbaues daher die Forderung nach leichtem Gewicht und windschnittiger Formgebung in Einklang gebracht werden kann.

Zu dem kann die bei Schnellfahrzeugen erforderliche windschnittige Form durch den Leichtformbau auf natürliche Weise erzielt werden.

Die Auswirkungen, die sich hieraus bei gegebener Zugkraft einstellen, sind:

1. Verkürzung der Fahrzeiten im Bereiche des Anfahrens, nach Befahren von Langsamfahrstellen und in Steigungen;
2. Verkürzung der Fahrzeiten auch im Bereiche der höheren Fahrgeschwindigkeiten durch die mit der Leichtbauweise erzielbare windschnittige Formgebung.

Die Gesamtreisezeiten werden sich daher mit Leichtbaufahrzeugen erheblich vermindern lassen. Andererseits besteht mit solchen Wagen die Möglichkeit, bei Verkehrsspitzen einem Zuge mehr Wagen als bisher beizugeben. Endlich kann man, wenn man das Platzangebot eines Zuges nicht vermehren will, mit geringeren Zugkräften auskommen; vorhandene

Lokomotiven werden geschont. Durch die mit Leichtbauwagen erzielbare Verringerung der Achsdrücke werden Verstärkungen an Brücken und am Oberbau entbehrlich. Es wird sich ein Minderverschleiß an Bremsklötzen, Radreifen und Schienen einstellen. Gleichzeitig wird sich mit der Gewichtsverminderung der Wagen die Zahl der Heißbläufe verringern. Bei Zugzusammenstößen werden die Unfallfolgen geringer, weil die aufstoßenden Massen bei in Leichtbauweise hergestellten Fahrzeugen kleiner sind. Die Laufeigenschaften der Fahrzeuge werden sich verbessern, weil die schwingenden Massen geringer sind.

Die Leichtbauweise hilft ferner vor allem Baustoffe zu sparen. Rohstoffarme Länder oder solche, denen diese vollkommen fehlen, werden daher das größte Interesse am Leichtbau haben müssen. Daß aber neben diesen volkswirtschaftlichen Gründen der sparsamen Bewirtschaftung der Rohstoffe auch noch andere, technische und wirtschaftliche Gründe sprechen, beweist am stärksten die rührige Tätigkeit von Ländern, die in keiner Weise unter Rohstoffmangel zu leiden haben, wie z. B. Amerika. Diese günstige Rohstofflage gestattet Amerika noch eine weitere Ausnutzung des Leichtbaues durch die Anwendung hochlegierter Stähle für dünnwandige Bleche. Wie weiter unten ausgeführt, kann aber auch mit den in Deutschland zur Verfügung stehenden unlegierten Baustählen nicht nur ein vollwertiger Leichtbau durchgeführt werden, sondern es werden in Deutschland bei beharrlicher Anwendung des Leichtbaues so geringe Fahrzeuggewichte erzielt, wie bisher von keinem anderen Land.

Nachteilig für den Leichtbau ist zur Zeit noch der höhere Lohnaufwand für die in Leichtbauweise hergestellten Eisenbahnfahrzeuge. Man hat jedoch zu berücksichtigen, daß Leichtbaufahrzeuge unter vollkommener Abkehr von dem Arbeitsverfahren der bisherigen Schwerbauwagen hergestellt werden müssen. Die Leichtbauwagen erfordern bei ihrem Bau neue Vorrichtungen; vielfach mit Rücksicht auf die geringe Zahl der neuen Wagenprofile, die von den Wagenbauanstalten selbst durch Kantens oder gar aus Blechen durch Schweißung hergestellt werden müssen. Da der Leichtbau vor allem eine sorgfältige Arbeit erfordert, werden vorläufig nur die besten Arbeitskräfte eingesetzt werden können. Werden aber Leichtfahrzeuge allgemein als Regelbauart hergestellt, so wird es der Industrie bald gelingen, die Kosten für den Arbeitsaufwand zu verringern. Außer den wohl unvermeidlichen höheren Aufwendungen für Leichtmetall für die nichttragenden Bauteile, wird die Leichtstahlkonstruktion von Eisenbahnwagen im Endzustand nicht teurer sein als die der Schwerfahrzeuge; es wird sich lediglich das Verhältnis der Löhne zu den Baustoffen, und zwar zugunsten des Lohnaufwandes verschieben. Mit der zur Verfügung stehenden Baustoffmenge kann aber eine größere Anzahl von Fahrzeugen gebaut werden. Bedenken, daß für die erzeugten Baustoffe nicht genügende Absatzmöglichkeiten eintreten werden, scheinen gegenstandslos zu sein, weil der Bedarf an modernen Ansprüchen genügenden Eisenbahnfahrzeugen mindestens in absehbarer Zeit wegen der verhältnismäßig geringen Neubeschaffungen in der Nachkriegszeit in allen Ländern Europas außerordentlich groß geworden ist. Vor allem aber wird der Bedarf an Leichtbaufahrzeugen um so mehr anwachsen, je mehr der Vorteil der Leichtwagen im praktischen Betriebe in Erscheinung treten wird.

Grenzen des Leichtbaues.

Da bei den Dieseltriebwagen wegen der zu Beginn der Entwicklung zur Verfügung stehenden geringen Maschinenleistung sich am stärksten das Bedürfnis geltend machte, das Gewicht der Trieb-, Steuer- und Beiwagen abzumindern, kann der Triebwagenbau letzten Endes auch als der Lehrmeister des Leichtbaues von Eisenbahnfahrzeugen angesehen werden. Im

Anfang der Entwicklung versuchte man das auf einen Sitzplatz fallende Gewicht durch niedrige Annahme der Zug- und Stoßkräfte zu verringern, weil man den Trieb-, Steuer- und Beiwagen die Beschränkung auferlegte, daß ein Triebwagenzug höchstens aus drei Wagen bestehen dürfe. Ferner wurde eine möglichst große Anzahl von Sitzplätzen in einem Wagen untergebracht durch Verringerung der Abteillängen und durch engere Einstiege. Endlich wurde das Fahrzeugtotgewicht dadurch abgemindert, daß man an Stelle von Einzelabteilen Großräume mit Längsgepäcknetzen anordnete. Mit solchen Großräumen werden allerdings die Abteilmitteln- und die Seitengangwände mit den Abteilschiebetüren erspart. Die Fahrgastgroßräume haben aber bei den Fahrgästen in Deutschland im Gegensatz zum Ausland, besonders Amerika, bei den Fernzügen keinen Anklang finden können, weil das reisende Publikum bei Fernfahrten zeitweise in den Seitengängen sich aufhalten will. Bei schwach besetzten Zügen kann ein Fahrgast allein im Abteil sitzen. Die an den Wagenlängswänden angeordneten Gepäcknetze haben in der Praxis viel zu geringe Ablegeflächen; das Auf- und Abnehmen der Gepäckstücke hat vielfach eine Belästigung der Fahrgäste zur Folge. Aus

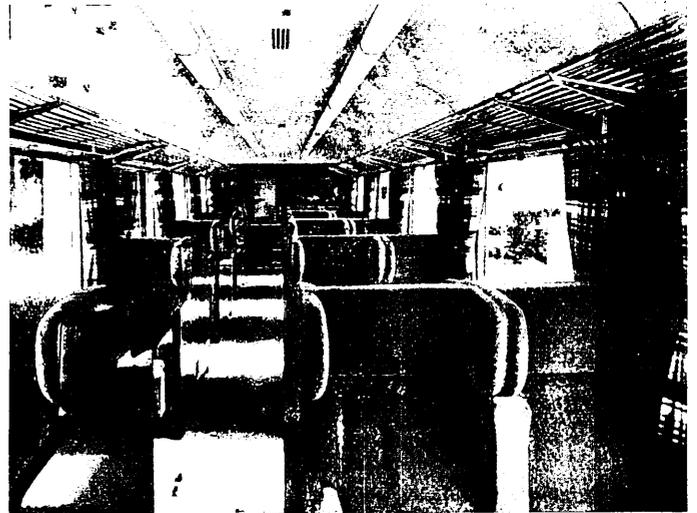


Abb. 3. Elektrischer Schnelltriebwagen, Innenansicht.

all diesen Gründen wurden daher in Deutschland die neuesten Schnelltriebwagenzüge in ähnlicher Weise wie die D-Zugwagen wieder mit Einzelabteilen und Quergepäcknetzen versehen*). Hieraus ergibt sich eine wichtige Grenze des Leichtbaues: Der Leichtbau von Fahrzeugen darf auf keinen Fall auf Kosten der Bequemlichkeit der Fahrgäste vorgenommen werden.

Triebwagenanhänger, die nur geeignet sind, im Verband mit einem oder höchstens zwei weiteren Wagen zu laufen, haben im Eisenbahnbetrieb zu manchen Schwierigkeiten geführt, weil solche Fahrzeuge nur an einzelne Triebwagenzüge gebunden und daher für den Betrieb nicht freizügig verwendbar sind. Es macht sich immer mehr das Bedürfnis geltend, auch leichte Triebwagenanhänger in Züge des allgemeinen Verkehrs einzustellen oder Triebwagenzüge aus einer größeren Anzahl von Wagen (etwa bis zu zwölf Wagen) bilden zu können. Der Leichtpersonenwagen muß daher der Forderung genügen, die gleiche Widerstandsfähigkeit zu besitzen wie die Wagen aller übrigen Personenzuggattungen.

Wenn der ideale Leichtbau heute noch nicht Allgemeingut aller Konstrukteure ist, so liegt dies wohl in der Hauptsache an der weitverbreiteten Vorstellung, daß bei Anwendung des Leichtbaues Nachteile hauptsächlich in bezug auf die Widerstandsfähigkeit solcher Fahrzeuge bei Zusammenstößen ein-

*) Vergl. Org. Fortschr. Eisenbahnwes. Jahrg. 1938, S. 422.

treten würden. Oberstes Gebot im Eisenbahnfahrzeugbau ist aber die Sicherheit der Reisenden gegen Unfälle. Die Verkehrssicherheit eines Fahrzeuges ist jedoch um so größer, je größer seine ausnutzbare Arbeitsaufnahme- und Arbeitsverminderungsfähigkeit im Verhältnis zum Gewicht eines Wagens ist. Dabei muß ein Eisenbahnwagen so fest gebaut sein, daß bei Unfällen der Wagenkasten zwischen den beiden Endvorräumen im wesentlichen erhalten bleibt. Ein stählerner Wagen in Schwerbauart ist wohl zu außerordentlich hoher Arbeitsleistung befähigt. Diese Arbeitsfähigkeit nützt aber wenig, wenn sie infolge Beschränkung der Starrheit auf nur einzelne Konstruktionsglieder nicht vollkommen zur Entfaltung kommen kann. Im elastischen Bereich kann bei ausreichender Knicksteifigkeit das Arbeitsvermögen einer auf Druck beanspruchten Konstruktion berechnet werden nach der Formel

$$A = \frac{f \cdot \sigma^2 \cdot l}{2 \cdot E}$$

wobei f = tragender Querschnitt,

σ = die zulässige größte mittlere Spannung in diesem Querschnitt,

l = Länge der Konstruktion

E = Elastizitätsmodul des Baustoffes.

Diese Formel zeigt am deutlichsten den übertragenden Einfluß der im Werkstoff auftretenden Spannung auf das elastische Arbeitsvermögen einer Konstruktion, sie zeigt aber auch die Bedeutung gleichmäßiger Spannungen in allen Konstruktionsgliedern. Das Arbeitsvermögen steigt in dem gleichen Maße in dem bei verhältnismäßiger Verringerung des Querschnittes die Spannungen erhöht werden können. Werden nicht alle Tragteile der Gesamtkonstruktion gleichmäßig beansprucht, so müssen einzelne tragende Teile wegen des auf sie entfallenden größeren Kraftanteiles an sich stärker bemessen sein. Wie bereits dargelegt, ist die Federung eines gleichmäßig beanspruchten Leichtwagens größer als die eines Schwerwagens mit starren Konstruktionsgliedern. Infolge dieser größeren Federung des Leichtwagens in Verbindung mit der größeren unelastischen Arbeitsaufnahme der Vorbauten werden Stöße bedeutend abgemildert.

Im Interesse des Leichtbaues wäre es gelegen, die Außenfenster fest, also nicht herablaßbar anzuordnen, da hierdurch die Fensterauschnitte durch kräftige Umbördelung des Seitenwandbleches ohne merklichen Gewichtsaufwand sehr steif gehalten werden können. Auch wird bei der Wahl fester Fenster mit geringem Gewichtsaufwand eine ausreichende Aussteifung der unter der Fensterbrüstung liegenden Seitenwand erzielt. Feste Fenster haben zudem den Vorteil, daß sie vollkommen dicht eingebaut werden können, so daß Zuglufterscheinungen für die Fahrgäste ausgeschlossen sind. Will man aber feste Fenster zulassen, dann muß durch eine künstliche Belüftungsanlage dafür gesorgt werden, daß dem Reisenden der Aufenthalt im Abteil auch bei hoher Außentemperatur angenehm ist, da bekanntlich bisher ein im oberen Teil geöffnetes Fenster immer noch die beste Belüftung ist. Für solche Druckbelüftungsanlagen muß jedoch mit einem mindestens 30- bis 40fachen Luftwechsel in der Stunde gerechnet werden, dabei darf die in die Abteile einströmende von außen angesaugte Luft weder durch ihre Geschwindigkeit, noch durch ihre Temperatur dem Reisenden unangenehm bemerkbar sein. Es erscheint aber auch bei Anwendung von künstlichen Belüftungsanlagen fraglich, ob den Fahrgästen feste Fenster zugemutet werden können, da das Publikum vor Zugabfahrt und unterwegs während der Bahnhofsufenthalte aus allen möglichen Gründen die Abteilerfenster öffnen will. Der Leichtbaukonstrukteur muß daher

damit rechnen, daß herablaßbare Fenster aus Gründen der Bequemlichkeit der Fahrgäste vorläufig nicht entbehrt werden können.

Weiterhin dürfen mit der Leichtbauweise nur Bauformen geschaffen werden, die das Aussehen der sichtbaren Konstruktionselemente nicht ungünstig beeinflussen. Ein wichtiges Mittel der Leichtbautechnik ist das Wellblech und die Vermeidung von Ecken und Kanten. Hierdurch ergibt sich für den Wagenkasten eine Seitenwand und ein Dach mit Sicken und Fenstern mit abgerundeten Ecken, die aber in keiner Weise das Gesamtbild ungünstig beeinflussen.

Endlich darf durch den Leichtbau nicht die Lebensdauer eines Fahrzeuges verkürzt werden. Da das geringe Gewicht erzielt wird durch die Verwendung dünnwandiger Bleche, so muß bei dieser Konstruktion die Korrosion der Bleche vermieden werden. An Ausbesserungswagen kann festgestellt werden, daß die inneren Flächen des Seitenwandbleches im Fensterschacht, die eindringendem Regenwasser stark ausgesetzt sind, im allgemeinen frei von Rost sind, soweit der Rostschutzanstrich nicht beim Bau der Wagen durch Kratzer beschädigt wurde. Dagegen zeigen sich an allen Überlappungen von Eisenteilen und bei Stoßstellen, in Ecken und an den Anschlußstellen von Holzteilen an Eisenteile starke Rostnester.



Abb. 4. D-Zugwagen mit Sicken und abgerundeten Fenstern.

Spannungskorrosion wurde nicht festgestellt. Auch an der Nietung der überlappten Dachblechteile kann man oft schon nach drei- bis vierjähriger Betriebszeit starke Anrostungen feststellen. Man hat daher zur Vermeidung der Korrosion alle Überlappungen von Bauteilen grundsätzlich zu vermeiden und durch konstruktive Maßnahmen dafür zu sorgen, daß Wasser sich an keiner Stelle der Konstruktion festsetzen kann. Es sind daher auch auf das Außenblech aufgesetzte Schönheits- und Verstärkungsleisten zu vermeiden. Im übrigen sind sorgfältige Rostschutzanstriche vorzusehen. Auch Metallspritzverfahren mit Zink für besonders rostanfällige Stellen wie Fensterkanten und Regenrinne, geben einen weitgehenden Rostschutz. Beachtet man diese Grundsätze, wobei der Vermeidung von Überlappungen die größte Bedeutung zukommt, so ist es nicht erforderlich, im Wagenbau besondere Stähle mit hohem Korrosionswiderstand zu verwenden. Der Korrosionswiderstand wird bei Siliziumstählen bekanntlich durch Beigabe von Kupfer wesentlich erhöht. Hochlegierte Nickelstähle haben einen besonders hohen Widerstand gegen Korrosion. Kupfer und Nickel sind jedoch in Deutschland als devisenzehrende Stoffe zu vermeiden.

Selbstverständlich müssen Eisenbahnleichtfahrzeuge einwandfreie Laufeigenschaften besitzen, die auch bei längeren Laufleistungen sich nicht merklich verändern dürfen. Zur Erreichung dieses Zieles ist es notwendig, die Wagenkästen so steif auszubilden, daß sie weder lotrecht noch quer zur Gleisachse durchzittern können. Die Rahmen der Dreh-

gestelle müssen so konstruiert sein, daß sie unter dem Einfluß der senkrechten Last und den von Gleisstößen herrührenden Seitenkräften sich nicht verformen, d. h. daß die Achshalter weder spreizen noch sich aufweiten können; die Achsspiele also über die ganze Laufleistung unverändert erhalten bleiben. Die Abfederung der Drehgestelle ist dem leichten Wagen-gewicht anzupassen. Bei leichtem Wagenkastengewicht ist der Einfluß der veränderlichen Personenlast besonders groß. Will man eine harte Abfederung vermeiden, so ist es zweck-mäßig, die Federn abstufbar anzuordnen. Durchgeführte Versuche der Deutschen Reichsbahn haben gezeigt, daß es auch mit besonders leichten Fahrzeugen möglich ist, Lauf-eigenschaften zu erzielen, die den Laufeigenschaften der in Schwerbauweise hergestellten Fahrzeugen keineswegs nach-stehen.

Gegen Leichtbaufahrzeuge wird eingewendet, daß bei ihrer Einführung die bisher in den Ausbesserungsstellen ver-wendeten Austauschbauteile nicht mehr verwendet werden können. Die Normung darf aber kein Hindernis für den tech-nischen Fortschritt sein, sondern sie muß seiner Förderung dienen. Auch bei den Leichtbaufahrzeugen sollen genormte Austauschbauteile in möglichst großer Zahl verwendet werden; es ist jedoch zu berücksichtigen, daß wegen der betrieblichen Vorteile der Leichtbauweise eine gewisse Umstellung notwendig ist. Auch für die Austauschbauteile der Leichtbaufahrzeuge muß oberster Grundsatz sein, daß durch sie keine unerwünschten Gewichtserhöhungen in die Fahrzeuge kommen. Es wird daher vielfach notwendig werden, Austauschbauteile auf Fahrzeuge gleichen oder wenigstens annähernd gleichen Gewichtes zu beschränken. Entsprechend der Forderung des Leichtbaues wird man z. B. nicht Regeldrehgestelle für verschieden schwere Wagen vorhalten, da sonst für die leichteren Wagen die Regel-drehgestelle zu schwer wären. Die Austauschbauteile müssen im Gewicht so bemessen werden, wie es dem einzelnen Be-lastungsfall entspricht. Ist eine genügende Anzahl von Wagen gleicher Bauart vorhanden, so wird die Vorhaltung eigener Austauschbauteile für diese Bauart schon vom Standpunkt der Werkstätte aus tragbar sein, auf keinen Fall wird unter Beachtung der betrieblichen Einsparungsmöglichkeiten hier-durch eine Schädigung der Gesamtwirtschaftlichkeit eintreten, wenn sich auch insgesamt für die Werkstätte die Zahl der Aus-tauschbauteile erhöhen mag.

Auch die bisher gewohnten Arbeitsverfahren der Aus-besserungswerke können im einzelnen durch die Leichtbauweise beeinflusst werden. Für Leichtbauwagen sind bei ihrer Ausbesserung sorgfältig ausgebildete Schweißer er-forderlich. Da für leicht gebaute Fahrzeuge z. T. an Stelle der Formstähle Bleche verwendet werden, bleibt die Vor-haltung der zahlreichen Profilträger in den Lagerstellen ver-mieden, die Ausbesserung wird dadurch oft einfacher und weniger zeitraubend. Grundsatz für den Leichtbau, der seine Grenzen bestimmt, wird immer die Gesamtwirtschaft-lichkeit oder der Gesamtvorteil bleiben müssen, nicht aber die höchste Wirtschaftlichkeit nur eines Faktors, z. B. der der Werkstätte.

Die Hilfsmittel des Leichtbaues.

Will man leicht bauen, so muß man vor allem das Ge-wicht der nichttragenden Bauteile so gering als mög-lich halten. Zu den nichttragenden Bauteilen eines Wagens gehören die Inneneinrichtung, Heizung, Beleuchtung, Lüftung und die Bremsanlage. Die Gewichtsverminderung wird erzielt vor allem durch die Verwendung von Baustoffen mit geringem spezifischen Gewicht. So sind in den letzten Jahren alle Rotguß-, Gußeisen- und Tempergußteile für Beschläge, Hand-griffe, Schilder, Gepäcknetzträger durch Leichtmetalle ersetzt

worden. Auch für Schlösser lassen sich Leichtmetalle, wenig-stens für einzelne nicht besonders beanspruchte Teile, ver-wenden. Auch für alle Konsolen eignen sich Leichtmetall-bleche. Eine besondere Gewichtersparnis bringen die Leicht-metallaußentüren, die bis vor kurzem noch fast ausschließ-lich aus Eisen hergestellt wurden. Diese Leichtmetalltüren haben sich als Schiebetüren bei der Berliner Stadtbahn unter den schwersten betrieblichen Beanspruchungen vollkommen bewährt. Auch Kunstharzstoffe finden für Schilder, Hand-

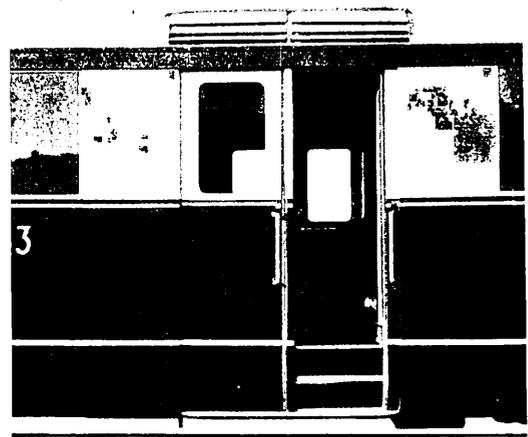


Abb. 5. Leichtmetalldoppelschiebetüren bei elektrischen Triebwagen.

griffe mehr und mehr Eingang in den Eisenbahnfahrzeugbau. Diese Stoffe haben neben ihrem geringen spezifischen Gewicht noch den Vorteil, daß sie leichter zu reinigen sind als blanke Metallteile. Man kann ferner Leichtmetall verwenden für Rohrschellen, für Schutzrohre für die Notbremszugleitungen. Letztere waren bisher aus Stahlrohr und haben ein Mehr-gewicht von 90 v. H. gegenüber den dünnwandigen Leicht-metallrohren. Auch Lichtleitungen können in Leichtmetall-rohren verlegt werden. Die bisher aus gelochtem Stahlblech bestehenden Heizkörperverkleidungen können ebenfalls durch 2 mm starke Leichtmetallbleche ersetzt werden. Diese haben sogar noch den Vorteil, daß der sonst notwendige Farbanstrich

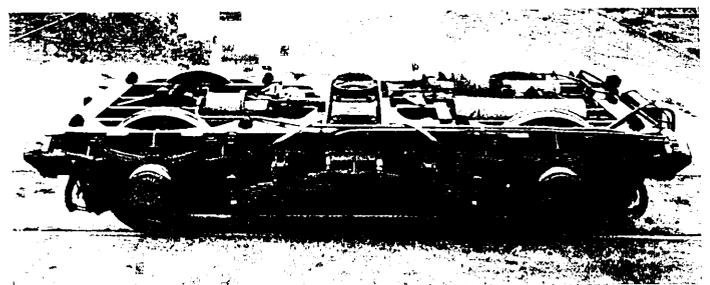


Abb. 6. Bremsanlage im Drehgestell.

sich erübrigt. Eingehende Untersuchungen bei einem Wagen haben ergeben, daß bei der Dampfheizungsanlage ohne Ver-minderung der Heizleistung und trotz Verwendung von Stahl-rohren etwa 25 v. H. und bei der elektrischen Heizanlage trotz Verwendung von Kupferleitungen sogar 50 v. H. des bis-herigen Gewichtes gespart werden kann. Bei der Bremsanlage kann eine Gewichtsverminderung erzielt werden durch Ver-wendung leichter Bremszylinder und durch eine auf eine geringste Rohrleitungslänge bedachte Apparateverteilung. Magnesium wurde bisher versuchsweise verwendet für Achs-lagerdeckel, Drehtürarmstützen, Federbruchstützen, Getriebe-gehäuse, Ölkühler u. ä.

Im Interesse des Leichtbaues wäre es wünschenswert, zu vermeiden, die Bremszylinder mit ihren Steuerapparaten und mit ihren langen, schweren und im Betrieb vielfache zum Klappern neigenden Bremsgestänges unter dem Wagenkasten anzuordnen, nicht nur weil die Untergestelle die schweren Gewichte dieser Anlagen zu tragen haben, sondern weil sie auch schwere Träger erfordern, die die Bremskräfte aufzunehmen in der Lage sind. Eine nicht unbeachtliche Gewichtsverminderung könnte erzielt werden durch den Einbau der Bremsanlagen in die Drehgestelle. Eine solche Anordnung hat aber den Nachteil, daß biegsame Verbindungen zwischen Untergestell und Drehgestellen notwendig sind, die dem Verschleiß unterliegen und daß die Steuerorgane bei nicht genügend weicher Abfederung der Drehgestellrahmen unter dem Einfluß der harten Gleisstöße rascher verschleifen. Bei Fahrzeugen, deren Höchstgeschwindigkeit nicht über 100 km/h beträgt, scheint der Einbau der Bremsanlage in die Drehgestelle betrieblich möglich zu sein, bei den Schnelltriebwagen mit 160 km/h Höchstgeschwindigkeit haben die in Drehgestelle eingebauten Bremsanlagen zu manchen Schwierigkeiten Anlaß gegeben.

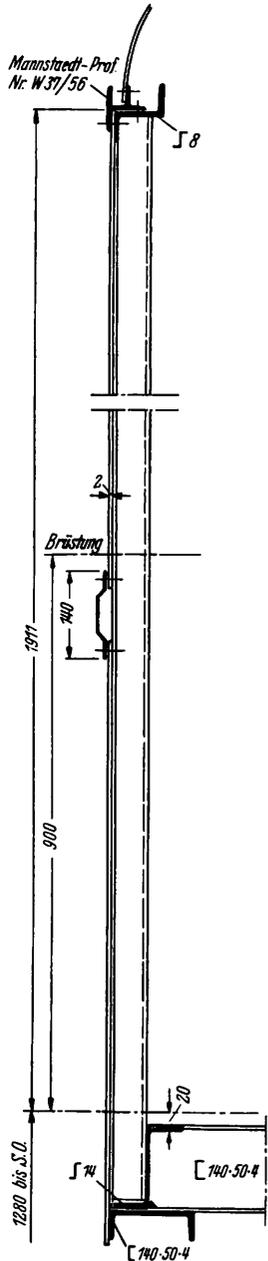


Abb. 7.
Regenrinne im Obergurt
der Seitenwand.

Wesentlich für den Erfolg ist aber, daß der Konstrukteur die vielen Einzelteile eines Eisenbahnwagens sorgfältig auf die Möglichkeit der Gewichtsverminderung nachprüft. Hier gilt vor allem das Verständnis zu wecken, daß es bei jedem Einzelteil, so sonderbar es auch sein mag, auf jedes Gramm Gewicht ankommt. Um einen wirklichen Leichtbau zu sichern, hat der Konstrukteur zu prüfen, ob Bauteile, die bisher sich an der Kräfteaufnahme nicht beteiligten, in die Tragkonstruktion einbezogen werden können. So wurden z. B. früher die oberhalb der Seitenfenster angeordneten Regenrinnen lediglich längs des Seitenwandbleches angenietet. Wie aus Abb. 7 ersichtlich ist, kann die Regenrinne jedoch mit dem oberen Langrahmen vereinigt werden, so daß auch die Regenrinne einen, wenn auch nur geringen Teil der Kräfte aufnehmen kann. Im Untergestell sind zur Aufhängung der Brems-, Heiz- und Beleuchtungsapparate eigene Träger notwendig. Diese Träger wurden bisher ausschließlich nach den Bedürfnissen dieser Anlagen im Untergestell angeordnet ohne Rücksicht auf die Längs- und Querträger des Untergestelles. Der Leichtbaukonstrukteur hat die Aufgabe, das Untergestell so auszubilden, daß die schon vorhandenen Längs- und Querträger möglichst auch zum Tragen der Heizungs-, Beleuchtungs- und Bremsapparate herangezogen werden, so daß für diese Apparate möglichst viele Sonderträger entfallen können. Ferner sind Apparate in einem gemeinsamen Kasten aus Leichtmetall unterzubringen. Der bisher schwere Batteriekasten für die Beleuchtung der Wagen kann selbsttragend

ausgebildet werden, so daß besondere seitliche Abstützungen entbehrlich werden. Dabei erhalten die Blechwände der Batteriekästen zur Aussteifung besondere Sicken.

Für den tragenden Teil des Wagens, also für den Wagenkasten sind folgende Grundsätze für den Leichtbau zu beachten.

Konstruktionsgrundsätze.

Für die genieteten Untergestelle, Wagenkästen und Drehgestelle wurden in Anlehnung an die übliche Bauweise von Brücken, Kranen und Stahlhochbauten allgemein Formstähle verwendet, die durch Nietung unter Verwendung von Knotenblechen miteinander zu Fachwerkträgern vereinigt werden. Die einzelnen Träger wurden nach den Grundsätzen der Statik berechnet, d. h. es wurde für jeden Träger die Größe seiner Beanspruchung auf Zug, Druck, Knickung oder Verdrehung ermittelt und ein dieser Beanspruchung genügendes Profil festgelegt, das in der Regel aus einem T-, C oder Z-förmigen Querschnitt bestand, wobei außerdem bei der Wahl der Querschnittsform Rücksicht genommen wurde auf einen möglichst günstigen Zusammenbau. Da diese Berechnungsmethode fast ausnahmslos einen Querschnitt ergab, der nicht genau der Querschnittsgröße eines handelsüblichen Profiles entsprach, war der Konstrukteur darauf angewiesen, ein der Berechnung möglichst nahekommendes Profil auszuwählen. In der Regel hatte dann dieses Formeisen einen etwas größeren Querschnitt als es die Berechnung erforderte.

Wenn auch für reine Biegebungsbeanspruchungen die oben genannten Formstähle eine günstige Baustoffausnutzung zulassen und diese bei entsprechenden Konstruktionsmaßnahmen auch in der Lage sind die erforderlichen Knickbeanspruchungen günstig aufzunehmen, so hatten sie doch den beachtlichen Nachteil, daß ihre Formgebung keinesfalls günstig ist zur Aufnahme der in den Eisenbahnfahrzeugen auftretenden Verdrehungskräfte. Für letztere eignet sich bekanntlich nur ein kastenförmiger Träger. Ein durch Nietverbindungen aus Formstählen hergestellter Kastenträger ist nicht nur außerordentlich schwer, sondern er birgt auch wegen der nicht wasserdichten Nietverbindungen sogar noch die Gefahr des Anrostens der inneren Kastenträgerflächen in sich.

Durch die Verwendung genormter Formstähle, deren Zahl aus Gründen der wirtschaftlichen Herstellung und zur Erzielung einer günstigen Lagerhaltung bei den Eisenbahnausbesserungswerken möglichst beschränkt bleiben mußte, ergab sich für den Bau von Eisenbahnwagen aber neben dem Nachteil großer Gewichte noch die Tatsache, daß nicht jedes Bauteil gleichmäßig beansprucht wurde. Bei einem Zusammenstoß von Fahrzeugen müssen, wie bereits erwähnt wurde, dann zunächst die besonders starren Bauteile die Stoßkräfte aufnehmen; erst wenn sich diese genügend verformt haben, werden nach Maßgabe ihrer Steifigkeit nacheinander die übrigen Bauteile an der Kräfteaufnahme sich beteiligen. Gewichtsvermehrend wirkte sich neben der oben dargelegten Festigkeitsbetrachtung der einzelnen Trägerelemente ferner noch aus, daß aus Gründen der gewohnten Herstellungsweise Untergestell, Seitenwände und Dach konstruktiv jedes für sich betrachtet wurden und dadurch der Vorteil der Röhrenform des ganzen Wagenkastens vernachlässigt wurde.

Gänzlich unberücksichtigt mußte bei der genieteten Profilträgerbauweise bleiben, daß die Eisenbahnfahrzeuge im Betriebe dauernd dynamisch beansprucht werden, weil die Nietkonstruktion keine Möglichkeit bietet, die dynamischen Beanspruchungen in so vollkommener Weise wie bei der geschweißten Konstruktion aufzunehmen. Wenn bei den genieteten Eisenbahnfahrzeugen in den Wagenkästen und Drehgestellen infolge der dynamischen Dauerbeanspruchungen keine Anrisse in den einzelnen Verbindungen aufgetreten sind,

so beweist diese Tatsache nur, daß durch eine übermäßige Baustoffanhäufung, also durch die Schwerbauweise die Gefahr gebannt wurde.

Mit der Einführung der Schweißtechnik in den Eisenbahnfahrzeugbau hatten sich diese Verhältnisse nicht wesentlich verändert. Wohl wurden durch die Schweißung steifere Verbindungen und eine mäßige Gewichtsverminderung erzielt, die im wesentlichen durch den Fortfall der Nietköpfe und an einzelnen Stellen durch den Fortfall von Knotenblechen ihre Ursache hatte. Man übernahm aber bei den Schweißkonstruktionen die Profilträger und hielt an den Überlappungen der Verbindungsstellen fest, die man aus Sicherheitsgründen für notwendig hielt. Die durch die Schweißung erzielte Steifigkeit der Verbindungen brachte aber den Nachteil, daß unter dem Einfluß der dynamischen Beanspruchungen an einzelnen Eckverbindungen Anrisse auftraten, die auch durch die Verstärkung der Querschnitte nicht beseitigt werden konnten, weil an solchen Stellen mit Profilträgern keine kraftschlüssigen Verbindungen zu erzielen sind. Die Umleitung der Kräfte geschieht bei Profilträgerverbindungen in Ecken; Schweißnähte werden hierdurch bei dynamischen Beanspruchungen vielfach an diesen Stellen aufgerissen. Die im Betrieb auftretenden

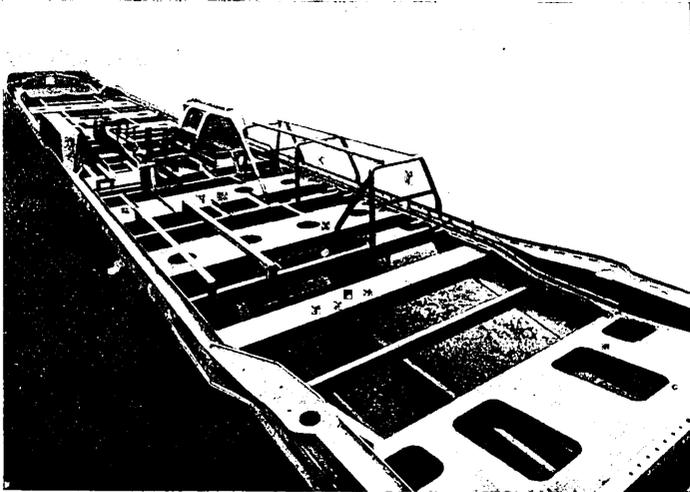


Abb. 8. Blechträgerkonstruktion Ruhrtriebwagen.

Anrisse haben aber bald zur Erkenntnis geführt, daß geschweißte Verbindungen so konstruktiv gestaltet werden müssen, daß an allen Stellen der Bauteile der Kraftfluß allmählich umgeleitet wird. Da inzwischen durchgeführte praktische Versuche gezeigt haben, daß geschweißte Stumpfstöße eine zuverlässige Verbindung von Bauteilen darstellen, konnten auch die bisher üblichen überlappenden Verbindungen, die eine Umlenkung des Kraftflusses notwendig machten, aufgegeben werden. An Stelle der Formstähle wurden durch Schweißung hergestellte Blechträger gebildet, bei denen sowohl der Steg als auch die Gurtbleche jede gewünschte Form erhalten konnten. Die Blechstärken und -höhen können entsprechend dem Verlauf der Beanspruchungen beliebig geändert werden; an den Eckverbindungen ergibt sich die Möglichkeit der Anordnung von Ausrundungen. Auf diese Weise war es nun möglich, an jeder Stelle nur noch so viel Baustoffe vorzusehen, als zur Erzielung einer gleichmäßigen in bestimmter Grenze zugelassenen Beanspruchung notwendig war. In Verbindung mit einer Ecken vermeidenden Formgebung der Bauteile war die Voraussetzung geschaffen, daß der Kräfteverlauf der Gesamtkonstruktion in vollkommener Weise entsprach. Es ist ohne weiteres klar, daß eine solche Formgebung der Gesamtkonstruktion bei geringstem Gewicht auch am besten den dynamischen Beanspruchungen genügt, weil an keiner Stelle

plötzliche Baustoffanhäufungen mehr vorhanden sind. Nicht nur die Querschnitte der Bauteile werden allmählich dem Belastungsfall entsprechend geändert, sondern auch der Übergang von einer Richtung zu einer anderen geschieht allmählich.

Entsprechen alle Bauteile einer Konstruktion einer gegebenen Beanspruchungsgrenze, so werden bei Zusammenstößen von Fahrzeugen alle Bauteile dieser Konstruktion gleichzeitig und gleichmäßig zur Aufnahme der Stoßkräfte herangezogen. Auf diese Weise wird die Arbeitsfähigkeit der Gesamtkonstruktion auf das höchste gesteigert; sie bietet daher, auch wenn sie ein geringeres Gewicht aufweist als die in der bisher üblichen Schwerbauart hergestellten Fahrzeuge, ein Höchstmaß von Sicherheit bei Zusammenstößen.

Im Eisenbahnwagenbau sind grundsätzlich zwei Bauformen zu unterscheiden:

1. Der geschlossene Wagenkasten,
2. der offene Wagenkasten (entweder mit halbhoher oder niedriger Bordwand oder mit Plattform).

Im folgenden werden nur die geschlossenen Wagenkästen behandelt. Geschlossene Wagenkästen haben alle Personenzüge und gedeckten Güterwagen. Der Wagenkasten wird in lotrechter Richtung durch die Eigen- und Nutzlast, seitlich durch die Stöße, Wind- und Fliehkräfte und in der Richtung der Wagenlängsachse durch Zug- und Stoßkräfte beansprucht. Der Wagenkasten ist daher auf Durchbiegung, Quersteifigkeit und Knickung zu berechnen. Endlich muß er die durch die Gleisunebenheiten bedingten Verwindungskräfte aufzunehmen in der Lage sein.

Es sei zunächst die Beanspruchung durch die lotrecht wirkende Last betrachtet. Der geschlossene Wagenkasten ist eine durch eine Röhre gebildete Brücke, die sich auf die Drehzapfen abstützt. Untergestell- und Dach-Langrahmen bilden mit den mit ihnen verschweißten Seitenwandsäulen ein Fachwerk. Auch das an dieses Fachwerk angeschweißte Seitenwandblech kann einen Teil der Last aufnehmen, also als Tragorgan dienen. Das Seitenwandblech hat aber vor allem die Aufgabe, das Fachwerk diagonalsteif zu machen. Um diese Aufgabe übernehmen zu können, darf, wenn man die im Flugzeugbau üblichen Zugdiagonalfelder vermeiden will, das Seitenwandblech sich nicht ausbeulen; es muß scherfest sein. Will man diese Scherfestigkeit nicht durch große Blechstärken, also unter großem Gewichtsaufwand erreichen, so bleiben nur zwei Möglichkeiten offen, entweder dadurch, daß man auf das Seitenwandblech Rippen aufsetzt oder in dieses Sicken einpreßt. Innen aufgesetzte Rippen verursachen überflüssiges Gewicht und sind der Gefahr des Anrostens ausgesetzt. Auch die bisher gebräuchliche auf das Seitenwandblech aufgesetzte Fensterbrüstungsleiste kann in das Seitenwandblech unmittelbar eingedrückt werden, so daß an Längsschweißungen nur die Verbindungen der Seitenwand mit Dach und Untergestell-langträger verbleiben. Die eingepreßten Sicken haben einen weiteren sehr wesentlichen Vorteil. Sie unterteilen die großen Blechfelder und wirken zwischen diesen unbeschadet der Scherkraftübertragung wie eingesetzte Federelemente. Alle senkrecht zur Sicke verlaufenden Wärmespannungen und durch Regellasten verursachten kleinen Durchbiegungen der Einspannrahmen haben daher wenig oder gar keinen Einfluß auf das Gesamtblech. Das Blech bleibt frei von Ausbeulungen. Das Seitenwandblech ist in den Fenster- und Türfeldern ausgeschnitten. Die Fensterrecken des dünnen Seitenwandbleches, die in Höhe der Fensterunterkante am stärksten beansprucht sind, sollen stark abgerundet sein, so daß die Spannungen im Bogen umgeleitet werden können. Die im Betrieb auftretenden Dehnungen bleiben den Spannungen verhältnismäßig, auf diese Weise wird das Einreißen der Bleche vermieden (vergl. Abb. 9). Die senkrechten Kastensäulen und

die Dachspriegel müssen mit Rücksicht auf die zu übertragenden großen Kräfte beibehalten werden. Diese Teile werden aus Winkeleisen hergestellt und auf einem Schenkel hochkantstehend mit dem Seitenwand- und Dachblech verschweißt. Die Deckfläche zwischen Steg und Blech ist damit auf ein Minimum gemindert. Zur Vermeidung von Überlappungen sind die Seitenwandsäulen auch stumpf auf die Langträger aufzusetzen.

Bei den früheren Schwerbauwagen war der Wagenkasten auf die Langträger des Untergestelles aufgesetzt. Die Untergestellangträger mußten daher neben ihrem Eigengewicht noch die ganze Wagenlast tragen. Die Höhe der Langträger war aus konstruktiven Gründen begrenzt, sie betrug im Mittel etwa 300 mm. Das erforderliche Widerstandsmoment war nur durch großen Baustoffaufwand erreichbar, der durch Anwendung eines Sprengwerkes im Untergestell etwas vermindert werden konnte. Wird jedoch die gesamte Seitenwand eines

wertes entsprechenden Wert annimmt bei der Schalenbauweise der Wagenkästen gegenüber einem gewöhnlichen Baustahl keine wesentliche Gewichtsverminderung, da bei dem heutigen Stand der Erkenntnis dieser Werkstoff nicht voll ausgenützt werden kann.

Zudem wäre es mit Rücksicht auf das beschränkte Vorkommen der hochwertigen Legierungsstoffe für die zum größten Teil Devisen erforderlich sind, nicht zu vertreten, für Zwecke des Eisenbahnbaues solche Stähle zu verwenden. Im übrigen sind der Baustoffwahl Grenzen gesetzt, denn hochfeste Baustähle verlieren an Schweißbarkeit, je nach Art ihrer Zusammensetzung. Gute Schweißbarkeit hängt in der Hauptsache vom Kohlenstoffgehalt ab, deshalb besitzen niedergekohlte Stähle, wie St 37, von Haus aus gute Schweißbarkeit. Die bei hochlegierten Stählen übliche Punktschweißung hat den Nachteil, daß rostgefährdete Überlappungen notwendig sind, die den Gewichtsvorteil dieses Baustahles z. T. wieder ausgleichen.

Mit Rücksicht darauf, daß es bei den Wagenseitenwänden nicht so sehr auf die Zugfestigkeit des Baustoffes, sondern auf die Verbeulfestigkeit ankommt, kann für Seitenwandkonstruktionen auch durch die Verwendung von Leichtmetall ein Gewichtsvorteil erzielt werden. So hat z. B. Hydronalium Hy 5 eine Zugfestigkeit von 35 bis 38 kg/mm² und eine Ermüdungsfestigkeit von 12 kg/mm² gegenüber St 37 mit einer Zugfestigkeit von 37 bis 44 kg/mm² und eine Ermüdungsfestigkeit von 18 kg/mm². Der Elastizitätsmodul des St 37 ist aber mit 210000 kg/cm² dreimal so groß wie der des Hydronaliums. Bei Leichtmetallseitenwandkonstruktionen werden daher bei gleichen Querschnittsabmessungen alle elastischen Verformungen dreimal so groß als bei Stahl. Will man jedoch bei beiden Baustoffen nur die gleiche Verformung zulassen, so muß bei der Leichtmetallkonstruktion das Trägheitsmoment des betreffenden Bauteiles etwa auf das dreifache vergrößert werden. Diese Maßnahme braucht jedoch bei Leichtmetall keinen Gewichtsnachteil zur Folge haben, weil bekanntlich die durch die Querschnittsvergrößerung bedingte Erhöhung des Gewichtes mit der ersten Potenz, das Trägheitsmoment aber mit der dritten Potenz der Bauhöhe anwächst. Das Leichtmetall ist aber wegen seines geringen spezifischen Gewichtes, das nur ein Drittel gegenüber Baustahl beträgt, im Vorteil, da schon durch eine geringe Erhöhung der Blechstärke eine gleichgroße örtliche Formsteifigkeit wie bei Stahl erzielt wird*).

An zwei zweiachsigen Versuchswagen der Deutschen Reichsbahn wird Elektron auch für den Wagenkasten und das Untergestell vorgesehen, so daß auch diesem deutschen Heimstoff Gelegenheit gegeben ist, seinen Beitrag zum Leichtbau von Eisenbahnfahrzeugen zu leisten und seine Verwendungsmöglichkeit zu erweisen.

Der den Untergurt der Seitenwandkonstruktion bildende Langträger muß, da er ein Bauglied des die Last aufzunehmenden Fachwerkes bildet, in der Ebene der Seitenwand liegen. Die beiden Langträger bilden aber mit den Kopfträgern, den beiden die Drehpfannen tragenden Hauptquerträgern und einer Anzahl von Querträgern das Untergestell des Wagens. Den Langträgern fällt die Aufgabe zu, die Zug- und Stoßkräfte, vor allem aber die bei Unfällen vorkommenden Stoßkräfte aufzunehmen. Da aber, nach den oben aufgestellten Betrachtungen über die Beanspruchungen der Seitenwand durch die Last, die Langträger einen verhältnismäßig kleinen Querschnitt benötigen, muß mit Rücksicht auf seine Beanspruchung durch die Stoßkräfte durch Konstruktionsmaßnahmen dafür gesorgt werden, daß der schwache Langträger nicht ausknicken

*) Nähere Angaben über den von der Deutschen Reichsbahn beschafften Hydronaliumwagen mit Abbildungen siehe Seite 347.

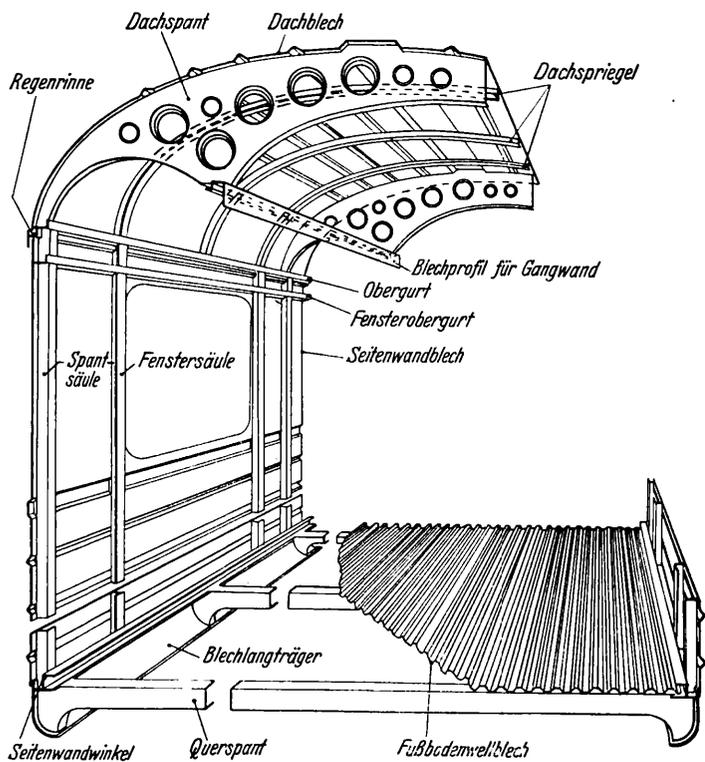


Abb. 9. Wagenkasten in Schalenbauweise.

Wagenkastens zum Tragen herangezogen, so ist der Langträger des Untergestelles nur noch der Untergurt eines Fachwerkes, dessen Gesamthöhe die Seitenwand einschließlich des Daches ist, die im Mittel mit 2800 mm angenommen werden kann, also fast das neunfache der früheren Langträgerhöhe. Da jedoch unter der vereinfachenden Annahme eines rechteckigen Querschnittes das Widerstandsmoment mit dem Quadrat der Höhe wächst, kann bei der tragenden Seitenwand der Baustoffaufwand für die Tragkonstruktion klein gehalten werden. Man wählt am besten Bleche oder Formstähle für Seitenwand, Säulen und oberen Langrahmen aus St 37, da bei den im Betrieb auftretenden Beanspruchungen schon mit diesem Stahl geringe Querschnitte sich ergeben. Die Wahl von Baustoffen höherer Festigkeit, etwa St 52, dessen Elastizitätsmodul nicht höher ist als der von St 37, bringt meist für die Seitenwandkonstruktion keinen Gewichtsvorteil, weil aus Gründen der Rostgefahr und zur Vermeidung des Falzens der Bleche, zu dünne Bleche vermieden werden müssen. Die Verwendung eines, in seinen Festigkeitswerten hochgezüchteten Werkstoffes, beispielsweise Chrom-Molybdän-Stahles bringt, da sein Elastizitätsmodul nicht einen der Erhöhung des Zugfestigkeits-

kann. Der Langträger muß also verhindert werden, daß er nach oben oder seitlich ausbeult oder ausknickt. Es hat sich gezeigt, daß ein C-förmiger Langträger die günstigste Bauform ist, wobei der lotrechte nach innen gekrümmte Steg in der Ebene der Seitenwand liegt, während der waagerechte Flansch in der Höhe des Wagenfußbodens angenommen ist. Die Seitenwand verhindert das Ausknicken des Langträgers nach oben. Die beiden Enden der Flanschen der Langträger werden durch ein dem Fußboden in seiner ganzen Breite und Länge bedeckendes Wellblech miteinander verbunden. Die beiden Flansche in Verbindung mit dem Wellblech sichern gegen das Ausknicken der Langträger in waagerechter Richtung. Der nach innen gewölbte Langträgersteg wird durch eine große Anzahl in gleichen Abständen angeordneter Querträger am Ausknicken gehindert. Für diese mit den Langträgern stumpf verschweißten Untergestellquerträger, die in Abständen einer halben Abteillänge verlegt sind, können in Anbetracht ihrer großen Zahl und ihrer Verbindung mit dem Fußbodenblech sehr leichte C-Profile gewählt werden. Um die Beulgefahr innerhalb dieser Knicklängen auszuschalten, ist, wie bereits erwähnt, der Steg der Langträger nach innen gekrümmt aus-

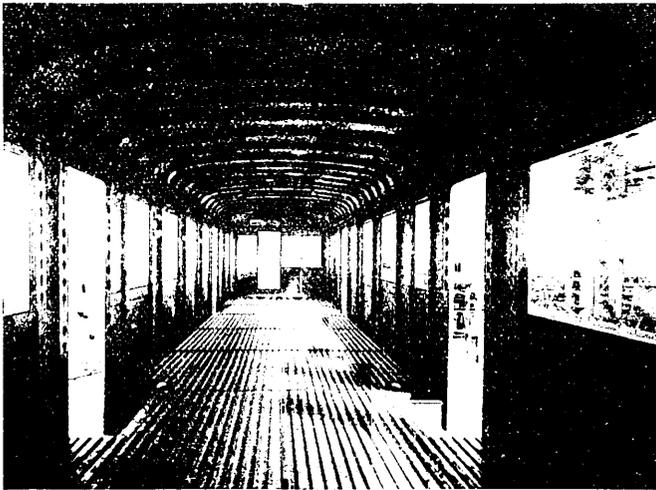


Abb. 10. Wagenkasten mit Wellblechfußboden des Dampftriebwagens.

gebildet, so daß auch dieser Teil des Langträgers für die Aufnahme des Pufferstoßes voll zur Verfügung steht.

Durch Versuche konnte nachgewiesen werden, daß durch die Verwendung eines 1,25 mm starken Bodensickenbleches, dessen Wellenkanten parallel zur Wagenlängsachse verlaufen und welches mit den Längs- und Querträgern starr verbunden ist, gemeinsam mit dem oben beschriebenen Langträger der Wagenkasten in der Lage ist, Pufferstöße von 200 t ohne bleibende Verformung aufzunehmen. Als günstigste Wellenform für das Blech ist durch Knick- und Beulversuche eine Trapezform ermittelt worden, welche so steif ist, daß sie rechnermäßig auf Knickung und Ausbeulen eine Druckbelastung gestattet, die über der Streckgrenze des St 37 liegt. Bei der gewählten Formgebung des Langträgers trifft sinngemäß das gleiche zu. Um die günstigste Bauform für das Bodenblech und den Langträger voll auszunützen zu können, wird daher für die Bauteile, die die Pufferstöße aufzunehmen haben, als Werkstoff nur St 52 verwendet.

Für die Aufnahme diagonalwirkender Pufferstöße und von Seitenkräften erhält das Untergestell durch das Bodenwellblech eine ausgezeichnete Diagonalsteifigkeit, welche die Anordnung besonderer Diagonalstreben im Untergestell, die bisher üblich waren, überflüssig macht.

Aus den dargelegten Betrachtungen zeigt sich, daß Leicht-

metall für die Aufnahme großer Pufferkräfte wegen seiner niederen Streckgrenze (16 bis 19 kg/mm² gegen 52 bis 62 kg/mm² für Baustahl St 52) keinen Gewichtsvorteil gegenüber St 52 bei gleicher Formgebung bringen wird. Für Fahrzeuge, die große Pufferkräfte im Betrieb auszuhalten haben, werden Leichtmetalluntergestelle nach den bisherigen Erkenntnissen kaum in Frage kommen. Eine Gemischtbauweise, d. h. die Verwendung von Stahl für die auf Stoß beanspruchten Teile und von Leichtmetall für den tragenden Wagenkasten wäre nur dann zulässig, wenn ausreichende Sicherheiten gegen Korrosion infolge Elementenbildung gegeben ist. Im Ausland (Frankreich) sind solche in Gemischtbauweise hergestellte Wagen seit einigen Jahren im Betrieb, ohne daß Anfrassungen an den Berührungsstellen der beiden Metalle eingetreten sind. Für Sonderfahrzeuge, die meist Massenbeschleunigungs- und Hubarbeit zu leisten haben — also z. B. Stadtbahnwagen oder für Triebwagenanhänger —, können Leichtmetallfahrzeuge mit Leichtstahlwagen in Wettbewerb treten, insbesondere wenn der hohe Preis für Leichtmetall ausgeglichen wird durch eine billigere Fertigung. Diese kann mit der Verwendung im Strangpreßverfahren hergestellter komplizierter Profile erzielt werden, weil dadurch weniger Bauteile notwendig werden und eine einfachere Montage möglich ist. Im übrigen wird die Deutsche Reichsbahn durch den Bau von Versuchsfahrzeugen mit Leichtmetallwagenkästen in nächster Zeit diese Fragen einer praktischen Klärung zuführen.

Beim Wagendach, das ebenfalls druck- und schubsteif auszubilden ist, lassen sich Gewichtsparsnisse dadurch erzielen, daß die quer zur Wagenlängsrichtung angeordneten, aus Winkeleisen gebildeten Dachspriegel mit ihrem einen Schenkel an das Dachblech stumpf angeschweißt werden. Hierdurch wird neben der Vermeidung der Überlappung verbundenen Gewichtseinsparung auch der Nachteil des Anrostens in diesem Bereich vermieden. Die Abstände der Spriegel sind möglichst gleich groß zu wählen, damit auch im Dach in den einzelnen Feldern gleiche Knicklängen vorhanden sind. An Stelle der bisher üblichen Längsversteifung des Wagendaches durch Profilträger oder gekantete Bleche, die mit dem Dachblech geschlossene Kastenträger bilden, können in gleicher Weise und aus den gleichen Gründen wie bei den Seitenwandblechen in Richtung der Wagenlängsachse verlaufende Sicken in das Dachblech eingepreßt werden. Es genügt jedoch, diese Sicken in der Hauptsache nur in dem schwachgekrümmten oberen Teil des Wagendaches anzuordnen. In den seitlichen Dachteilen ist der befestigende Anteil der stärkeren Querschnittskrümmung groß genug um auf zusätzliche Versteifung verzichten zu können. Gegen die in Wagenlängsachse verlaufenden Sicken wird eingewendet, daß sie das Abfließen von Regenwasser erschweren. Diese Gefahr besteht jedoch nur während des Stillstandes der Wagen, da während der Fahrt das Regenwasser durch den Fahrwind abgestreift wird. Im Stillstand können aber nur ganz geringe Wassermengen im oberen Bereich der Sicken nach einem Regen zurückbleiben, die bei trockener Witterung rasch verdunsten werden, so daß die Rostgefahr außer acht bleiben kann. Im übrigen kann man durch die Sicken Wasserablaufrohre stecken oder sie an den Dachspriegeln unterbrechen, damit das Wasser rasch abfließen kann. Durch die letztere Maßnahme wird die Knicksteifigkeit nicht verringert, weil durch die Dachspriegel für eine genügende Festigkeit gesorgt ist. Die Sicken haben aber den Vorteil, daß sie die durch die Außentemperatur bedingten Wärmespannungen aufnehmen können und die bei großen Temperaturschwankungen eintretenden knallähnlichen Geräusche vermeiden. Das Dach bleibt bei allen Temperaturen frei von Ausbeulungen. Die einzelnen Felder des Daches sind unter sich und mit den Spriegeln miteinander zu verschweißen. Bei Zusammenstößen sind geschweißte Dächer vorteilhafter;

bei genieteten Dächern können unter Umständen die Niete abplatzen.

Der Wagenkasten besitzt, wie bereits erwähnt, die Gestalt einer Röhre, welche durch die Seitenwände, den Fußboden und das Dach gebildet wird. Jede dieser vier Begrenzungswände ist schubsteif ausgebildet, so daß bei ebenfalls schubfester Verbindung dieser vier Wände miteinander eine sowohl in lotrechter als auch in waagerechter Richtung biegungssteife Röhre entsteht, bei der im Gegensatz zu den bisherigen Bauarten nicht nur die Seitenwände, sondern auch das Dach und der Fußboden für das Widerstandsmoment voll zur Verfügung stehen. Diese Röhre wird verdrehungssteif, wenn man an mindestens zwei Stellen starre Querwände oder Verstrebungen anordnen kann, die eine Formveränderung des Rohrquerschnittes ausschließen. Da die Stirnwände in der Regel einen Ausschnitt für die Übergangstüren haben und außerdem dicht neben den Stirnwänden in den Seitenwänden für die Einstiegstüren Türausschnitte angeordnet sind, können die Wagenenden für die Erhaltung der Form des Wagenkastenquerschnittes nicht ausreichend herangezogen werden. Zu diesem Zweck sind vielmehr besonders schubsteife Stahlblechquerwände in der Nähe der Wagenenden z. B. in den Aborttrennwänden anzuordnen. Zur weiteren Erhöhung der Verdrehungssteifigkeit sind in den Ebenen der Abteilquerwände die Untergestellquerträger, Seitenwandsäulen und Dachspriegeln zu rundumlaufenden Spanten zu vereinigen und außerdem die Sperrholz-

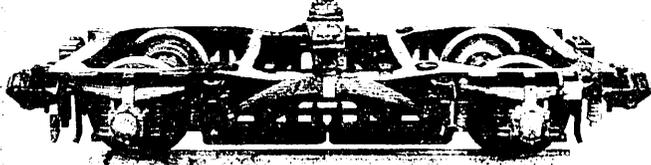


Abb. 11. Drehgestell mit hohem Drehgestellrahmen.

wände mittels besonderer Stahlschienen mit den Spanten verschraubt und an der Seitengangtrennwand durch eine Stütze einzufassen, so daß auch in diesen Ebenen die Querschnittsform des Wagenkastens gegen Veränderungen geschützt ist. Auf diese Weise ist es möglich, mit Ausnahme der Hauptquerträger Kastenträger zu vermeiden, gegen die vom Standpunkt der Erhaltung mancherlei Bedenken bestehen.

Für den Leichtbau der Drehgestelle sind folgende allgemeine Konstruktionsgrundsätze zu beachten: Die Drehgestellrahmen werden im allgemeinen durch Kräfte aus allen drei Richtungen des Raumes beansprucht. In lotrechter Richtung sind es das Eigengewicht, die Nutzlast, lotrechte Stöße und Bremsgehängedrucke. Die günstigste Bauform für den Drehgestellrahmen wegen der Beanspruchung in lotrechter Richtung ist ein Träger mit möglichst großer Bauhöhe. Im Interesse des Leichtbaues wird man daher den Drehgestelllangträger aus Blechen bilden, mit einem möglichst hohen Steg und mit einem Ober- und Untergurt aus Blechen, die an den anschließenden Querträgern zur Erreichung großer Diagonalsteifigkeit entsprechende Ausrundungen besitzen, wobei im Zuggurt des Langrahmens Querstumpfschweißnähte zu vermeiden sind. Die Federhänger der Tragfedern über den Achsen und für die Wiegenfedern greifen an besonderen Stützen, die an dem Steg des Langträgers angeschweißt sind, an. Durch diese Anordnung wird der Langträger auf Verdrehung beansprucht. Es ist zweckmäßig, die Stützen an Stellen anzuordnen, wo Querträger zur Aufnahme der Verdrehungskräfte angeschlossen werden können. Über den Achsen ist der Langträger als Kastenträger von großer Torsions-

steifigkeit ausgebildet zur Aufnahme und Weiterleitung der Momente aus den horizontalen Stößen zum Kopf- und Querträger. Der Wiegenträger ist in geschweißter Blechträgerbauweise durch zweckmäßige Auflösung der Querschnitte angenähert als Träger gleicher Festigkeit bezüglich der X- als auch der Y-Achse auszubilden.

Ein wesentliches Erfordernis für den ruhigen Lauf der Schienenfahrzeuge ist die parallele, spielfreie und zur Fahrzeugachse senkrechte Lagerung der Radachsen im Rahmen. — Der allein rollende Radsatz vollführt bekannterweise in der Geraden eine Sinus- bzw. sinusartige Kurve, deren Gesetzmäßigkeit durch die Form der Radsatzlaufläche bedingt ist. Je steiler die Laufläche zur Achse geneigt ist, desto kürzer ist die Wellenlänge der Sinuskurve und desto höher die Frequenz der horizontalen auf das Fahrzeug wirkenden Schwingungsimpulse. Letztere sind die Grundursache der Wagenunruhe in wagrechter Richtung. Sind zwei oder mehrere Radsätze in einem gemeinsamen starren Rahmen gelagert, so können die Radsätze nur dann eine Wellenbahn beschreiben, wenn sie um die Senkrechte durch ihren Schwerpunkt pendeln können, d. h. wenn sie gegen den Rahmen Längsspiel besitzen. Wird dieses unterbunden, sei es durch schließende Führungen, Lenker oder ähnliches, so kann ein Wenden der einen Achse um ihre vertikale Symmetrieachse nur unter gleichzeitiger Verschiebung der anderen Achsen quer zum Gleis erfolgen.

Der ruhige Lauf der Schienenfahrzeuge ist nicht nur von einer spielfreien Führung der Achsen im Steifrahmen abhängig, sondern auch von dem Verhältnis der ungefederten Masse des Fahrzeuges. Im Vordergrund dieser Betrachtung steht daher der Radsatz, der gemeinsam mit Achsbuchsen und sonstigen starr auf der Achse gelagerten Maschinenteilen das ungefederte Gewicht des Fahrzeuges darstellt. Das Gewicht der ungefederten Masse ist tunlichst gering zu halten, weil diese sowohl bei vertikaler als auch bei horizontal senkrecht zur Fahrtrichtung vorkommenden Schienenunebenheiten über die Höhe des Hindernisses hinaus in einer Wurfparabel gegen die Kastemasse geschleudert wird und Bewegungen derselben hervorruft. Ein Radsatz mit der Masse $m = 0$ würde den Wagenkasten bei schneller Fahrt nur um den Bruchteil der Höhe der Schienenunebenheiten auslenken. Solche Radsätze sind praktisch zwar undurchführbar, doch zeigt der angeführte Gegensatz deutlich, welche Bedeutung der Verringerung der ungefederten Masse zukommt. Der leichteste bisher geschaffene Vollbahnradatz ist der bekannte Hohlradatz.

Eine Gewichtsverminderung an den Radsätzen kann erzielt werden an der Achswelle, an der Radscheibe und am Radreifen. — Man hat versucht, den Wellendurchmesser und damit das Gewicht zu vermindern durch Verwendung eines hochwertigen Baustoffes. Mit dieser Gewichtsersparnis muß aber der Nachteil einer größeren Durchbiegung in Kauf genommen werden. Da die hochwertigen Baustoffe zudem noch kerbempfindlich sind, ist auf eine möglichst glatte Oberfläche zu achten. Für schnellfahrende Fahrzeuge haben sich bisher Achsen aus hochwertigem Stahl unter Verringerung des Achsdurchmessers nicht bewährt, so daß man heute wohl allgemein für Achswellen nur noch Stahl von 50 bis 60 kg/mm² verwendet, wobei man den Achsdurchmesser an der höchstbeanspruchten Stelle, nämlich unter dem Nabensitz, verstärkt. Ein weiteres Mittel zur Abminderung des Gewichtes der Achswellen besteht in der Verwendung von Hohlwellen. Hohlwellen sind aber nur dann betriebssicher, wenn ihr Baustoff einwandfrei durchgearbeitet ist und wenn die Innenflächen der Wellen vollkommen glatt sind. Gewalzte Hohlwellen müssen in ihren Hohlräumen durch Abdrehen nachgearbeitet werden. Ein genaues Prüfverfahren muß dafür sorgen, daß die Oberfläche im Innern an allen Stellen vollkommen glatt ist. Solche Achswellen laufen in größerer Anzahl

bei der Deutschen Reichsbahn als Laufradsätze unter Triebwagen und deren Anhänger. Ein endgültiges Urteil über die Bewährung dieser Achsen wird erst nach längerer Laufleistung gefällt werden können.

Das Gewicht der Radscheiben kann vermindert werden durch die Verwendung eines hochwertigen Baustahles, z. B. St 52 oder Federstahl an Stelle bisher üblichen St 42, weil auf diese Weise die Wandstärke schwächer gehalten werden kann. Außer der in den Regelscheiben vorhandenen radialen Wellung kann nach dem Vorschlag von Kreissig auch eine achsiale Wellung angeordnet werden, wodurch eine Art Wellblechwirkung erzielt wird. Durch Verwendung eines hochwertigen Baustoffes aus SMS St 75 bis 85 kg/mm^2 und wellenförmigen Querschnittes der Radscheibe können etwa 180 kg je Radsatz gespart werden, wobei außerdem die radiale Nabenfederung etwa das zwei- bis dreifache der bestehenden Ausführungen beträgt, so daß bei gleichen Anarbeitungstoleranzen die Toleranzspanne der Aufpreßdrücke auf etwa $\frac{1}{3}$ der bestehenden vermindert werden kann, wodurch eine Senkung der Nebenspannungen in der Achse erreicht wird. Eine solche Scheibe ist daher in der Lage, die Schrumpfkkräfte ohne wesentliche bleibende Verformung aufzunehmen. Bei einer sorgfältigen Bearbeitung kann auch ein guter Wärmeübergang zwischen Radreifen und Scheibe erzielt werden. Leichttrad-

scheiben haben im Betrieb noch zu keinen Anständen Anlaß gegeben.

Einen wesentlichen Anteil am Gesamtgewicht eines Radsatzes hat der Radreifen, der bei 75 mm Stärke 40% des Gesamtgewichtes beträgt. Vom Standpunkt der wirtschaftlichen Ausbesserung der Fahrzeuge sind möglichst starke Radreifen anzustreben, da das Abdrehen der Radreifen verhältnismäßig billiger ist als eine Neubereifung. Auch vom Standpunkt der Stahlersparnis soll man nicht zu schwache Radreifen wählen. Die Abnutzung der Radreifen kann verringert werden durch Verwendung von Stahl hoher Festigkeit. Durch diese Maßnahme wird allerdings die Abnutzung von Radreifen auf die Schiene verlegt. Es hat sich vorläufig nicht als zweckmäßig erwiesen, eine Gewichtsverminderung beim Radreifen anzustreben, wegen der damit verbundenen Nachteile. Auch Vollräder, also Räder, deren Radreifen und Scheiben aus einem Stück gewalzt sind, haben sich bei Verwendung von Leichttradscheiben noch nicht vollkommen bewährt.

Die Deutsche Reichsbahn hat eine Reihe von Versuchsfahrzeugen mit besonders leichtem Gewicht im Betriebe und im Bau, so daß in nächster Zeit im praktischen Betrieb genügend Erfahrungen gesammelt werden können, die zu einer allgemeinen Einführung der Leichtbautechnik nach entsprechender Vervollkommnung führen können.

Kraftwerkwagen (als Lastwagenanhänger).

Von Oberreichsbahnrat Aldinger, Nürnberg.

Hierzu Tafel 1.

In Heft 5 des „Org. Fortsch. Eisenbahnwes. 1936“ ist eine für besondere Zwecke von der Reichsbahndirektion Nürnberg gebaute fahrbare Stromerzeugungsanlage näher beschrieben. Diese in einem vierachsigen Eisenbahnpackwagen eingebaute Anlage hat sich sowohl beim Reichsparteitag 1935 und bei den olympischen Winterspielen in Garmisch-Partenkirchen im Februar 1936 als auch bei späteren Gelegenheiten sehr gut bewährt. Im Jahre 1937 ist der Wagen siebenmal eingesetzt worden und hat in 476 Betriebsstunden mit einem Treibstoffverbrauch von 1350 l für verschiedene Zwecke Aushilfsdienste geleistet. Für die steigenden Anforderungen der späteren Reichspartitage reichte jedoch die Anlage nicht mehr aus, zumal in mehreren räumlich getrennten Bahnhöfen gleichzeitiger Bedarf an solchen Lademaschinen auftrat. Weitere Anlagen waren daher notwendig. Es mußte im Jahre 1936 eine zweite und 1938 eine dritte Anlage (Kraftwerkwagen — Kww 2 und 3) beschafft werden.

Bei dem Bau dieser neuen Anlagen war die Überlegung maßgebend, daß die Schienengebundenheit sich bei plötzlichem Bedarf, z. B. bei Unfällen, hemmend auswirken kann, weil die vorhandenen Gleisanlagen in solchen Fällen meist schon durch andere Leistungen überbeansprucht sind. Zu den dadurch entstehenden Verzögerungen des Einsatzes kommt noch die Tatsache, daß es nur selten möglich sein wird, den Beleuchtungswagen auf seitwärts liegenden Gleisen bis in die unmittelbare Nähe der Arbeitsstelle vorzubringen. Zur Erzielung größerer Beweglichkeit und Freizügigkeit wurde daher für die neuen Anlagen, im Gegensatz zum vorhandenen ersten Aggregat, die Unterbringung in einem Lastkraftwagenanhänger gewählt. Auf diese Weise wurde erreicht, daß das Notstromaggregat nach Anforderung sofort auf den kürzesten Straßenwegen nach dem Endziel abgehen und dort unabhängig von den Verschiebewegungen der schienengebundenen Fahrzeuge (Gerätezug, Kranwagen, Arztwagen usw.) in Stellung gebracht und ohne Verzug in Betrieb genommen werden kann.

Um die neue Anlage (Kww 2) (siehe Abb. 1, Taf. 1) im

Rahmen der Gewichtsgrenzen möglichst vielseitig verwendbar zu gestalten, wurde dieselbe so durchkonstruiert, daß sie (im Gegensatz zum ersten schienengebundenen Kraftwerkwagen [Kww 1]) in der Lage ist, jederzeit nach Bedarf Gleichstrom oder Drehstrom oder beides zugleich zu liefern. Demgemäß überträgt der von der Firma Junkers-Flugzeug- und Motorenwerke AG. in Dessau hergestellte Dieselmotor Typ 2,7 mit

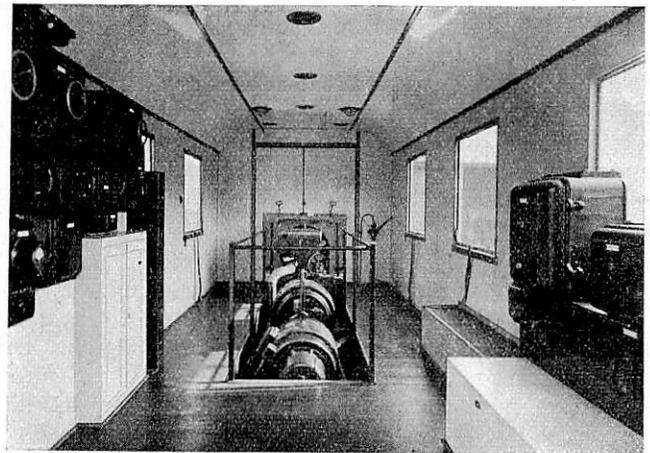


Abb. 1. Maschinen- und Schaltanlage im Kraftwerkwagen 2, Baujahr 1936. Auf der rechten Seite ist die gußgekapselte Gleichstromverteilung für 24 Volt, links sind Regler und Schaltgeräte für die Maschinenanlage.

55 PS Nennleistung bei $n = 1500$ (bzw. mit 60 PS Höchstleistung bei $n = 1600$) mittels Kupplungen die Leistung auf je einen Stromerzeuger für Gleichstrom 24/35 Volt und für Drehstrom 380/220 Volt, von denen der letztere durch eine elastische Flender-Eupexkupplung ausgeschaltet werden kann, während der Gleichstromerzeuger durch eine Voith-Maurer-Kupplung mit dem Dieselmotor verbunden, ständig mitläuft. Das beschriebene Aggregat ist im hintersten Teil des Wagens

mit möglichst tiefer Schwerpunktlage so eingebaut, daß der ringsum liegende Betriebsraum von allen Seiten einen bequemen Zugriff zur Gesamtanlage gestattet (siehe Textabb. 1). Das ganze Aggregat wurde während der Monate Juli und August 1936 im Reichsbahnausbesserungswerk Nürnberg nach den Angaben der Reichsbahndirektion Nürnberg zusammengebaut und betriebsfähig fertiggestellt.

Die gußgekapselte Schaltanlage ist in der vorderen Wagenhälfte untergebracht und zwar an den beiden Seitenwänden, für Drehstrom und Gleichstrom getrennt vorgesehen. Durch diese Anordnung wurde auch noch eine besonders günstige Gewichtsverteilung für den ganzen Wagen erreicht. Für alle Anschlußstellen von Kabeln sowie für vier Regler und Rückstromautomaten zum Laden von Batterien wurden in der äußeren Wagenverschalung wasserdicht abgeschlossene Nischen angebracht, in denen auch die Rückstromautomaten zum Laden der Batterien eingebaut sind, wie später bei dem Kraftwerkwagen 3, Textabb. 2. Der Treibstoffbehälter hat einen günstigen Platz seitlich des Dieselmotors im Rahmenaufbau erhalten.

Das Innere des Wagens bildet einen freundlichen nach Art der Eisenbahnwagen durch Schubfenster beleuchteten und mit Linoleum belegten Betriebsraum, in dessen Mitte das tiefliegende Aggregat von einem eisernen Schutzgitter umgrenzt ist. An den Wänden ist für Schaltbilder und Vorschriften entsprechender Platz vorgesehen. Bei Dunkelheit wird der Wagen durch vier elektrische Deckenlampen, die von einer besonderen, von der Lichtmaschine des Dieselmotors geladenen 12 Volt Batterie gespeist werden, gut beleuchtet. An den beiden Stirnseiten sind doppelflügelige Türen und feste Treppen angebracht, welche vor Abschluß des Wagens nach oben geklappt und versperrt werden. Zur Entlastung der Wagentragfedern während der Aufstellung des Fahrzeuges dienen vier unter dem Wagen angebrachte Abstützschrauben. Der Auspuff des Dieselmotors mündet durch einen Schalldämpfer unter dem Wagen ins Freie.

Der Wagen wurde im September 1936 beim Reichsparteitag erstmalig in Betrieb genommen. Er hat sich seitdem bei vielen Gelegenheiten auch weiterhin gut bewährt. Während der ganzen Dauer der Reichsparteitage 1936 und 1937 wurde er vorzugsweise mit dem Gleichstromgenerator zum Aufladen der Batterien für die in den Vorbahnhöfen von Nürnberg hinterstellten Schlaf- und Speisewagen der Ehrengäste herangezogen. (Siehe auch Aufsatz M. Schneider im „Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1936“, Seite 97.) Dabei war es möglich, gleichzeitig je 18 Batterien in drei Schichten zu laden. Die Tagesleistung betrug durchschnittlich 45 Batterien. Hierbei wurde als Hilfswagen zur Bereitstellung der aufzuladenden Batterien ein besonderer Güterwagen verwendet, der mit den nötigen Schaltgeräten versehen wurde und in dem die Batterien zum Aufladen angeschlossen werden konnten. Diese Schaltgeräte sind auf tragbaren Gerüsten befestigt, die nach dem Reichsparteitag wieder aus dem Wagen genommen und bei Bedarf in jedem beliebigen Güterwagen wieder befestigt werden können.

Die vielseitige Möglichkeit seiner Verwendung hat der Wagen seit dieser Zeit häufig unter Beweis gestellt. Außer zur Stromversorgung der Gästewagen des Führers bei den Reichsparteitagen wurden die Aggregate an vielen Orten zu den verschiedensten Zwecken herangezogen, z. B. zur Streckenbeleuchtung bei Betriebsunfällen aller Art, bei Brückenbauarbeiten, zur Stromversorgung von Bahnhöfen usw. Der Einsatz des Wagens ermöglichte auch die nächtliche Durchführung von Gleisarbeiten, besonders in den heißen Sommermonaten und dadurch die bessere Ausnutzung von Betriebspausen.

Die immer umfangreichere Ausgestaltung der Reichsparteitage und das häufig auftretende Bedürfnis, mehrere

Bedarfsstellen gleichzeitig mit leistungsfähigen fahrbaren Stromquellen zu versorgen, brachte zu Beginn des Jahres 1938 die dringende Notwendigkeit, einen weiteren (dritten Kraftwerkwagen — Kww 3) ähnlicher Art zu beschaffen. Hierbei wurde den Erfahrungen der letzten Jahre weitgehend Rechnung getragen. Die bewährte Gesamtanordnung des Wagens 1936 wurde im allgemeinen beibehalten und der Wagen wieder als Kraftwagenanhänger gebaut (Abb. 2, Taf. 1 und Textabb. 2).

Das in der Längsachse des Wagens liegende Aggregat wurde noch vielseitiger ausgestaltet, so daß es möglich war, nicht nur wie bisher mit dem Diesel Drehstrom oder Gleichstrom oder beides gleichzeitig zu erzeugen, sondern auch unter Abschaltung des Dieselmotors den Drehstromgenerator als Motor zu schalten und so aus einem vorhandenen Drehstromnetz (380 Volt) im Umformerbetrieb Gleichstrom zu erzeugen. Diese Erweiterung der Anlage wurde deshalb vorgenommen, weil sich bei der Verwendung während des Reichsparteitages das Bedürfnis ergab:

1. Bei länger dauerndem Strombedarf den an der Verbrauchsstelle verfügbaren billigen Netzstrom zur Umformung zu verwenden,
2. die volle Dieseldieselpotentialreserve für Störungsfälle möglichst lange bereit zu halten,
3. die Anlage ohne Dieselmotor nahezu geräuschlos und schwingungsfrei zu betreiben.

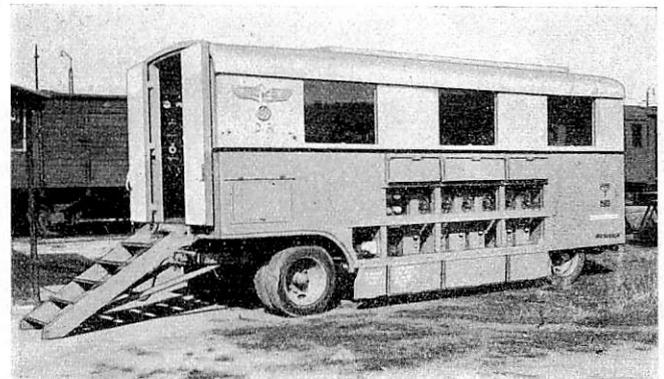


Abb. 2. Kraftwerkwagen 3, Baujahr 1938. Die geöffneten Klappen lassen die Regler und Rückstromautomaten für die Batterie-ladung, sowie die Steckdosen für Drehstromanschlüsse erkennen.

Für diesen Fall der Verwendung des Drehstromgenerators als Motor wurde nach dem Vorschlag des technischen Reichsbahn-Oberinspektors Schneider der Reichsbahndirektion Nürnberg ein Anwurfmotor mit besonderer Schaltvorrichtung eingebaut*). Beim Anlassen des Anwurfmotors im Anschluß an ein vorhandenes Drehstromnetz ist die Ständerwicklung dieses Motors mit der Ständerwicklung der Drehstrommaschine in Reihe geschaltet (siehe Schaltbild Abb. 3, Taf. 1). Wenn nach dem Anlassen der Maschinensatz seine volle Drehzahl erreicht hat, und die Drehstrommaschine entsprechend erregt ist, wird die Ständerwicklung des Anwurfmotors durch einen besonderen Überbrückungsschalter kurz geschlossen und die Drehstrommaschine läuft nun als Motor im Anschluß an das Drehstromnetz synchron weiter. Dieser Anlaufvorgang stellt gegenüber den sonst gebräuchlichen Synchronisierungseinrichtungen für den vorliegenden Fall wohl die einfachste Inbetriebsetzungsmöglichkeit der Anlage als Umformeraggregat dar. Dabei hat der praktische Betrieb gezeigt, daß die Anlage

*) Die elektrische Schaltanlage des Kww 3 wurde von dem am Bau des Wagens beteiligten technischen Reichsbahn-Oberinspektor Schneider entworfen und beschrieben.

bei der leichten Bedienung auch durch wenig geschultes Personal betrieben werden kann und einwandfrei arbeitet. Während des Reichsparteitages 1938 wurde fast der ganze Ladebetrieb im Bahnhof Nürnberg Süd auf diese Weise durchgeführt.

Für das Maschinenaggregat (Textabb. 3) wurde durch die beschriebene Erweiterung der Anlage gegenüber dem Kww 2 etwas mehr Raum erforderlich, als für das Aggregat im Kww 2 nötig war. Der Kraftwerkwagen 1938 hat eine Wagenkastenlänge von 6,4 m gegenüber 6,2 m bei dem Kraftwerkwagen 1936.

Die gesamte Maschinenschaltanlage mit Meßgeräten und Sicherungen wurde erstmals bei diesem Wagen in einem Schaltschrank der Firma F. Klöckner in Köln-Bayenthal, die auch die Schaltanlagen für die Kww 1 und 2 lieferte, zusammengebaut (Abb. 4, Taf. 1). Diese Ausführung hat gegenüber den bei den früheren Wagen verwendeten gußgekapselten Anlagen den Vorteil des geringeren Gewichtes, sowie der größeren Übersichtlichkeit und ermöglicht auch ein leichteres Bedienen des Maschinensatzes.

Eine weitere Ergänzung erhielt der neue Kraftwerkwagen durch die Aufstellung eines Umspanners von 50 kVA-Leistung, der es ermöglicht, für besondere Zwecke, die im Drehstromgenerator erzeugte Spannung von 380/220 Volt auf 220/125 Volt umzuspannen. Dadurch können also auch Bahnhöfe, deren

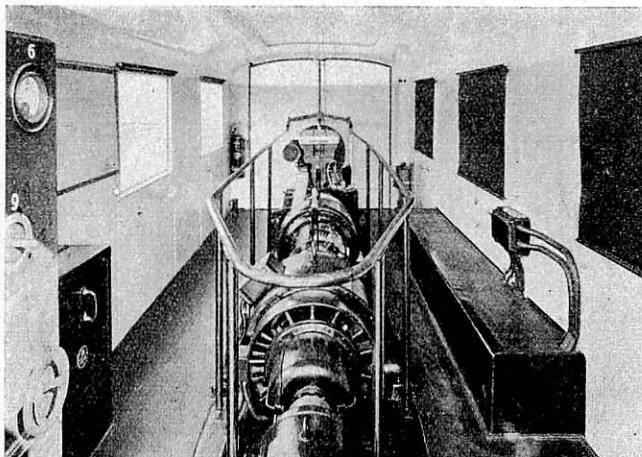


Abb. 3. Maschinenanlage im Kraftwerkwagen 3. Die auf der rechten Seite längs des Fußbodens eingebauten Regler sind mit durchlochtem Blech, das die Wärmeabfuhr ermöglicht, abgedeckt. Im Vordergrund links ist ein Teil des Schaltschranks zu sehen. Bei den Fenstern auf der rechten Seite sind die schwarzen Rollvorhänge herabgezogen.

Netz für diese niedrige Spannung gebaut ist, von der Maschinenanlage des Kraftwerkwegens mit Strom versorgt werden. An der Außenseite des Wagens sind, durch Klappen geschützt, Anschlußdosen sowohl für 380/220 Volt als auch für 220/125 Volt angebracht. Außerdem sind eine Reihe von Licht- und Kraftsteckdosen zum Anschluß von Scheinwerfern und elektrischen Geräten in besonderen Nischen eingebaut.

An der linken Außenseite des Wagens befinden sich ferner sechs Regler und Rückstromautomaten mit Stromzeiger und Sicherungen, die das Laden von sechs Zugbeleuchtungsbatterien unmittelbar am Wagen ermöglichen (siehe Textabb. 2). Zur Verbindung der Gleichstromanlage mit dem bereits erwähnten Batterieladewagen wurden auf der rechten Wagenseite sechs Kupplungsdosen, wie sie sonst für die elektrische Zugheizung verwendet werden, eingebaut. Dabei sind wegen der großen zu übertragenden Stromstärken je drei positive und drei negative Leitungen parallel geschaltet. Mit der Gleichstrom-

maschine, die eine Leistung von 30 kW bei 24/35 Volt besitzt, können gleichzeitig 20 Zugbeleuchtungsbatterien geladen werden. Die Drehstrommaschine, die als Synchron-Generator mit Dämpferwicklung und eingebauter stabilisierter Erregermaschine hergestellt ist, entwickelt bei einer Spannung von 380/220 Volt eine Leistung von 60 kVA. Beide Maschinen wurden zusammen mit dem Anwurfmotor von der Firma Elektromotorenwerke Karl Kaiser, Berlin-Tempelhof, die auch die elektrischen Maschinen für die Kww 1 und 2 baute, geliefert.

Der für eine Leistung von 90 PS bei $n = 1500$ gebaute, dreizylindrige Junkers-Gegenkolben-Dieselmotor Type 4,1 hat sich in seiner Gesamtausführung als Fahrzeugmotor durch sein außerordentlich geringes Gewicht bei verhältnismäßig hoher Leistung (90 PS) bestens bewährt. Es hat sich erwiesen, daß bei den Kraftwerkwagen zweckmäßigerweise nur Fahrzeugmotoren verwendet werden sollten, weil dann größere Sicherheit geboten ist, bei eingeführten und bekannten Fabrikaten überall Ersatzteile zu erhalten und in besonderen Fällen sogar die Möglichkeit offen liegt, Ersatzteile aus den überall bei der Reichsbahn oder der Wehrmacht in Betrieb befindlichen Straßenfahrzeugen zu entnehmen. Die Wahl eines Fahrzeugmotors ist auch deshalb berechtigt, weil Dieselmotoren gleicher Leistung, wie solche für stationäre Zwecke gebaut werden, schon durch das hohe Gewicht für eine Verwendung in Kraftwerkwagen nicht günstig sind. Weiterhin wäre bei Einsatz verschiedener Ausführungen von Dieselmotoren die Ersatzteilbeschaffung erschwert und verteuert. — Es wurde also schon beim Bau dieser Kraftwerkwagen dem Streben nach Vereinheitlichung und Typenbeschränkung im Kraftfahrzeugwesen Rechnung getragen, wie dies durch die neuerlichen Anordnungen des Beauftragten für den Vierjahresplan besonders zum Ausdruck kam.

Der Dieselmotor im Kraftwerkwagen 1938 ist mittels einer ausrückbaren Flender-Eupex-Kupplung mit der Gleichstrommaschine verbunden. Eine gleiche Kupplung befindet sich zwischen der Gleichstrommaschine und der Drehstrommaschine, während der Anwurfmotor mit der Drehstrommaschine durch eine feste Kupplung verbunden bleibt. Das Maschinenaggregat ist auf einer von der Firma Famo in Breslau hergestellten Grundplatte befestigt, die an drei Punkten auf Schwingmetall-Unterlagen mit dem Fahrgestell verbunden ist. Diese Einrichtung hat sich sehr gut bewährt, weil dadurch die Schwingungen und Erschütterungen, welche bei Betrieb mittels Dieselmotor auftreten, fast vollkommen behoben werden. Die Herstellung der Schwingmetallunterlagen erfolgte auf Grund genau durchgeführter Berechnungen durch die Firma „Continental“ in Hannover.

Das Fahrgestell und der Aufbau des Wagens wurde von der Firma Karl Käßbohrer, Wagen- und Karosseriefabrik in Ulm a. Donau hergestellt. Der Zusammenbau des Maschinensatzes, der Einbau in das Fahrgestell sowie die Montage der umfangreichen elektrischen Anlage wurde aus Zweckmäßigkeitsgründen gleichfalls in den Werkstätten der vorgenannten Firma durch den Generalunternehmer, Oberingenieur Carl Preisinger, Nürnberg, unter Aufsicht der Reichsbahndirektion Nürnberg, ausgeführt. Vom Beginn der Projektierung bis zur betriebsfertigen Übergabe des Wagens wurde einschließlich der Lieferzeiten für die Maschinenanlage die verhältnismäßig kurze Zeit von nur vier Monaten benötigt.

Während des Reichsparteitages 1938 war der neue Kraftwerkwagen täglich 12 bis 14 Std. in Betrieb, hat vollkommen störungsfrei gearbeitet und in dieser Zeit insgesamt 398 Zugbeleuchtungsbatterien geladen. In der gleichen Zeit wurden durch den Kww 1 53 Zugbeleuchtungsbatterien und durch Kww 2 196 Zugbeleuchtungsbatterien geladen. Die gesamte Ladeleistung während des Reichsparteitages 1938 betrug somit 647 Batterien.

Persönliches.

Professor Dr. Ing. e. h. Wegele †.

Am 29. November 1938 verstarb kurz vor Vollendung seines 82. Lebensjahres der Geheime Baurat Prof. Dr. Ing. e. h. Hans Wegele, entpflichteter Ordinarius für Eisenbahnwesen an der Technischen Hochschule Darmstadt. Er kam zur Welt am 5. Januar 1857 zu Jena als Sohn eines Geschichtsprofessors, der gerade damals einen Ruf nach Würzburg erhalten hatte. Dort verlebte der junge Wegele seine Kindheit; er besuchte zunächst das humanistische Gymnasium und dann das Realgymnasium. Sodann studierte er in Karlsruhe und Hannover und wurde, nachdem er 1879 preußischer Regierungs-Bauführer geworden war, sogleich bei mehreren wichtigen Bauausführungen beschäftigt, so unter Dircksen beim Bau der Berliner Stadtbahn und darnach, nach Ablegung der Regierungsbaumeisterprüfung, in Frankfurt a. M. beim Bau des dortigen Hauptbahnhofs. Weiterhin konnte er als selbständiger Bauleiter reiche Erfahrungen sammeln in verschiedenen Bezirken der preußischen Staatsbahnen, z. B. beim Bau der Eisenbahn von Homburg v. d. Höhe nach Usingen, einer weiteren Bahn im Stettiner Bezirk und später im Betrieb als Vorstand eines Betriebsamtes im Osten der preußischen Monarchie. Auf seine außergewöhnliche fachliche Tüchtigkeit und wissenschaftliche Begabung war man schon früh aufmerksam geworden, und so erhielt er zum 1. April 1901 einen Ruf als ordentlicher Professor für Ingenieurwissenschaften an die Technische Hochschule zu Darmstadt. Er hat dort ein Vierteljahrhundert den Lehrstuhl für Eisenbahnbau betreut, zu dem neben den eigentlichen Eisenbahnfachern einschließlich des Eisenbahnbetriebes auch Erdbau, Tunnelbau und anfänglich noch ein Teil des Straßenbaues gehörten. Durch zahlreiche Studienreisen, zum Teil mit seinen Studierenden, im eigenen Vaterlande und weiterhin in Österreich, der Schweiz und England blieb Wegele ständig mit den Fortschritten auf dem Gebiete der Bau- und Betriebseinrichtungen des Eisenbahnwesens in enger Fühlung.

Schon vor dem Eintritt in die wissenschaftliche Laufbahn ist Wegele durch Veröffentlichungen hervorgetreten. Viel beachtet wurde seine im amtlichen Auftrag verfaßte Darstellung des Neubaues der Frankfurter Bahnhofsanlagen in der Zeit-

schrift für Bauwesen 1890. In der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure war schon vorher eine Arbeit über die Ursachen des Einsturzes der Tay-Brücke erschienen, und weitere Beiträge aus den verschiedensten Gebieten im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens und im Zentralblatt der Bauverwaltung. Während seiner Darmstädter Tätigkeit war Wegele Mitarbeiter am Handbuch der Ingenieurwissenschaften und dem Lehrbuch für Tiefbaukunde von Esselborn. Besonders sorgfältige wissenschaftliche Arbeit leistete er in vier Bändchen der Göschen-Bibliothek (Linienführung, Bahnhofsanlagen I und II, Tunnelbau). Die beiden letztgenannten Bände hat er im Ruhestand verfaßt. In Anerkennung seiner hervorragenden Verdienste ehrte ihn die Dresdener Technische Hochschule im Jahre 1925 durch die Verleihung der Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber.

Wegele verheiratete sich während seiner Frankfurter Tätigkeit mit Agnes Schiller, Tochter des königl. bayr. Generalarztes Karl Schiller in Würzburg. Dem Ehepaare wurden zwei Kinder beschert, ein Sohn und eine Tochter. Auf das besonders glückliche Familienleben fiel ein Schatten, als der Sohn aus einer der ersten Schlachten des Weltkrieges nicht mehr zurückkehrte.

In Professor Wegele ist ein vielseitiger, besonders gründlicher und gewissenhafter Lehrer und Forscher dahingegangen. Neben seiner beruflichen Arbeit widmete er sich Aufgaben gemeinnützigen und völkischen Charakters. Mit großer Zähigkeit vertiefte er sich in die Probleme der Bodenreform, und seine Liebe zur deutschen Muttersprache konnte er als eifriges Mitglied des deutschen Sprachvereins betätigen. Seine Lauterkeit und ideale Berufsauffassung verschafften ihm die aufrichtige Verehrung seiner Schüler und Freunde. Ihn zeichnete Schlichtheit des Auftretens bei großer Festigkeit der Überzeugung aus. Obschon nicht kämpferisch veranlagt, war er unbeirrbar und beharrlich in dem, was er als recht erkannt hatte. So war er denen, die ihn verstanden, ein wertvoller und erster Freund. Das Andenken an seine erfolgreiche Tätigkeit und die Dankbarkeit für sein menschliches Wirken werden bei seinen Schülern, Freunden und Amtsgenossen noch lange fortleben.

Reuleaux.

Rundschau.

Lokomotiven und Wagen.

Gußeiserne Kurbelwellen.

In den Mitteilungen über Forschungsarbeiten der Gutehoffnungshütte vom Februar 1938 brachten Klingenstein, Kopp und Mickel einen interessanten Bericht über die Arbeiten der Maschinenfabrik Eßlingen auf dem Gebiete der Gußkurbelwellen. Die Zeit ist noch nicht lange her, daß ein Vorschlag Kurbelwellen aus Guß herzustellen, von vornherein abgelehnt worden wäre. Zwei Tatsachen sind es wohl, die auch in Deutschland die besten Kräfte veranlassen, sich mit dieser Frage gründlich zu beschäftigen. Einmal die Herstellung der Fordschen Kurbelwellen aus Gußstahl und zweitens die bedenklliche Häufung von Kurbelwellenbrüchen bei Wellen aus hochlegierten Sonderstählen. Unsere heutigen Kurbelwellenspezialstähle haben Festigkeitswerte von 150 kg/mm² und darüber. Und die Kurbelwellen — insbesondere bei Flugmotoren — brachen doch, ohne daß die Nachrechnung übermäßig große Beanspruchungen ergab oder daß sich bei der Untersuchung irgendwelche Materialfehler ergaben.

Die genannten Festigkeitswerte sind statisch auf der Prüfmaschine mit den bekannten Probestäben ermittelt worden. Diese so ermittelten Werte galten bis vor gar nicht langer Zeit als Maßstab für das Verhalten des Materials auch im bearbeiteten Zustande. Dieser Maßstab hat jedoch nach den heutigen Erkenntnissen seinen Wert verloren und an seine Stelle ist der Begriff

der Gestaltfestigkeit getreten, der nicht nur allein das Material, sondern Material und konstruktive Durchbildung berücksichtigt. Für hochwertige Kurbelwellen aus Sonderstahl beträgt die Gestaltfestigkeit nur etwa 5 bis 10% der auf der Zerreißmaschine ermittelten Zugfestigkeit.

Durch die stete Steigerung von Zugfestigkeit und Dehnung des Spezialkurbelwellenstahls ist nämlich die Kerbempfindlichkeit gestiegen und die Dämpfungsfähigkeit gesunken. Hohe Kerbempfindlichkeit verlangt peinliches Glattdrehen der ganzen Welle. Das genaue Bearbeiten kostet aber viel Geld, besonders bei den immer verwickelteren Konstruktionen und erklärt den hohen Preis dieser Wellen. Die Verminderung der Dämpfungsfähigkeit beeinflusst ferner wesentlich die Gestaltfestigkeit, da beim Durchlaufen kritischer Drehzahlbereiche die sich aufschaukelnden Schwingungen nur durch Reibung oder Dämpfung herabgesetzt oder vernichtet werden können.

Diese beiden Eigenschaften — geringe Kerbempfindlichkeit und hohe Dämpfungsfähigkeit — besitzt nun in hohem Grade das Gußeisen. Hinzu kommt seine praktisch unbegrenzte Formbarkeit, die es ermöglicht, jede als richtig erkannte Konstruktion ohne übermäßige gießereitechnische Aufwendungen herzustellen. Diese Formbarkeit war es, die nach Ansicht der Verfasser Ford bewogen hat, das teure Schmieden der Kurbelwellen zu verlassen.

Seine ersten Versuche mit Stahlgußkurbelwellen schlugen fehl, weil die Dämpfungsfähigkeit und die Kerbempfindlichkeit von Stahlformguß noch ungünstiger ist als die des bisher verwendeten Chrom-Vanadium-Stahles. Das heutige Fordsche Wellenmaterial wird als gegossene Eisenlegierung als eine Art Schnelltemperguß, nicht aber als Gußeisen bezeichnet. Gußeisen würde eine Wärmehandhabung erfordern, die eine durchgreifende Preisherabsetzung nicht erreichen ließe.

Die von der Maschinenfabrik Eßlingen durchgeführten Versuche führten zur Herstellung eines Gußeisenmaterials, das sich für Kurbelwellen hochbeanspruchter Verbrennungskraftmaschinen eignet und das auch hinsichtlich des Preises die Erwartungen erfüllt. Allerdings wird mit Recht darauf hingewiesen, daß Vorbedingung für die einwandfreie Herstellung eine zuverlässig arbeitende, gut eingerichtete Gießerei ist und daß für die Bewahrung des Materials im Werkstück eine Anpassung der Konstruktion an den Werkstoff unbedingt erforderlich ist, so daß die Eigenschaften des Gußeisens, wie Kerbempfindlichkeit, Dämpfungsfähigkeit, sich voll auswirken können. Boettcher.

Biegungsschwingungen an Dieselmotorkurbelwellen.

Im ersten Juliheft des „Engineering“ geben zwei englische Ingenieure (G. J. Lugt und N. J. Visser) einen Bericht über die von ihnen vorgenommenen Versuche mit Kurbelwellen von Dieselmotoren. Die Aufgabe, die sie sich gestellt haben, ist die Untersuchung von Biegungsschwingungen an Dieselmotorkurbelwellen, ihre rechnerische Erfassung und die Nutzbarmachung der Versuchsergebnisse bei der Herstellung neuer Wellen. Sie wurden durch das wiederholte Schadhafwerden ein und derselben Lager bei zwei Dieselmotoren zu diesen Versuchen angeregt. Es handelte sich dabei um zwei in der Bauart verschiedene, schnelllaufende Dieselmotoren, von denen der eine mit Rollenlagern ausgerüstet war.

Es wird zunächst darauf hingewiesen, daß dem Vorhandensein von Biegungsschwingungen bei Dieselmotorkurbelwellen bisher wenig Aufmerksamkeit geschenkt worden ist. Das dürfte darauf zurückzuführen sein, daß das Vorhandensein solcher Schwingungen an langsamlaufenden Motoren nicht beachtet bzw. nicht vermutet worden ist. Dabei ist zu beachten, daß für die Biegeschwingungen die Knoten wegen des Lagerspiels nicht unbedingt in den Lagern zu liegen brauchen.

Die Versuche wurden zunächst mit dem Geigerschen Torsiographen und später mit einem Kathodenstrahlenindikator vorgenommen. Die Verfasser weisen darauf hin, daß die Biegungsschwingungen einer Welle von den Trägheits- und Zentrifugalkräften herrühren, daß es stets Schwingungen erster Ordnung mit zwei Schwingungsknoten sind und daß die Eigenschwingungszahl der Welle in diesem Fall gleich der Drehzahl der Welle ist. Sind die Schwingungsauslässe in der horizontalen als auch in der vertikalen Ebene gleich groß, beträgt der Phasenwinkel 90° und treten sonstige Einflüsse nicht auf, dann beschreibt der Zapfenmittelpunkt der Welle einen Kreis. Dann ist immer dieselbe Zapfenseite außen, d. h. dieselbe Stelle des Zapfens bleibt stets in Berührung mit dem Lagermetall.

Nun treten zu diesen eben geschilderten Schwingungen der Welle weitere Schwingungen hinzu, deren Ursache äußere Kräfte sind. Bei weitem am wichtigsten ist hier der Verbrennungsdruck, der sich in der vertikalen Ebene auswirkt. Diese Kräfte wirken sich naturgemäß an den freien Wellenenden der Kurbelwellen am stärksten aus. Dabei war die Feststellung interessant, daß diese größenordnungsmäßig sehr starken Kräfte oft nicht in der Lage sind, selbst im Verbrennungstotpunkt die Wellenzapfen auf den unteren Teil des Lagerspiegels herabzudrücken. Jede Kurbelwelle zeigt nun diese Biegungsschwingungserscheinungen auch im unterkritischen Lauf. Bei Erhöhung der Drehzahl wachsen die Zentrifugalkräfte mit dem Quadrat der Winkelgeschwindigkeit, dem entsprechend wachsen auch die Amplituden, und zwar solange, bis Synchronismus mit der Eigenschwingungszahl der Welle besteht, d. h. bis die kritische Drehzahl erreicht ist. In diesem Bereich würde die Welle brechen, wenn kein Schwingungsdämpfer da wäre. In dem vorliegenden Fall wurde diese kritische Drehzahl, die also ihre Ursachen in Biegungsschwingungen als Folge von Trägheits- und Zentrifugalkräften hat, an einer Kurbelwelle bei annähernd 1400 Umdr./Min. ermittelt. Für diese Drehzahl war aber der Dieselmotor bestimmt!

Die Durchführung der Berechnung der Biegungsschwingungen gestaltet sich schwieriger als die Berechnung der Torsionsschwingungen. Im letzteren Fall ist die Winkelgeschwindigkeit der Eigenschwingungen der Welle die einzige Unbekannte. Bei der Berechnung der Biegungsschwingungen ist aber außerdem die Lage der Schwingungsknoten unbekannt (s. o.). Die Berechnung mit zwei Unbekannten führt zu keinem praktischen Ergebnis. Die ungefähre Lage der Knoten wird daher durch Modellversuche bestimmt, indem eine kleine Modellwelle mit reduzierten Maßen an einen Faden gehängt wird und in der Mitte einen leichten Schlag erhält. Die Schwingungsknoten werden dem Auge sofort sichtbar. Die Schwingungszahl wird mit Hilfe des Geigerschen Torsiographen ermittelt.

Verdrehungsschwingungen führen zu Wellenbrüchen, wenn die Beanspruchung des Materials durch Überlagerung der einzelnen Schwingungsimpulse einen gewissen Betrag überschreitet. Die Biegungsschwingungen führen nicht zum Bruch der Welle, da ihre Energie in den meisten Fällen dazu nicht ausreicht. Hier ist es nicht so sehr die Materialbeanspruchung, denen die Welle ausgesetzt ist, sondern die durch äußere Kräfte bedingten Abweichungen von der ohne diese Impulse kreisförmigen Bewegung der Wellenzapfen in den Lagern. Dadurch wird der Ölfilm in den Lagern unterbrochen. Mit Rücksicht auf die Lebensdauer der Lager sollte die Biegungsschwingungszahl etwa dem 1,8fachen der Höchstdrehzahl des Motors entsprechen.

Betrachtet man eine Kurbelwelle, die nur geringfügigen Schwingungen der geschilderten Art unterliegt, so wandert die Berührungslinie des Zapfens mit dem Lagermetall auf dem Zapfen selbst weiter. Auf dem Lagerspiegel ändert die Berührungslinie dagegen ihre Lage nicht. Dieser Fall ist ideal für die Ausbildung und die Erhaltung des Ölfilmes. Treten aber erhebliche Schwingungen auf, so kehren sich die Verhältnisse um, d. h. die Berührungslinie auf dem Zapfen bleibt die gleiche, die Berührungslinie auf dem Lagerspiegel wandert, eine Aufrechterhaltung des Ölfilmes ist nicht mehr möglich und die Zerstörung des Lagers ist die Folge. Boettcher.

Festigkeitsversuche an Lokomotivachsen in USA.

Wegen der Wichtigkeit von Ermüdungsbrüchen an Fahrzeugachsen hat die Timken-Kugellagergesellschaft vor Jahresfrist Versuche mit außengelagerten Achsen von elektrischen Lokomotiven unternommen, die einen Nabensitzdurchmesser von 292 mm aufweisen. Die Versuchsmaschine ist so ausgebildet, daß gleichzeitig zwei Achsen, die je an ein Ende der Antriebswelle angekuppelt werden, auf umlaufende Biegung mit gleicher oder verschiedener Last beansprucht werden können. Die Versuchssache wird mit einem Rade durch Bolzen mit dem Flansch der Antriebswelle verbunden, während auf dem anderen Ende der Achse das Rad entfernt ist und der freie Achsschenkel eine senkrecht wirkende federnde Last aufnimmt. Der Achsschenkel auf der Flanschseite ragt in die hohlgebohrte Antriebswelle hinein, so daß die Kraftübertragung nur durch den Bolzenkranz stattfindet. Als Antriebsmotor dient ein regelbarer 100 PS-Motor mit Keilriementrieb.

Die Versuche mit dieser Einrichtung ergaben Ermüdungsbrüche, die ausnahmslos den Achsbrüchen ähneln, wie sie sich im Betriebe entwickeln: a) Ort und Aussehen der Brüche nahe der Innenkante des Nabensitzes lassen sich mit solchen aus dem Betriebe vergleichen; b) die erste Entwicklung eines Ermüdungsanrisses geht bereits bei sehr niedriger Belastung der Achse vor sich, schreitet aber erst bei einer gelegentlichen hohen Beanspruchung merkbar weiter; diese Verhältnisse hat man auch bei der magnetischen Prüfung von Achsen gefunden, ehe sie für das Aufbringen neuer Räder überdreht wurden; c) die Achsbelastungen, bei denen der beginnende Ermüdungsbruch wie im Fall (b) zu wirksamer Tiefe fortschreitet und dann zum Bruche führt, entsprechen den Erfahrungen aus dem Schnellfahrbetrieb, wo gelegentliche höhere Beanspruchungen erprobt wurden.

In dem Aufsatz werden zwei Versuchsreihen an Hand von Abbildungen von Versuchsstücken erläutert, die sich dadurch unterscheiden, daß bei der einen Reihe von Achswellen die Nabensitze vor dem Aufbringen des Radkörpers prägepoliert wurden. Man wollte dabei ermitteln, wie sich die Verfestigung durch das Drücken der Oberfläche auswirkt. Untersucht wurden Achsen aus

einem Nickelstahl von folgender Zusammensetzung: C = 0,24, Ni = 3,10, S = 0,02, P = 0,03%. Die mechanischen Gütewerte waren: Streckgrenze 42 bis 49 kg/mm², Zerreißfestigkeit 64 bis 67 kg/mm², Dehnung 25 bis 30%, Brinellhärte 192, Dauerfestigkeit eines Stabes von 6,35 mm Durchmesser bei umlaufender Biegung 39 kg/mm². Sämtliche Versuchsachsen waren aus demselben Werkstoff gefertigt und der gleichen Vorbehandlung unterzogen worden, sie waren mit einem 50 mm großen Loch zentrisch durchbohrt. Radkörper aus Stahlguß und Radreifen aus Stahl waren in der üblichen Weise aufgezogen. Die Aufprebrcke lagen bei nicht prgepoliertem Sitz zwischen 150 und 170 t mit einer Aufweitung im Durchmesser von etwa 0,41 mm, im anderen Fall betrug die Werte 180 bis 200 t und etwa 0,32 mm. Bei beiden Versuchsreihen konnte beobachtet werden, daß der Beginn von Ermdungsanrissen etwa bei der gleichen Belastung einsetzte, daß jedoch die Tiefe und weitere Ausbildung der Anbrüche gerade auch bei höherer Belastung bei den prgepolierten Achswellen sehr viel geringer war (vergl. hierzu die unten angefute Tabelle). Man schließt aus diesen und vergleichsweise an 50 mm starken Achsen durchgeführten Versuchen, daß die gegenwärtige Lebensdauer solcher Treibachsen, die ungefähr 400 bis 500 000 km beträgt, auf das zwei- bis dreifache erhöht werden kann, wenn die Welle prgepoliert und ein strafferer Nabensitz angewandt wird.

a) Achsbelastung 13,4kg/mm ²	Lebensdauer	Tiefe des Anbruchs
1. nicht prgepoliert . . .	33 000 km	116 mm
2. prgepoliert	825 000 ..	11 ..
b) Achsbelastung 7,4kg/mm ²		
1. nicht prgepoliert . . .	480 000 ..	1,6 ..
2. prgepoliert	800 000 ..	0,4 ..

Rly. Age, 23. Juli 1938.

E. v. Kirchbach.

Ein dynamischer Drehschwingungsdämpfer.

Bei Kolbenkraftmaschinen ist die Tangentialkraft an den Kurbeln periodisch veränderlich, und die Kurbelwelle bildet mit den angekuppelten Schwungmassen zusammen ein elastisches System, das Drehschwingungen mit einer bestimmten Eigenschwingungszahl ausführen kann. Fällt der Takt der periodisch veränderlichen Umfangskraft mit demjenigen der Eigenschwingung zusammen, so tritt Resonanz auf, die große zusätzliche Verdrehungen der Welle und damit gefährliche Spannungserhöhungen zur Folge hat. Die Resonanzdrehzahl nennt man die kritische, und zwar spricht man von kritischen Drehzahlen erster, zweiter, ν -ter Ordnung, je nachdem die Welle eine, zwei oder ν Schwingungen pro Umdrehung ausführt.

Die Schwingungsdämpfer haben nun die Aufgabe, ein Gegendrehmoment zu erzeugen, das große Schwingungsauschlge verhindert. Bei den meisten Dämpfern wird zur Erzeugung des Gegenmomentes die relative Bewegung zwischen der schwingenden Welle und einer sich mit fast unveränderlicher Winkelgeschwindigkeit drehenden Schwungmasse benützt, wobei z. B. zwei Scheiben sich aneinander reiben oder eine zähe Flüssigkeit verdrängt wird. Dieses System der Schwingungsdämpfung bewirkt eine Verminderung der nutzbaren Energie und erhöht die abzuführende Wärmemenge; bei der Anwendung von reibenden Flächen wird deren Verschleiß um so groer, je wirksamer der Dämpfer sein muß. Für langsam laufende Motoren werden die Abmessungen der Reibungsdämpfer sehr groß, weil die Schwungmasse ein großes Trägheitsmoment haben muß, um eine angenähert konstante Winkelgeschwindigkeit beizubehalten.

Diese Nachteile werden vermieden beim dynamischen Schwingungsdämpfer, bei dem z. B. die Trägheitskräfte eines mit der Welle umlaufenden und dabei um seinen Drehpunkt schwingenden Pendels ausgenützt werden. Die grundsätzliche Lösung dieser Bauart ist aus Abb. 1 ersichtlich. Ohne Bedenken kann das Eigengewicht des Pendels vernachlässigt werden gegenüber der Fliehkraft, die als einzige Rückstellkraft das Pendel nach außen treibt, während die Drehschwingungen der Welle die Pendelschwingungen verursachen. Bei einer kritischen Drehzahl 3. Ordnung ($\nu = 3$) beschreibt der Schwerpunkt des Pendels die in Abb. 1 gezeichnete Absolutbahn. Unter Berücksichtigung der Bewegungsverhältnisse des Pendels kann das Gegendrehmoment

berechnet werden, das, verursacht durch die Trägheitskräfte, dämpfend auf die Schwingung der Welle wirkt. Man kann den Effekt des schwingenden Pendels auch als Veränderung des Trägheitsmomentes der rotierenden Massen deuten.

Das Pendel hat natürlich auch eine bestimmte Eigenschwingungszahl und kann durch entsprechenden Takt der Erregung zur Resonanz gebracht werden. Diese tritt dann ein, wenn $r/R, \nu^2 = 1$ wird (worin r den reduzierten Pendelradius, R den Abstand des Pendeldrehpunktes vom Wellenmittel bedeuten). Um eine wirksame Dämpfung zu erzielen, muß sich der Ausdruck $r/R, \nu^2$ dem Werte 1 nähern. Durch die Konstruktion werden r und R festgelegt, so daß der Apparat nur auf eine Drehschwingung

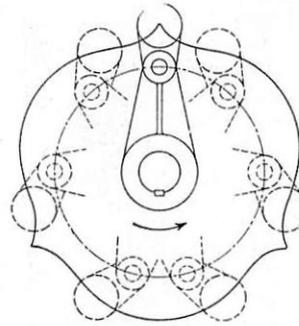


Abb. 1. Absolutbahn des Pendelschwerpunktes.

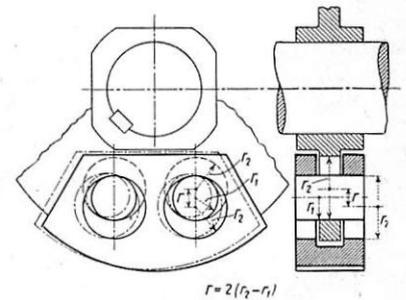


Abb. 2. Pendelaufhängung.

von bestimmter Ordnung im gewünschten Maße anspricht, und zwar unabhängig von der Drehzahl. Diese Unabhängigkeit ist bedingt durch den Umstand, daß für ein Pendel die Eigenschwingungszahl proportional ist der Quadratwurzel aus der Rückstellkraft, diese aber ist hier als Fliehkraft proportional dem Quadrat der Drehzahl, so daß also die Eigenfrequenz des Pendels der Drehzahl der Welle verhältnisgleich ist.

Die Ordnungszahl ν der für die Welle gefährlichen Drehschwingung kann im Voraus berechnet werden; der Abstand R des Pendeldrehpunktes vom Wellenmittel ist durch die Wellenabmessungen in engen Grenzen festgelegt, so daß der Konstrukteur den reduzierten Pendelradius r den Resonanzbedingungen anpassen muß. Wie die praktischen Auswertungen zeigen, bleiben für r nur wenige mm, und bei einfacher Pendelaufhängung könnten nur ganz kleine und darum ungenügend wirksame Pendel ausgeführt werden. Diese Schwierigkeit wurde behoben durch die patentierte Erfindung von Ing. Raoul Sarazin, der das Pendel mit zwei Rollen gelenkig an seinem Träger aufhängt (Abb. 2). Die Aussparungen in Pendel und Träger haben den Radius r_2 , die Rollen r_1 , und wie eine einfache geometrische Untersuchung zeigt, bewegen sich sämtliche Punkte des Pendels ohne Rücksicht auf seine Gestalt auf Kreisbogen mit dem Radius $r = 2(r_2 - r_1)$. Der Radius r ist also gleich der reduzierten Länge des Pendels und kann durch entsprechende Bemessung von r_1 und r_2 auf jeden beliebig kleinen Wert gebracht werden.

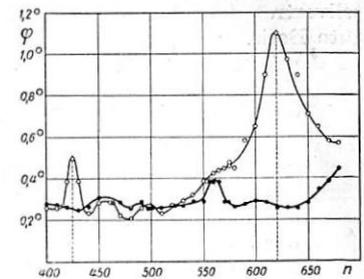


Abb. 3.

Drehschwingungsausschlag der Kurbelwelle eines Sechszylinder-Viertakt-300 PS-Sulzer-Dieselmotors. Schwache Kurve ohne, starke mit Dämpfer.

Die Firma Gebrüder Sulzer hat seit dem Jahre 1931 die konstruktive Ausbildung dieses dynamischen Drehschwingungsdämpfers studiert und ihn in langen Dauerbetrieben ausprobiert, bevor sie zu dessen laufender Verwendung überging. In Abb. 3 ist der Ausschlag der Drehschwingungen mit und ohne Schwingungsdämpfer für einen großen Sechszylinder-Viertakt-Sulzer-Dieselmotor dargestellt.

Aus Schweiz. Bauztg. Juni 1938.

Verschiedenes.

Weltkraftkonferenz-Teiltagung Wien 1938.

Die Tagung fand als zehnte der Weltkraftkonferenz seit ihrer Gründung im Jahre 1924 in London statt. Das Tagungsprogramm war die Energieversorgung der Landwirtschaft, des Gewerbes, der Haushalte, der öffentlichen Beleuchtung und der elektrischen Bahnen, in dem jedoch nur die vom Standpunkt des Energieverbrauchers in Betracht kommenden Energieerfordernisse behandelt wurden. Die Konferenz wurde am 25. August um 10 Uhr im Konzerthaus Wien im Namen der Deutschen Reichsregierung sowie im Namen des Schirmherrn dieser Tagung, des Ministerpräsidenten Generalfeldmarschall Göring und des Reichswirtschaftsministers Funk vom Reichsverkehrsminister Dr. Dorpmüller feierlich eröffnet. In seiner Ansprache wies er auf die kürzlich erfolgte Wiedervereinigung der Ostmark mit dem Altreich Deutschland hin, die für das kleine Österreich große Veränderungen, auch auf wirtschaftlichem und auf dem Verkehrsgebiete mit sich gebracht hat, die auch für die Anwesenden als Männer der Elektrizitätswirtschaft von großer Bedeutung sind. Durch einen planmäßigen Ausbau der Alpenwasserkraft, durch schiffahrtsgerechte Regulierung der Donau wird die Ostmark an die große Kraftwirtschaft des Altreichs angeschlossen und werden damit Kräfte, die infolge der unglücklichen staatlichen Verkleinerung bisher brach lagen, nunmehr für die gesamte deutsche Wirtschaft nutzbar gemacht werden. Der Vorsitzende der Wiener Teiltagung Sektionschef a. D. Rudolf Reich ging sodann in seiner Rede auf die Bedeutung der Weltkraftkonferenz in der Förderung des allgemeinen kulturellen Aufbaus zu Freiheit und Menschenwürde als Zweck und Ziel aller Technik ein. Thema und Programm der Tagung hätten starkes Echo gefunden. Nicht weniger als 33 Staaten aus allen Teilen der Welt seien durch persönliche Teilnehmer vertreten und die Anzahl der überreichten Konferenzberichte stelle mit 196 Beiträgen die Höchstziffer dar, die bisher bei Teiltagungen der Weltkraftkonferenz erreicht worden sei. Hieran schloß sich die Rede des Vorsitzers des Internationalen Hauptausschusses der Weltkraftkonferenz Sir Harold Hartley (England), in der insbesondere die internationale Bedeutung der Konferenz bei dem heutigen Weltstand und ihr Ziel, die Energiefragen wissenschaftlich durch internationale Zusammenarbeit zu fördern, unterstrichen wurde.

In den Berichten zu den verschiedenen Fachgebieten werden die jeweiligen Kosten der Energieversorgung und die Gestaltung der Elektrizitäts- und Gasktarife eingehend behandelt. In dieser Hinsicht beansprucht der von Präsident Pietzsch, dem Leiter der Reichswirtschaftskammer, und Dipl.-Ing. Seebauer, dem stellvertretenden Leiter der Reichsgruppe Energiewirtschaft, verfaßte Bericht „Tariffragen und Tarifformen in ihrer Auswirkung auf die Ausnutzung“ besondere Beachtung. Er enthält alle für die bisherige Gestaltung der Elektrizitätstarife maßgeblichen Gesichtspunkte, die mit den Bestimmungen der am 25. Juli d. J. vom Reichskommissar für die Preisbildung verkündeten allgemeinen Tarifordnung für elektrische Energie vollinhaltlich übereinstimmen. Auf dem Fachgebiet „öffentliche Beleuchtung“ lag ein Sammelbericht von Prof. Dr. Ing. habil. Weigel „Der Stand der öffentlichen Beleuchtung in Deutschland“ vor, in dem in Hinblick auf Schadenverhütung und Gefahrbekämpfung beim Kraftverkehr auf einen verstärkten Ausbau der Straßenbeleuchtung in den deutschen Städten und Ortschaften hingewiesen wird. Kosten dürfen hierbei nicht gespart werden. Die lichtenergiewirtschaftliche Kernfrage lautet nicht: „Was kostet eine gute . . .“, sondern: „Was kostet eine unzulängliche Straßenbeleuchtung“. In einem Teilbericht dieses Berichtes wird auch über die wachsende Bedeutung des leicht zu transportierenden Propans für die wirtschaftliche Lichterzeugung an fern von Versorgungsleitungen liegenden Stellen wie bei Wegweisern, Schildern und dergl. auf den Reichsautobahnen, für Eisenbahnsignale und für Schranken- und Verkehrszeichenbeleuchtung berichtet. Ende 1937 waren rund 13000 Signallaternen und 220 Schrankenbeleuchtungen mit Propan in Betrieb. Auch in einem Anhang zu dem umfassenden französischen Bericht von Felix, Janet „L'Energie dans l'Eclairage public“ ist die Bahnhofsbeleuchtung für Bahnsteige und insbesondere Verschiebehöfe behandelt. Für letztere wird besonders die Eignung von Scheinwerfern in 1000 W Lichtstärke auf 30 m hohen Masten hervorgehoben.

Ein den Eisenbahnfachmann besonders interessierendes Fachgebiet der Konferenz war die „Energieversorgung der elektrischen Bahnen“. Der Generalbericht zu den 19 aus 11 verschiedenen Ländern eingegangenen Berichten war von Ing. Paul Dittes, Sektionschef und Elektrisierungsdirektor a. D., Wien, erstattet. Diesem Bericht waren Diskussionsvorschläge für die Sitzungen auf diesem Fachgebiet angefügt, wie die Eigenerzeugung oder Strombezug aus der allgemeinen Landesversorgung bei künftiger Elektrisierung größerer Bahnnetze, Mittel und Maßnahmen zur Verminderung des Energieverbrauchs und der Stromkosten elektrisch betriebener Bahnen usw. In dem deutschen Bericht von Prof. Dr. Ing. e. h. Wechmann u. a. wird bei der Stromversorgung der Fernbahnen auf die bahneigenen Kraftwerke und auf die verschiedenen Möglichkeiten der Kupplung des Bahnstromnetzes mit dem Netz der Landeselektrizitätsversorgung näher eingegangen. Grundsätzlich wird festgestellt, daß die Frage der Wahl von Eigenerzeugung oder Fremdstrombezug nicht allgemein beantwortet werden kann, sondern von Fall zu Fall entschieden werden muß. Für die Energieversorgung der Nahbahnen kommt nur noch Drehstrombezug aus Werken der öffentlichen Elektrizitätsversorgung und Umformung in Gleichstrom mittels Gleichrichter in Frage. Der Übertragungswirkungsgrad von den Generator клемmen bis zu den Stromabnehmern ist bei bahneigenen Kraftwerken, die die in der Fahrleitung benötigte Stromart erzeugen, am günstigsten und beträgt bei der Deutschen Reichsbahn bis etwa 91%. Bei Anschluß an das Netz der allgemeinen Versorgung und Umformung des Stromes durch Drehumformer fällt er unter 80%. Bei der Verwendung elastischer Umformer, die noch in der Entwicklung stehen, gestalten sich jedoch die Verhältnisse wesentlich günstiger. Diesbezügliche Versuche bei der Deutschen Reichsbahn sind bekannt. Auch bei den SBB wird jetzt in einem neuen Unterwerk ein neuer Umrichter aufgestellt, bei dem Drehstrom in Gleichrichtern für Einphasenstrom mit drei Einheiten zu je 5000 kW für insgesamt 15000 kW Leistung umgeformt wird.

Die Berichte aus den verschiedenen Ländern lassen erkennen, daß die meisten von ihnen zu keiner ausschließlichen Lösung in der Frage der Eigenerzeugung oder des Strombezugs gekommen sind, wenn auch letzterem sichtlich mehr Beachtung geschenkt wird. Die Wahl der Energieversorgung hängt von einer Reihe von Gesichtspunkten ab, unter denen besonders die Beschaffenheit der zu speisenden Strecke, die Lage des Landesnetzes und seiner Kraftquellen zu den Bahnstrecken sowie die Liefermöglichkeit und das Preisangebot der öffentlichen Versorgungsunternehmen eine Rolle spielen. Von dem 3656 km umfassenden Netz der Norwegischen Staatsbahnen sind 334 km, d. s. 9% elektrisiert, auf die aber 25% der gesamten Verkehrsleistung entfallen. Die Stromversorgung mit $16\frac{2}{3}$ Hz bei 16 kV Fahrdrachtspannung erfolgt ausschließlich aus Wasserkraftwerken, die für unmittelbare Erzeugung von Einphasenwechselstrom gebaut sind, oder aus Werken, in denen aus fremden Werken bezogener Drehstrom in Einphasenwechselstrom umgeformt wird. Im südlichen Norwegen arbeitet die Hakavik-Bahnanlage über zwei Umformeranlagen mit bahnfremden Drehstromkraftwerken parallel. Die Umformeranlagen sind mit Regelumformern ausgerüstet, um sowohl die Leistung als auch die Energiemengen entsprechend den jeweiligen Verhältnissen in den beiden Netzen ändern zu können. Die Hakavikanlage mit der Möglichkeit einer Wasserspeicherung über mehrere Jahre eignet sich besonders zur Deckung der Spitzenbelastung, was in den Tarifverträgen mit den Drehstromwerken entsprechend zum Ausdruck kommt. Der mittlere Strompreis stellt sich auf rund drei Öre je kWh an der Fahrleitung gemessen.

Nach dem Bericht von Oefverholm wird bei den Südschweden gelegenen Strecken der Schwedischen Staatsbahnen mit einer Gesamtlänge von 2700 km ($16\frac{2}{3}$ Hz) im Gegensatz zur sogenannten „Erzbahn“ mit dem staatlichen Porjus-Einphasenkraftwerk die Energie aus dem bestehenden 50 Hz-Drehstromnetz der allgemeinen Versorgung bezogen und in 21 Umformerstationen in Einphasenwechselstrom von Fahrdrachtspannung umgewandelt. Gegenüber einem Energieverbrauch von rund 190000 kWh je km Strecke im Jahr bei der Erzbahn beträgt dieser hier 130000 kWh je km im Jahr. Es hat sich erwiesen, daß unter den in Südschweden bestehenden Verhältnissen die gewählte Form der Energiever-

sorgung wirtschaftlicher ist als direkte Erzeugung von Einphasenstrom in den Kraftwerken. Der Preis der Einphasenenergie mit nur 1,67 Öre/kWh ab Kraftwerk liegt 8% unter dem niedrigsten bisher ab Porjuswerk bezahlten Preis.

Bei den Verhältnissen in England (Bericht Lydall) mit geringem Bedarf an elektrischer Energie für Bahnbetrieb im Verhältnis zum Gesamtbedarf des Landes und im Hinblick auf die gesetzliche Regelung der Elektrizitätswirtschaft kommt eine andere Energieversorgung der Bahnen als aus dem Netz der allgemeinen Landesversorgung nicht in Frage. Die Versorgung erfolgt aus dem Netz der Central Electricity Board zu günstigen Tarifen für die Bahnen. Der Bericht aus den Vereinigten Staaten von Amerika (S. Withington) geht bei der Stromversorgungsfrage der Bahnen von der Tatsache aus, daß es finanziell für jede Eisenbahn von großer Wichtigkeit ist, den eigenen Geldaufwand möglichst einzuschränken. Infolgedessen sei dahin zu streben, daß die Bahn nur die Fahrleitung mit dem unmittelbaren Zubehör auf eigene Kosten zu errichten hätte. Nach Erörterung der technisch und wirtschaftlich in Frage kommenden Umstände gelangt der Verfasser zu dem Ergebnis, daß bei allen künftigen Elektrisierungen von bahnfremden Werken bezogene Energie verwendet werden wird, die vom Landeswerk wahrscheinlich in der von der Bahn unmittelbar brauchbaren Form bis an den Fahrdraht geliefert wird. Auch hier macht der Energiebedarf für elektrische Zugförderung nicht ganz 2% der insgesamt erzeugten elektrischen Energie aus.

Die Schweizerischen Bundesbahnen (Bericht Dr. h. c. H. Eggenberger) decken ihren Energiebedarf zu rund 85% aus bahneigenen Werken und zu 15% durch Bezug aus bahnfremden Werken. Die Kosten der Zugförderungsenergie stellen sich auf rund 4,0 Rappen je kWh. Die SBB. betreiben von ihrem Bahnnetz mit 2865 km rund 74% elektrisch, auf die aber im Jahre 1937 94% der Verkehrsleistung entfielen. Der Energiebedarf dieser Strecken hat rund 618,5 Millionen kWh ab Kraftwerk, 541,3 Millionen kWh ab Unterwerke betragen. Hiervon entfielen 92,7% auf die eigentliche Zugförderung, rund 7,3% auf die Beheizung der Züge. Der Verbrauch je Bruttotonnenkilometer (ohne Lokomotivgewicht) stieg von 41,7 Wh ab Unterwerk im Jahre 1929 auf 47 Wh im Jahre 1937, was auf die allgemeine Verkürzung der Fahrzeiten und die Einführung von Schnelltriebwagenzügen zurückzuführen ist. Der italienische Bericht von Dr. Ing. C. Carli geht auf das umfassende Elektrisierungsprogramm der Staatsbahnen ein, nach dem bei einer gesamten Streckenlänge von rund 16900 km 9000 km elektrisiert werden, von denen bereits 4000 km elektrisch betrieben werden. Im Betriebsjahr 1936/37 entfielen bereits rund 42% von der gesamten Verkehrsleistung (Bruttotonnenkilometer) auf die elektrische Zugförderung. Der Energiebedarf für diese wird fast ausschließlich aus Wasserkraftwerken gedeckt. Er betrug 1936/37 rund 750 Millionen kWh, wodurch 1300000 t ausländischer Kohle gleich einem Betrag von rund 143 Millionen Lire gespart wurden. Um im ganzen Gebiet der italienischen Staatsbahnen zu einem einheitlichen Stromsystem (3000 V Gleichstrom) mit einheitlichen Fahrzeugen zu gelangen, werden schrittweise auch die jetzt noch mit Drehstrom betriebenen Strecken auf Gleichstrom umgestellt werden. Die französischen mit Gleichstrom betriebenen Bahnen haben sich anfänglich vorwiegend auf Eigenerzeugung abgestützt, sind aber später mehr und mehr zum Fremdbezug übergegangen. Der Generalberichter Dittes stellte nach dem Ergebnis der Fachberichte und Diskussionen fest, daß die Frage nach der geeigneten Stromquelle für den Fernbahnbetrieb nicht allgemeingültig beantwortet werden kann, daß zwar der Strombezug aus den Landesnetzen einen immer größeren Umfang annimmt, aber auch bahneigene Werke durchaus Daseinsberechtigung besitzen und unter gewissen Umständen die Energie vorteilhafter liefern können.

In der Frage nach Mitteln und Maßnahmen zur Verminderung des Energieverbrauchs und der Stromkosten elektrisch betriebener Bahnen wurde eingehend auf die Vorteile der Nutzbremmung eingegangen. Dieser kommt vornehmlich im Nahverkehr große Bedeutung zu, wie sich bei den Straßenbahnen in Nürnberg und Aachen zeigt. Der deutsche Bericht „Wechmann“ kommt auf Grund von Probefahrten und rechnerischen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß bei Wechselstromfernbahnen ausreichend lange Gefälle vorhanden sein müssen, damit die Energierückgewinnung und die Ersparnis an Erhaltungskosten, Schienen-

Radreifen- und Bremsklotzabnutzung den bei elektrischer Nutzbremmung höheren Aufwand für die um 25 bis 30% größere Motorleistung und Zusatzeinrichtung ausgleichen kann. Die Frage muß noch durch praktische Versuche im größeren Umfang geklärt werden. Hierzu wird die Umstellung der Hamburger Stadt- und Vorortbahnen auf Gleichstrombetrieb mit für Nutzbremmung eingerichteten Fahrzeugen Gelegenheit bieten. Aus Japan lag ein Bericht von Yamashita vor, in dem die Ergebnisse der Versuche mit Nutzbremmung bei den mit Gleichstrom betriebenen Lokomotiven auf einem Abschnitt der Chuo-Linie mitgeteilt werden. Betriebstechnische Vorteile der Nutzbremmung wurden festgestellt.

Lebhaft erörtert wurde die Verringerung der Stromkosten durch Senkung der Belastungsspitzen. Der Zusammenschluß zu großen Bahnnetzen wirkt sich hier besonders günstig aus. So führt H. Parodi in seinem Bericht „Electrification des chemins de fer (France)“ aus, daß die Benutzungsdauer der Jahreshöchstleistung, gemessen als 10- oder 15-Minuten-Mittel, stark durch die Anzahl der gleichzeitig verkehrenden Züge und durch die Länge der einzelnen Zugläufe beeinflusst wird. Im südwestlichen Netz (P. O. und Midi) sind 5000 Std. schon voll erreicht, im Pariser Nahverkehr 3000 bis 4000 Std. Auch Villeneuve stellt in seinem Bericht fest, wie mit fortschreitender Ausdehnung der elektrisch betriebenen Bahnnetze die Ausnutzungsdauer der Höchstleistung und somit der Belastungsfaktor — Verhältnis zwischen mittlerer Jahresleistung und Jahreshöchstleistung — immer günstiger werden. Die Gesamtheit der Unterwerke des alten Netzes der P. O. weist eine Ausnutzungsdauer der Höchstleistung von 5430 Std. und einen Belastungsfaktor von 0,62 auf, wie er bei Licht- und Kraftnetzen nicht immer anzutreffen ist. Hierauf verweist auch Dipl.-Ing. Habich in seinem Bericht. Für das elektrisch betriebene Netz der SBB. sinkt nach Messungen der Schwankungsfaktor (das Verhältnis zwischen größter Tagesspitze und dem 24 Std.-Mittelwert der Zugesbelastung) bei zunehmender Netzgröße bis zu rund 2 Millionen kWh Tagesverbrauch auf etwa 1,75, was bei ähnlich großen Industrienetzen als günstig bezeichnet werden kann.

Ein weiteres Mittel zur Verringerung von Stromverbrauch und Stromkosten wurde in einer Verminderung des Gewichts der Triebwagenzüge bzw. durch Steigerung der eingebauten Motorenleistung je Gewichtseinheit der Triebwagen gesehen, während die Einwirkung auf Herabsetzung der Belastungsspitzen durch die Gestaltung der Fahrpläne abgelehnt wurde. M. Garreau geht in seinem Bericht „Les automotrices électriques (France)“ auf die neuen Triebwagen der Strecke Paris—Le Mans mit zwei Wagenkasten in geschweißter Stahlausführung auf drei Drehgestellen ein, die eine Dauerleistung der Motoren von 15 PS je Tonne Leergewicht aufweisen. Die minutliche Drehzahl der Motoren ist 1400, ihr Gewicht etwa 10 kg/kW Stundenleistung. Nach dem Bericht von Fonty (France) haben auch besondere Bedeutung für die Verringerung der Stromkosten gewisse selbsttätige Einrichtungen, die es ermöglichen, die Spitzenbelastungen der Unterwerke und der in ein gemeinsames Netz speisenden Kraftwerke in festgesetzten Grenzen zu halten.

Zur Vereinheitlichung der Berichtsangaben wurde an den Internationalen Hauptausschuß der Weltkraftkonferenz der Antrag gestellt, den für elektrische Bahnstrecken charakteristischen Wert des Stoßspitzenfaktors, d. h. das Verhältnis der Höchstleistung zur Mittelleistung, einheitlich zu definieren.

Die nächste Teiltagung der Weltkraftkonferenz findet als zweiter Chemie-Ingenieurkongreß im Jahr 1940 in Berlin statt.
Przygode.

Die 5000. elektrische Lokomotive der AEG.

Die Lokomotivfabrik Hennigsdorf der AEG. hat ihre 5000. elektrische Lokomotive fertiggestellt und am 15. Dezember 1938 mit einer schlichten Feier der Bestellerin, der Deutschen Reichsbahn, übergeben. Aus den Ausführungen, die Direktor Kleinow der Lokomotivfabrik Hennigsdorf der AEG. bei der Übergabe machte, sei hervorgehoben, daß die erste von der AEG. erbaute elektrische Lokomotive, eine kleine Grubenlokomotive, im Jahr 1889, also vor nahezu einem halben Jahrhundert, das Werk verließ. Sie stand bei der Feier als Zwerg neben der riesigen 5000. Lokomotive und versinnbildlichte die ungeheure Entwicklung, die in diesem Zeitraum die elektrische Zugförderung genommen. Als der eigentliche Beginn

für den Einzug der elektrischen Lokomotive in den Vollbahndienst sind die Jahre unmittelbar vor dem Krieg 1911 bis 1913 anzusehen. Die preußische Eisenbahnverwaltung erteilte damals die ersten Aufträge auf elektrische Lokomotiven für Einphasen-Wechselstrom, darunter an die AEG. für 23 B + B-Lokomotiven. Damit war für die AEG. der Anlaß gegeben, ein eigenes Werk für elektrische Lokomotiven in Hennigsdorf im Norden Berlins zu errichten. Die Entwicklung wurde durch den Krieg unterbrochen, aber ab 1923 erhielt die Entwicklung der elektrischen Lokomotive durch die Elektrisierung des bayerischen Netzes einen neuen Auftrieb. Auf dem Weg über den Riesenmotor und den Stangenantrieb gelangte man bekanntlich zu dem Einzelachs Antrieb mit Hohlwelle unter Verringerung der Typen bis auf fünf. Die elektrische Lokomotive, die als Jubiläumslokomotive das Werk verläßt, ist eine Schnellzuglokomotive der Bauartreihe E 19 der Deutschen Reichsbahn. Durch vorteilhafte Konstruktion ist es gelungen, trotz gleichen Gewichts mit ihrer Vorgängerin E 18 1000 PS mehr zu installieren, so daß sie mit 5000 PS Dauerleistung (8000 PS vorübergehend) die stärkste elektrische Lokomotive der Deutschen Reichsbahn darstellt. Auch in bezug auf die zulässige Geschwindigkeit übertrifft sie alle bisherigen schienengebundenen Fahrzeuge. Sind 180 km/h von einem Schnellzug von 360 t Gewicht auf ebener

Strecke die im normalen Betrieb mögliche Geschwindigkeit, so ist ihr Laufwerk so ausgebildet, daß die Fahrt im Versuchsbetrieb, dem sie zu verschiedenen Feststellungen unterworfen werden soll, bei geeignetem Oberbau bis zur Höchstgrenze von 225 km/h gesteigert werden kann. Auf der Steilstrecke des Frankenwaldes 1:40 wird das angegebene Zuggewicht ohne Schiebehilfe genommen. Besonderes Augenmerk mußte bei solchen Geschwindigkeiten der Bremsgestaltung zugewendet werden. Um bei 180 km/h mit einem Bremsweg von 900 m auszukommen, mußten die Triebäder mit einem Prozentverhältnis von 200, das bei sinkender Geschwindigkeit selbsttätig abnimmt, abgebremst werden.

Unter den 5000 fertiggestellten elektrischen Lokomotiven der AEG. befindet sich natürlich eine große Anzahl aus dem Stammgebiet der elektrischen Lokomotive, aus dem sich die Vollbahnlokomotiven entwickelten, nämlich dem Bergbau- und dem Industriegebiet. Auch hier sind die Lokomotiven zu beachtlicher Größe — bis zu sechs Triebachsen und 150 t Gewicht — angewachsen.

Mit ihrem großen neuzeitlich eingerichteten Werk, in dem die Lokomotiven nicht nur hinsichtlich des elektrischen Teiles, sondern als ganze Fahrzeuge erstellt werden, wird die AEG. auch in der Folge maßgeblich an dem Fortschritt der elektrischen Zugförderung beteiligt sein. Dr. Ue.

Bücherschau.

Baugrund und Bauwerk. Von Prof. Dr. Ing. Franz Kögler und Dr. Ing. habil. Alfred Scheidig. Berlin 1938. Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn. 288 Seiten. Gr. 8°, Preis geb. 23,50 *R.M.*

Schon der Titel des Buches ist eine schlagwortähnliche Inhaltsangabe: es sollen gemäß der neueren Baugrundlehre die gegenseitigen Beziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk dargestellt werden. Aus dem reichen Inhalt des Buches können hier nur einige der 17 Kapitel andeutungsweise aufgeführt werden. Dargestellt werden die Physik des Baugrundes, seine Zusammendrückung und ihr zeitlicher Verlauf, die Druckausbreitung und -verteilung, die Setzungen (Berechnung und Messung, Vorbeugung), Risse in Bauwerken, endlich Pfahlgründungen und Bodenfrost. Gründungen auf tückischem Felsboden sind also nicht behandelt.

Das Buch ist aus einer reichen Forscher-, Lehr- und Vortragstätigkeit der Verfasser entstanden, nicht zu vergessen einer ebenso regen Gutachtertätigkeit. Demgemäß bringt das Buch auf Schritt und Tritt einleuchtende Erfahrungen; das macht seinen besonderen Wert aus. Eindringlich ist immer wieder auf die Pflicht der Bauleitung hingewiesen, die neuzeitliche Bodenmechanik für den Bestand und die Sicherheit der Bauwerke voll auszuwerten und auszuschöpfen. Das Buch schließt daher auch eindrucksvoll mit einem Kapitel über Rechts- und Vertragsfragen, es wendet sich also an den Bauherrn, den Bauleiter und den Ausführenden. Freilich müssen die Verfasser bei der jetzigen, noch unzulänglichen Verbreitung der Baugrundlehre vielfach zu einer Mitbeteiligung von Erdbaulaboratorien raten; es ist aber sicher erwünscht, daß sich mindestens größere Bauverwaltungen auf diesem wichtigen Gebiet selbständig machen. In der Verwendung mathematischer Theorien halten die Verfasser mit Absicht weise Maß. Vielleicht kommen wir aber darin noch zu weiteren Vereinfachungen in der Gestalt leicht faßlicher Gebrauchsformeln für Lehre und Anwendung, abgestellt auf den Bedarf weitester Kreise der Ingenieure und Architekten. Dr. Bloss.

Deutscher Reichsbahnkalender 1939.

Der Deutsche Reichsbahnkalender hat sich zu seinem 12. Jahrgang ein besonders schönes und dankbares Leitmotiv für die Zusammenstellung seiner Bilder gewählt, nämlich „Reichsbahn und Landschaft“. Wer die hervorragend ausgeführten Bilder im Jahreslauf betrachtet, der wird immer wieder an die Schönheiten unseres deutschen Vaterlandes, seien es die beschneiten Berge des Hochgebirges, seien es die grünen Gaue Mitteld Deutschlands oder

das weite Meer an unserer Küste, erinnert und mit stolzer Freude wird der Beschauer sich dabei bewußt, daß ein größeres Deutschland den Stoff dazu hergab, daß ja auch die Ostmark wie unser jüngst heimgekehrter Sudetengau in besonderem Maß Beiträge stellten, die mit zu den schönsten Bildern zählen. So macht der Kalender nicht nur unmittelbar Freude, sondern erfüllt auch in schlichter Weise seine Aufgabe, zum Reisen anzuregen und damit für die Deutsche Reichsbahn zu werben.

Kalender der Technik 1939. Herausgegeben im Auftrag des VDI. vom VDI-Verlag Berlin. Preis *R.M.* 2,50.

In der Gegenwart sind auf dem Buchmarkt die Abreißkalender mit Bild Darstellungen aus den verschiedensten Betätigungs- und Wissensgebieten in immer größerer Zahl in Erscheinung getreten und erfreuen sich steigender Beliebtheit. Ein Kalender der „Technik“ war bisher nicht vertreten, obwohl dieses ungeheure Gebiet, mit dem jeder Mensch des 20. Jahrhunderts in irgend einer Beziehung steht, Stoff und Interesse genug bietet.

Diese wirkliche Lücke wird nun durch den oben genannten Kalender, der von der für die Technik berufensten Stellen, dem VDI., ausgegeben wird, ausgefüllt. Das Durchblättern allein mit den vielseitigen Darstellungen der Großtaten der Technik in der Neuzeit wie aus früheren, uns als technisches Kinderzeitalter anmutenden Jahrhunderten, macht Genuß. Eine wesentliche Beigabe bilden die Aussprüche bedeutender Männer der Gegenwart und Vergangenheit auf den einzelnen Blättern, die zum Nachdenken anregen. Jedem Sonntagsblatt ist eine Postkarte beigegeben, die als Ansichtskarte verwendet werden kann, so daß der Kalender damit auch in die Ferne wirken und Freude machen kann.

Ferner sind erschienen:

„**Technik voran**“ 1939, Jahrbuch mit Kalender für die Jugend. Herausgeber: Deutscher Ausschuß für das technische Schulwesen. Verlag von B. G. Teubner. Kart. *R.M.* 0,95.

„**Liliputbahnen**“. Von Dr. Walter Strauß. Verlag Kichler, Darmstadt. Preis *R.M.* 12.—.

Das mit vielen Bildern und einer farbigen Tafel ausgestattete Buch behandelt die namentlich in England, dem klassischen Land des Lokomotivbaues, entwickelte Ausführung von betriebsfähigen Lokomotiven kleinsten Ausmaßes, aber naturgetreuer Wiedergabe der großen Vorbilder, an denen sich nicht nur Kinder, sondern auch Erwachsene erfreuen. Bei uns in Deutschland erfüllen ja diese kleinen niedlichen Bahnen eine nicht zu unterschätzende Verkehrsaufgabe in den weiträumigen Ausstellungen.

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

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