

Neuere Flüssigkeitsgetriebe für Eisenbahnfahrzeuge mit Antrieb durch Verbrennungsmotor.

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

I. Grundsätzliches über Flüssigkeitsgetriebe.

Ein sehr wichtiges Problem bei von einem Verbrennungsmotor angetriebenen Fahrzeugen ist die Art und Weise der Kraftübertragung von der Motorwelle auf die Treibräder. Die bei weitem überwiegende Mehrzahl der verbrennungsmotorisch angetriebenen Eisenbahnfahrzeuge ist mit mechanischer oder elektrischer Kraftübertragung ausgerüstet. Die mechanische Übertragung hat zweifellos den Vorzug größter Einfachheit, dem jedoch als schwerwiegender Nachteil gegenübersteht, daß das Einschalten der verschiedenen Geschwindigkeitsstufen mehr oder weniger stoßweise erfolgt und auch die Leistung des Triebmotors verhältnismäßig schlecht ausgenutzt wird. Die elektrische Übertragung gestattet stufenloses Regeln der Geschwindigkeit, bedingt aber großes Gewicht und erfordert einen hohen Preis. Neuerdings wendet man dem hydraulischen Antrieb nach Art der Föttinger-Getriebe große Aufmerksamkeit zu, der sich auch bei Schiffs- und ortsfesten Anlagen bestens bewährt hat und eine stufenlose und wirtschaftliche Kraftübertragung zwischen Verbrennungsmotor und Treibachse ermöglicht.

Die Flüssigkeitsgetriebe dieser Art werden vielfach als „Drehmomentwandler“ bezeichnet; in der Tat haben sie die für den Fahrzeugantrieb besonders günstige Eigenschaft, daß sich — wie bei dem elektrischen Fahrzeugantrieb — die Fahrgeschwindigkeit selbsttätig und stufenlos dem Fahrwiderstand anpaßt. Besondere Aufmerksamkeit von seiten des Fahrzeugführers erfordern die Getriebe nicht. Der Wirkungsgrad ist, worauf unten noch zurückzukommen sein wird, hoch. Die Gewichte entsprechen etwa denen der rein mechanischen Übertragung.

Über einige neuere, auf dem zuerst von Dr. Föttinger angegebenen Prinzip beruhende Flüssigkeitsgetriebe deutscher und ausländischer Herkunft, die für den Antrieb von Eisenbahnfahrzeugen und Großkraftwagen in Frage kommen, sei nachstehend ein kurzer Überblick gegeben. Vorausgeschickt sei, daß es im Rahmen dieser Arbeit weder möglich noch beabsichtigt ist, alle Bauarten von Föttinger-Flüssigkeitsgetrieben erschöpfend zu behandeln.

Grundsätzlich wird bei dem hydraulischen Antrieb die Bewegung der Motorwelle auf die Treibräder durch Flüssigkeit (Öl) übertragen, indem der Verbrennungsmotor eine oder mehrere Ölpumpen antreibt und das von diesen Pumpen (aktiven Pumpen) gelieferte unter Druck stehende Öl als Triebkraft für einen oder mehrere hydraulische Motoren (passive Pumpen), welche mit den Treibrädern gekuppelt sind, dient. Bei älteren Flüssigkeitsgetrieben mittels Turbopumpe und Turbine (nur solche kommen hier in Betracht) wurde in jedem Fall die Arbeitsflüssigkeit von der Turbopumpe durch Krümmer und Rohre angesaugt, in die Turbine übergeleitet und, nachdem sie dort ihre Energie zum Teil wieder abgegeben hat, durch Spiralgehäuse, Krümmer, Rohre usw. wieder abgeleitet, wobei aber der in der Arbeitsflüssigkeit noch enthaltene, ziemlich erhebliche Teil der Energie ungenutzt mit fortgeführt wurde, so daß derartige Einrichtungen mit großen Verlusten arbeiten, die teils in den Spiralgehäusen, Krümmern und Rohrleitungen durch Reibung und Stöße, teils als Austrittsverluste durch nicht ausgenutzte Energie entstehen. Ferner

beanspruchen die von den normalen Turbopumpen und Turbinen her übernommenen Zu- und Ableitungen der Arbeitsflüssigkeit, die Spiralgehäuse, Krümmer und Rohre viel mehr Raum, Gewicht und Kosten als die Turbinenräder selbst, welche den Energieumsatz besorgen.

Von diesen älteren Getrieben unterscheiden sich die von Dr. Föttinger erstmals im deutschen Patent 221422 der Klasse 47 h angegebenen und nach ihm benannten Getriebe dadurch, daß die Pumpe mit der Turbine in einem geschlossenen Kreislauf vereinigt ist, so daß der Umlauf der Arbeitsflüssigkeit im wesentlichen nur in unmittelbar zur Kraftübertragung dienenden Teilen stattfindet. Durch die unmittelbare Aufeinanderfolge der Schaufelkränze werden alle Wandreibungs- und Strömungsverluste auf ein Mindestmaß herabgedrückt und demzufolge ein hoher Wirkungsgrad erreicht. Die Entwicklung

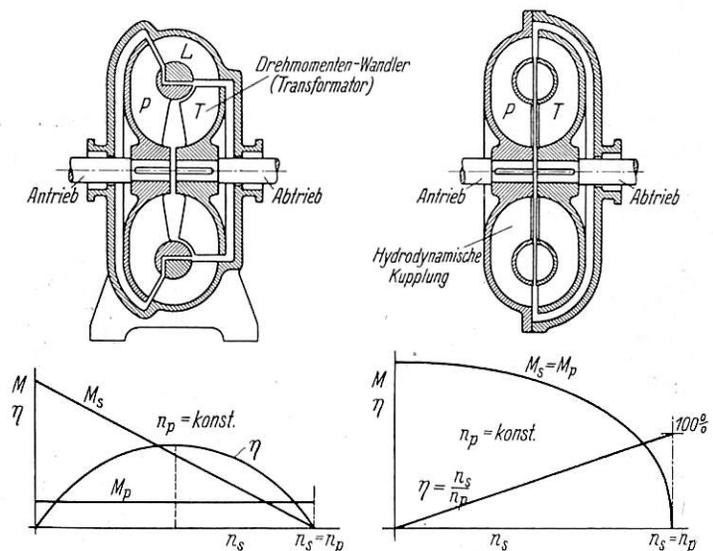


Abb. 1.

Grundtypen der Strömungsgetriebe nach dem Föttinger-Prinzip.

nach dem Föttinger-Prinzip hat zwei typische Formen gezeitigt, die sich grundsätzlich in ihren Funktionen unterscheiden (siehe Abb. 1). Einmal kann durch Zwischenschalten eines festen Leitapparates L zwischen Turbine T und Pumpe P das vom Triebmotor herkommende Drehmoment wie in einer Zahnradübersetzung verändert werden; bei einem solchen „Drehmomentwandler“ (Abb. 1 links) dient der Leitapparat dazu, das zwischen Pumpe und Turbine auftretende Differenzmoment gegen das Gehäuse abzustützen. Zum anderen besteht die Möglichkeit, den Leitapparat wegzulassen, so daß die Betriebsflüssigkeit unmittelbar aus der Pumpe in die Turbine und wieder unmittelbar zurück in die Pumpe strömt, wobei die in der Pumpe und Turbine auftretenden Momente einander gleich sind, weil die Möglichkeit fehlt, ein Differenzmoment abzustützen. Diese zweite Form des Föttinger-Strömungsgetriebes stellt also eine reine hydraulische Kupplung dar (Abb. 1 rechts). Aus den Moment- und Wirkungsgradkurven, die der Abb. 1 beigegeben sind, ist ersichtlich, daß die Stärke des Momentwandlers in der hohen Momenterzeugung bei niedrigen Dreh-

zahlen liegt, während die Vorzüge der Kupplung bei hohen Drehzahlen und kleinem Momentbedarf in Erscheinung treten. Beide Bauformen ergänzen sich also in hervorragender Weise.

II. Das Trilok-Flüssigkeitsgetriebe.

In dem von der Klein, Schanzlin & Becker A. G. herausgebrachten Trilok-Getriebe sind die vorgenannten beiden typischen Strömungsgetriebe mit ihren sich ergänzenden Eigenschaften so zu einem einzigen Kreislauf vereinigt, daß sich das mit diesem Kreislauf versehene Getriebe in günstigster

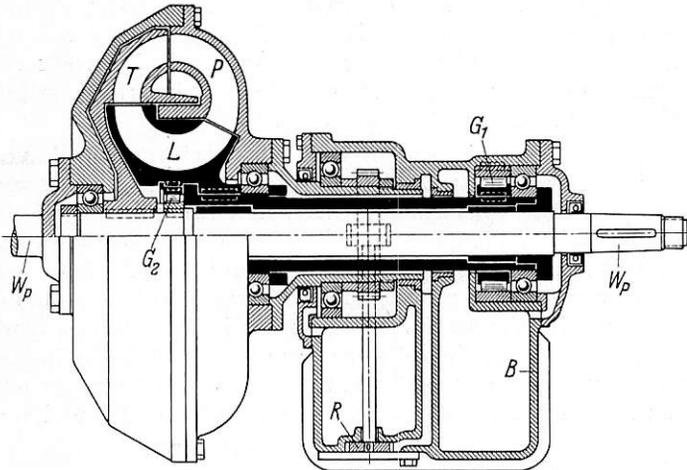


Abb. 2. Längsschnitt durch das Trilok-Getriebe.

Weise vollselbsttätig dem jeweiligen Momentbedarf anpaßt. Ehe des näheren auf die Eigenschaften des Trilok-Getriebes eingegangen wird, sei an Hand der Abb. 2, die einen Längsschnitt durch das Getriebe zeigt, kurz der Aufbau des Getriebes

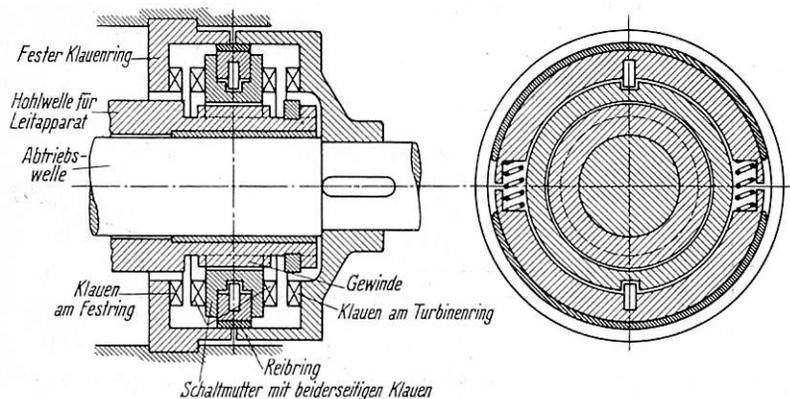


Abb. 3. Klauengesperre des Trilok-Getriebes.

erläutert. Hier ist P das auf der Antriebswelle W_p sitzende Pumpenrad und T das mit der Abtriebswelle W_T verbundene Turbinenrad. Für den Leitapparat L ist typisch, daß er drehbar angeordnet ist und wahlweise über das Gesperre G_1 sich gegen das feste Gehäuse nach rückwärts abstützen bzw. in Vorwärtsdrehrichtung über ein anderes Gesperre G_2 sich mit der Abtriebswelle verbinden kann. Eine von der treibenden Welle angetriebene kleine Rückförderpumpe R bringt aus dem Ölsammeltank des Gehäuses B die notwendige Betriebsölmenge in den Kreislauf und an die Schmierstellen des Getriebes.

Die dem Trilok-Getriebe eigentümlichen hydraulischen Eigenschaften bewirken, daß während erhöhten Momentbedarfs — z. B. bei Fahrt in einer Steigung, in der Anfahrperiode und beim Beschleunigen eines Fahrzeugs — der Leitapparat L unter Abstützung gegen das Gehäuse eine Momenterhöhung bewirkt, dagegen bei einem Momentbedarf, den der Antriebsmotor selbst aufbringen kann, zusammen mit dem Turbinenrad T als ein Stück wie der Sekundärteil einer hydrau-

lischen Kupplung umläuft. Wichtig ist dabei, daß wiederum infolge der hydraulischen Auslegung des Getriebes dieser Übergang vom Momentwandler- zum Kupplungsbetrieb sich vollkommen stetig ohne Unterbrechung im Antrieb vollzieht und ganz selbsttätig ohne die Notwendigkeit auch nur irgendeines willkürlich steuernden Eingriffs vor sich geht.

Von besonderer Wichtigkeit sind, wie aus den vorstehenden Darlegungen erhellt, die Gesperre; denn sie sind die Hilfsmittel, um die geschilderte Umstellung des Leitapparates praktisch wirksam und nutzbar zu machen. Das in Abb. 2 ersichtliche Rollengesperre ist dort nur zur Verdeutlichung gezeichnet. Praktisch verwendet wird stets ein für diesen Zweck entwickeltes Klauengesperre (Abb. 3), das sich sehr gut bewährt hat. Hier ist die den Leitapparat L tragende Hohlwelle mit Gewinde versehen, in welches eine als Schaltmuffe ausgebildete Mutter eingreift, die an beiden Stirnseiten mit Klauen versehen ist. Diese Klauen können rechts bzw. links in Gegenklauen eingreifen. Die Gegenklaue rechts trägt den auf der Abtriebswelle befestigten, als Rotationskörper ausgebildeten „Turbinenklauenring“. Symmetrisch hierzu auf der linken Seite befindet sich ein fest im Gehäuse gelagerter Gegenklauenring, der ebenfalls einen Hohlzylinder trägt. Die Schaltmuffe hat in einer auf ihrem Umfang verlaufenden Nut zwei Reibringhälften, die durch Stifte von der Muffe mitgenommen und deren Reibbeläge nach außen gedrückt werden, so daß sie sich gegen die beiden die Gegenklauenringe tragenden Hohlzylinder pressen.

Läuft die Abtriebswelle (Turbine) um und die Hohlwelle (Leitapparat) mit einer Drehzahl unter der Turbinendrehzahl, so sucht die Reibung zwischen dem Reibring und der zylindrischen Hohlfläche am festen Klauenring die Schaltmuffe zurückzuhalten und dadurch in ihrem Gewinde — bei entsprechendem Gewindedreh Sinn — nach rechts zum Turbinenklauenring hinüberzuschieben. Läuft dagegen der Reibring gegen die Hohlfläche des Turbinenklauenringes, so sucht sich infolge der Reibung die Schaltmuffe in ihrem Gewinde nach links zum festen Klauenring zu schieben. Praktisch heben beide Wirkungen sich auf und die Klauenmuffe bleibt in der Mittelstellung. Sobald die Hohlwelle mit dem Leitapparat die Abtriebswelle zu überholen sucht, schneller läuft als diese, wirken dagegen die Reibkräfte an beiden Hohlzylindern in gleichem Sinne und schieben die Muffe nach rechts bis zur Einkupplung ihrer Klauen in die Gegenklauen an der Abtriebswelle. Die Muffe legt sich hierbei gegen einen Anschlag auf der Hohlwelle, so daß keine Axialschübe nach außen übertragen werden. Die Hohlwelle ist über das Gewinde, die Muffe und die rechtsseitigen Klauen mit der Abtriebswelle verbunden. In dieser Endstellung findet natürlich keine Relativbewegung zwischen Reibbelag und Hohlzylinder statt; nur im Augenblick des Umschaltens laufen diese Teile mit Reibung gegeneinander.

Bleibt nun die Hohlwelle hinter der Turbine zurück, so wird die Muffe wieder aus dem Klaueneingriff herausgeschoben und bleibt, wie beschrieben, in der Mittelstellung stehen, bis das Leitrad sich mit der Hohlwelle rückwärts zu drehen beginnt. In diesem Fall sucht sich die Gewindemutter unter dem Einfluß der Reibkräfte ganz analog in entgegengesetzter Richtung bis zum Eingriff der linken Klauen ineinander zu verschieben, wodurch das Leitrad fest mit dem Gehäuse gekuppelt wird. Auch hier wird der axiale Schub im Muffengewinde wie auf der anderen Seite aufgenommen und ebenso befindet sich der Reibbelag in keiner anderen Bewegung gegen die Hohlfläche am festen Klauenring. Sobald jetzt das Leitrad mit der Hohlwelle wieder vorwärts zu drehen beginnt, löst sich der linksseitige Klaueneingriff und die Muffe verschiebt sich wieder nach rechts hinüber.

Die mit dem Trilok-Getriebe bei Fahrzeugen zu verwirklichende Momentübersetzung und die Wirkungsgrade sind in Abb. 4 veranschaulicht. Den Verhältnissen zugrunde gelegt ist ein Fahrzeug-Verbrennungsmotor, für den ein mit veränderlicher Drehzahl ziemlich konstantes, schwach abfallendes Moment charakteristisch ist, das also in keiner Weise dem Bedarf entspricht, den ein wie auch immer geartetes Fahrzeug beim Anfahren, beim Beschleunigen und in der Steigung stellt. Die Abbildung läßt zwei grundsätzliche Äste des Drehmomentverlaufs und des Wirkungsgradverlaufs erkennen. Der linke Ast entspricht den typischen anfänglich gezeigten Kurven für einen Momentenwandler; der rechte Ast zeigt die typischen Merkmale einer hydraulischen Kupplung. Beim Anfahren erzeugt, wenn der Motor auf etwa 85 v. H. seiner Nenn Drehzahl gekommen ist, das Getriebe sein höchstes Anfahrmoment von etwa 440 v. H., um mit beginnender Geschwindigkeitsaufnahme abzusinken. Wo sich die Momentenkurve des Wandlers mit

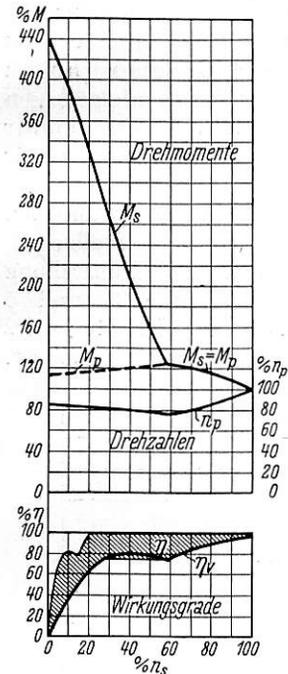


Abb. 4. Drehmomente, Drehzahlen und Wirkungsgrade beim Trilok-Getriebe.

Kupplung beim Fahrzeug fortfallen und als einzige Bedienungsstellen bleiben der Gashebel zur Beschleunigung und die Bremse zur Verzögerung des Fahrzeugs, sowie ein kleiner Fahrtrichtungsschalthebel.

Abb. 5a zeigt ein Trilok-Getriebe für Triebwagen mit 150 PS Leistung bei 1500 Umdr./Min., bestimmt für die Deutsche Reichsbahn. Bei diesem Getriebe ist der Getriebe-ölrückkühler unmittelbar angebaut; er bezieht seine Kühlluft von einem unmittelbar mit dem umlaufenden Getriebekreislauf vereinigten Ventilator durch das umschließende Lüftergehäuse. Dieses Getriebe befindet sich z. Z. im Einbau.

Das Getriebe nach Abb. 5b ist für den Antrieb von Triebwagen von 225 PS bis 2250 Umdr./Min. bestimmt; dessen Zusammenbau mit dem Achsantrieb des Fahrzeugs geht aus Abb. 6 hervor. In der Abbildung ist a das Pumpenrad, b das Turbinenrad, c der Leitapparat, d und e die Gesperre und f ein Freilauf zwischen Turbinenrad und Abtriebswelle. Der Triebwagen (gebaut von Henschel & Sohn) ist für die Südafrikanische Union bestimmt; er ist mit zwei Henschel-Vergasermotoren von je 225 PS, 1500 Umdr./Min. ausgerüstet. Die beiden Motoren liegen hintereinander in der Mitte des Wagens; jeder Motor treibt ein Drehgestell an, und zwar ist

in jedem Drehgestell ein Trilok-Getriebe in Tatznenlager-aufhängung und in unmittelbarer Verbindung mit den Achswendegetrieben untergebracht. Dieser Einbau im Drehgestell ist ohne weiteres möglich, weil ja die Trilok-Getriebe, wie oben dargetan, keinerlei Bedienung erfordern. Der Freilauf f (siehe Abb. 6), der ähnlich dem Umschaltgesperre ausgebildet ist, ermöglicht es, auch mit einem Motor allein zu fahren, ohne den anderen abkuppeln zu müssen.

Mit diesem 450 PS-Triebwagen sind im April 1934 auf der Strecke Walkenried—Braunlage (Harz) mehrtägige Probe-

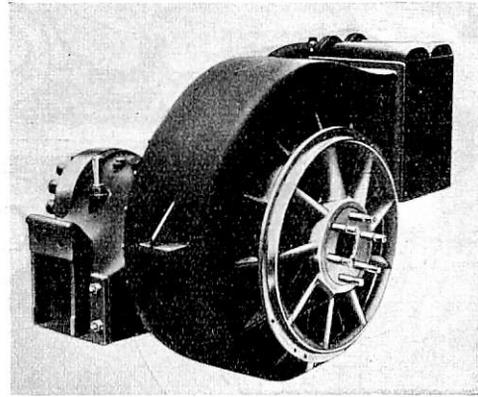


Abb. 5a. Trilok-Getriebe für Triebwagenantrieb (150 PS, 1500 Umdr./Min.) mit angebautem Ölkühler.

fahrten durchgeführt worden. Die Versuchsstrecke ist 23,4 km lang; sie weist Steigungen bis zu 1:28 auf und besitzt Krümmungen bis zu 60 m Halbmesser. Die Getriebe arbeiteten bei den Probefahrten ohne Anstand und erfüllten die ihnen gestellten Bedingungen durchaus. Besonders günstig verliefen die Beschleunigungsversuche: Der Wagen ließ sich in 32 Sek. auf 50 km/h beschleunigen.

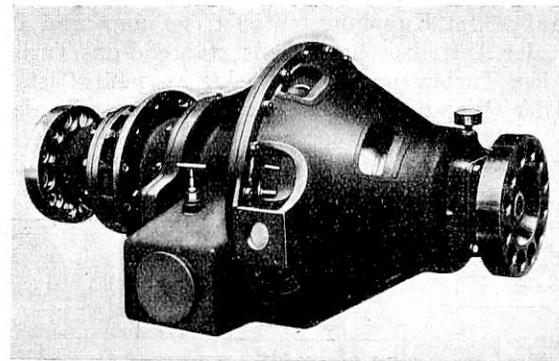


Abb. 5b. Trilok-Getriebe für Triebwagenantrieb (225 PS, 2250 Umdr./Min.).

Außer für Schienentriebwagen ist das Trilok-Getriebe selbstverständlich auch für Straßenfahrzeuge geeignet; so beabsichtigt die Deutsche Reichsbahn, eine Reihe von Trilok-Getrieben in Lastwagen einzubauen.

Nicht unerwähnt sei, daß Versuche im Gang sind, um die Grenze der hydraulisch erreichbaren Momentübersetzung noch über den bisher möglichen Bereich hinaus zu steigern. Während die ursprüngliche Getriebebauart mit einer Momentübersetzung bis etwa auf das Vierfache des Antriebsmomentes arbeiten kann, wird es in Zukunft möglich sein, diese Momentübersetzung im Trilok-Getriebe bis auf das sieben- bis achtfache, gegebenenfalls sogar noch weiter zu steigern.

III. Das Voith-Turbo-Getriebe.

Das von Voith, insbesondere für Schienenfahrzeuge, herausgebrachte Getriebe (siehe Abb. 7) besteht im Gegensatz

zum Trilok-Getriebe aus je einer besonderen Wandler- und Kupplungsschaukelung. Der Übergang von Wandler- auf Kupplungsbetrieb wird im allgemeinen vom Fahrzeugführer betätigt, kann aber auch in Fällen, wo dies zweckmäßig erscheint, durch eine selbsttätige, in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit wirkende Steuerung herbeigeführt werden. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß also gegenüber dem Trilok-Getriebe die zur Ermöglichung des selbsttätigen Übergangs vorgesehenen Gesperre wegfallen.

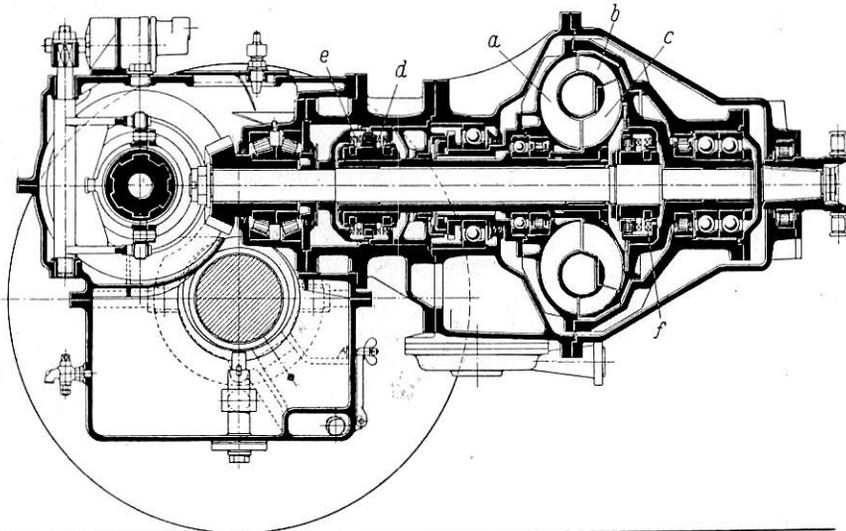


Abb. 6. Einbau des Getriebes nach Abb. 5 b bei einem Triebwagen.

Eine eingehende Beschreibung der Wirkungsweise des Voith-Getriebes findet sich in der französischen Patentschrift 762211. In Abb. 7 ist W_p die treibende und W_s die angetriebene Welle. Mit der treibenden Welle W_p ist im Wandlerteil, dessen Leitapparat mit S bezeichnet ist, das Pumpenrad P verbunden; das Turbinenrad T ist mit der Abtriebswelle W_s verschraubt. Im Kupplungsteil ist das Pumpenrad P_1 ebenfalls mit der Antriebswelle verkeilt, während das Turbinenrad T_1 mit dem Turbinenrad T einstückig ausgeführt ist. Wenn sowohl der Wandlerteil wie der Kupplungsteil nicht mit

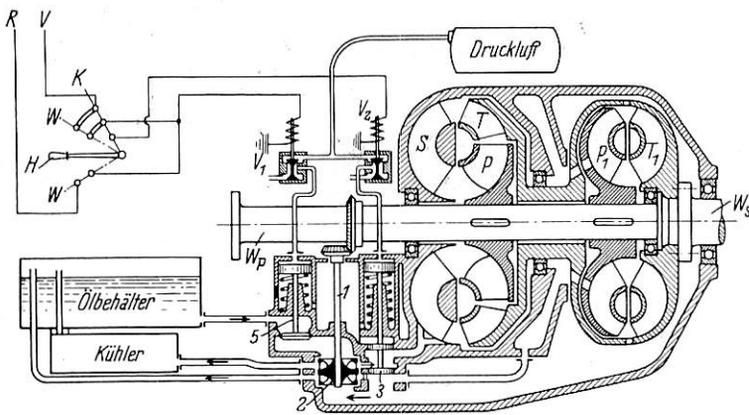


Abb. 7. Querschnitt durch das Voith-Getriebe.

Flüssigkeit gefüllt sind, sind Motor und Treibachsen voneinander getrennt; man hat dann „Freilauf“ ohne jede zusätzliche Einrichtung. Die Flüssigkeit befindet sich in diesem Fall vollständig in dem Ölbehälter. Soll das Getriebe eingeschaltet werden, so wird zunächst durch Einschalten des Magnetventils V_1 das Ventil 5 geöffnet. Eine kleine, von der Antriebswelle W_p aus über die Welle 1 angetriebene Zentrifugalpumpe 2, die „Steuerpumpe“, fördert nunmehr die Flüssigkeit über das Steuerventil 3, das bei unerregtem Magnetventil V_2 die in Abb. 7 gezeichnete Stellung einnimmt, zu dem Wandler. In

diesem Fall läuft die Kupplung leer. Ist das Magnetventil V_2 erregt, so ändert das Ventil 3 seine Lage, so daß die Flüssigkeit von der Steuerpumpe zur Kupplung gefördert wird; dann läuft der Wandler leer. Aus diesen beiden Kreisläufen kann die Flüssigkeit ständig abfließen, so daß sich diese entleeren, wenn der Zufluß aufhört, d. h. nach Schließen der Ventile 3 und 5. Das abfließende Öl wird durch einen zweiten Schaukelkranz der Steuerpumpe in den Ölbehälter zurückgefördert. Von der Druckseite der Steuerpumpe zweigt eine kleine Leitung zum Kühler ab, von dem aus die gekühlte Flüssigkeit zum Behälter zurückgefördert wird.

Die Umschaltung des Steuerventils 3 von Wandlerbetrieb auf Kupplungsbetrieb erfolgt durch den Hebel H von Hand oder selbsttätig. Diese selbsttätige Umschaltung erfolgt also nicht, wie oben schon bemerkt, in gleicher Weise wie beim Trilok-Getriebe, im Getriebe selbst. In der Stellung W des Hebels H ist das Magnetventil V_1 erregt und das Ventil 5 geöffnet entsprechend Wandlerbetrieb; in Stellung K ist zusätzlich noch das Magnetventil V_2 erregt und infolgedessen durch Umschaltung des Ventils 3 der Wandler ab- und die Kupplung eingeschaltet. Da für Rückwärtsfahrt nur geringe Geschwindigkeiten erforderlich sind, ist auf dem entsprechenden Führerstand für Rückwärts stets nur die Stellung W für den Hebel H vorgesehen. Bei Nullstellung des Hebels H sind beide Ventile 3 und 5 geschlossen, so daß sich beide Kreisläufe des Getriebes entleeren und Freilaufbetrieb möglich ist.

Offensichtlich läßt sich die beschriebene Art der Getriebesteuerung ohne weiteres in einfacher Weise als Mehrwagensteuerung ausbilden.

Über die Leistungs- und Wirkungsgradverhältnisse des Voith-Getriebes gibt Abb. 8 Auskunft. Hier sind das Drehmoment M_1 der Antriebswelle und ihre Drehzahl n_1 sowie das an der Abtriebswelle verfügbare Drehmoment M_2 über der Drehzahl n_2 der Abtriebswelle aufgetragen. Läßt man im Wandlerbetrieb den Motor langsam laufen und geht die Drehzahl n_2 proportional der Motordrehzahl zurück, so nehmen Antriebs- und Abtriebsdrehmoment mit dem Quadrat der Motordrehzahl ab; der Wirkungsgrad ändert sich dabei nicht. Im Kupplungsbetrieb ist das Abtriebsdrehmoment stets gleich dem Motordrehmoment. Bei allen Verbrennungsmotoren steigt dieses mit abnehmender Motordrehzahl etwas an. Dies kommt zur Geltung, wenn beim Übergang vom Wandler- zum Kupplungsbetrieb die Motordrehzahl gedrückt wird. Es ist die

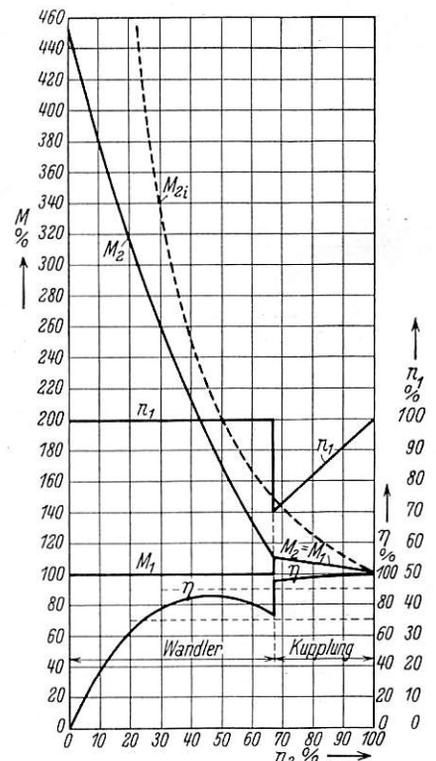


Abb. 8. Drehmomente, Drehzahlen und Wirkungsgrade des Voith-Getriebes.

Wandlerbetrieb ist das Abtriebsdrehmoment stets gleich dem Motordrehmoment. Bei allen Verbrennungsmotoren steigt dieses mit abnehmender Motordrehzahl etwas an. Dies kommt zur Geltung, wenn beim Übergang vom Wandler- zum Kupplungsbetrieb die Motordrehzahl gedrückt wird. Es ist die

jenige Abtriebsdrehzahl, bei welcher die M_2 -Kurve des Wandlerbetriebs die M -Kurve des Kupplungsbetriebs schneidet. Zum Vergleich sind die einem Getriebewirkungsgrad von 100 v. H. entsprechenden idealen Abtriebsmomente M_{2i} gestrichelt eingetragen.

Nach neueren Versuchsergebnissen ist es Voith gelungen, das Anfahrtdrehmoment auf das sechsfache zu steigern, was für die Regel ausreichend ist, da man mit derartigen Anfahrzugkräften meistens die Reibungsgrenze überschreitet, so daß eine weitere Steigerung zwecklos ist.

Die Wirkungsgrade beziehen sich auf das Getriebe allein. Von größter Bedeutung ist, daß über $n_2 = 67$ v. H., d. h. im oberen Drittel der Fahrgeschwindigkeit, der Wirkungsgrad des Getriebes als Kupplung nahezu 100 v. H. beträgt. Im Durchschnitt können 90 v. H. aller Strecken mit der Kupplung bewältigt werden, so daß zur Ermittlung der Gesamtwirtschaftlichkeit die geringen Wandlerwirkungsgrade nur einen Einfluß von 10 v. H. haben. Bei mittlerem Kupplungswirkungsgrad von 97 v. H. und mittlerem Wandlerwirkungsgrad für Streckenfahrt von 80 v. H. ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von 95,3 v. H.

Eingebaut worden ist das Voith-Getriebe, das übrigens für England samt Kolonien und Dominien in Lizenz von Sinclair gebaut und dort infolgedessen Voith-Sinclair-Getriebe genannt wird, bereits bei einer größeren Anzahl von Triebwagen. Neben z. Z. noch in Bau befindlichen Wagen handelt es sich hier in erster Linie um Triebwagen, die Austro-Daimler für die Österreichischen Bundesbahnen, für österreichische Privatbahnen, für Polen und Amerika gebaut hat. Bei den Triebwagen Reihe VT 62 der Österreichischen Bundesbahnen handelt es sich um einen regelspurigen zweiachsigen Triebwagen mit 45 Sitzplätzen, der an jedem Ende einen Führerstand aufweist. Die Länge des Wagens über Puffer beträgt 11970 mm, die größte Breite 2680 mm, die Dachhöhe über SO 2661 mm und der Radstand 6680 mm. Angetrieben wird der Triebwagen, der ein Dienstgewicht von 10600 kg hat, durch zwei Motoren von 80 PS, 3000 Umdr./Min., die an den Wagenenden im Untergestell gelagert sind. Jeder Motor treibt über ein Voith-Getriebe und ein Wendegetriebe die benachbarte Achse an. Die Höchstgeschwindigkeit des Triebwagens beträgt 100 km/h. Ähnlich ist der für Amerika gebaute Triebwagen.

Die Triebwagen der Reihe VT 63 der Österreichischen Bundesbahnen, die 74 Sitzplätze bieten, haben die Achsfolge 1 A - A 1; sie haben eine Höchstgeschwindigkeit von 110 km/h und ein Dienstgewicht von 19300 kg. Die Länge des Wagens, dessen Stirnwände zur Verringerung des Luftwiderstandes stark geneigt sind, über Puffer beträgt 23730 mm, die größte Breite 2800 mm, die Dachhöhe über SO 2638 mm, der Drehzapfenabstand 17000 mm und der Achsstand im Drehgestell 3000 mm. Angetrieben wird dieser Triebwagen ebenfalls durch zwei Motoren von 80 PS, 3000 Umdr./Min., die in den Drehgestellen gelagert sind und die innere Drehgestellachse antreiben. Diese Wagenbauart ist auch nach Polen geliefert worden.

Außer den vorstehenden und anderen regelspurigen Triebwagen sind von Austro-Daimler auch mit Voith-Getriebe ausgestattete Personentriebwagen für 760 mm Spur gebaut worden, nämlich für die Steyrische Landesbahn und die Salzkammergutbahn. Die Betriebserfahrungen mit den Voith-Getrieben haben durchaus befriedigt. Bei zwölf Wagen der Österreichischen Bundesbahnen sind schon Laufstrecken von je über 100000 km erzielt worden. Auch bei den neun

österreichischen Schmalspurwagen sowie bei den polnischen Staatsbahnen steht der Antrieb seit über einem Jahr in täglichem Dienst. Außer dem erwähnten Austro-Daimler-Triebwagen in den Vereinigten Staaten von Amerika ist dort ein Triebwagen amerikanischen Ursprungs mit Voith-Getriebe für 240 PS ausgestattet worden, der seit längerer Zeit erfolgreich läuft.

Solange nur eine einzige Achse anzutreiben ist, bietet der Antrieb in der Art, daß die Abtriebswelle unmittelbar über Kardanwellen, Wendegetriebe und Kegelräder mit der anzutreibenden Achse gekuppelt ist, unabhängig von der Größe der zu übertragenden Kraft keinerlei Schwierigkeit; es empfiehlt sich lediglich bei großen Kräften, zwischen Motor und Getriebe eine Übersetzung ins Schnelle einzuschalten, um hohe Drehzahlen des Flüssigkeitsgetriebes und somit kleine Abmessungen des Getriebes zu erhalten. Diese einfache Bauform ist jedoch nicht mehr anwendbar, wenn man zwei Achsen braucht, die von einer gemeinsamen Maschinenanlage (Motor + Flüssigkeitsgetriebe) aus anzutreiben sind. Diese Aufgabe war für die mit besonders kräftigen Motoren auszustattenden Triebwagen der Deutschen Reichsbahn zu lösen, bei denen es sich darum handelte, den gesamten Antrieb in ein Drehgestell einzubauen. Hierfür hat nun die Triebwagenbau A.-G. eine vielversprechende Lösung gefunden*). Der über einer Treibachse angeordnete Motor arbeitet (vergl. Abb. 9) über

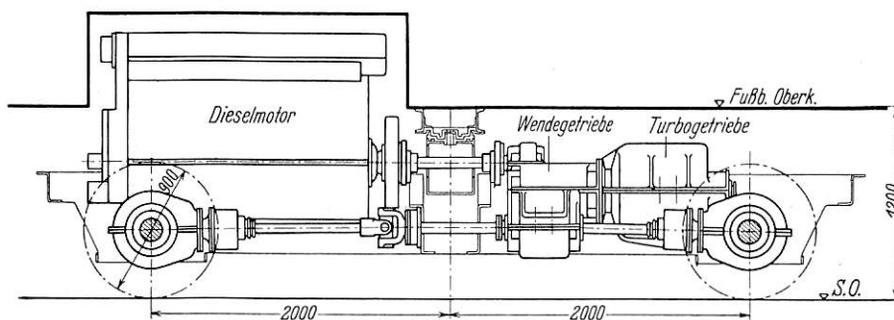


Abb. 9. Ausbildung des Achsantriebes bei den Reichsbahn-Triebwagen.

eine Welle mit Gummischeibenkupplung und ein Zahnradvorgelege, das aus den vorerwähnten Gründen ins Schnelle übersetzt, auf die treibende Welle des Flüssigkeitsgetriebes. Dieses ist mit dem Wendegetriebe fest zusammengeflanscht und treibt mit seiner Abtriebswelle das Wendegetriebe an. Da das Wendegetriebe infolge der durch den Einbau der Maschinenanlage gegebenen Raumverhältnisse auf der dem Motor zugewandten Seite des Flüssigkeitsgetriebes angeordnet werden muß, ist die Abtriebswelle des Flüssigkeitsgetriebes als Hohlwelle ausgebildet, die von der Antriebswelle durchdrungen wird. Beide Achsen des Drehgestells besitzen einfache Kegelradachsenantriebe, die durch zwei Kardanwellen gekuppelt sind; die Kupplung erfolgt über ein Doppelgelenk, das innerhalb des vorerwähnten Wendegetriebes angeordnet ist und in der Nähe des Drehgestelles liegt.

Durch diese Anordnung der Maschinenanlage wird erreicht, daß der Maschinensatz dem Federspiel folgen kann, ohne den Kraftfluß zu stören. Die Anordnung der Hohlwelle im Flüssigkeitsgetriebe ermöglicht es, das Wendegetriebe und somit den Anschluß der Kardanwellen soweit nach Drehgestellmitte zu anzuordnen, wie es mit Rücksicht auf die Länge der Kardanwellen bzw. die Kardanwinkel beim Durchfedern nötig ist.

Mit dieser Art des Antriebs läßt die Deutsche Reichsbahn zunächst drei verschiedene Triebwagenarten ausrüsten, nämlich:

- zwei vierachsige Triebwagen, Höchstgeschwindigkeit 90 km/h, angetrieben durch einen MAN-Dieselmotor von

*) Verkehrstechn. 1934, S. 346.

280 PS, 1400 Umdr./Min.; der Triebwagen hat im Dienst einen Beiwagen gleicher Größe mitzuführen;

zwei vierachsige Triebwagen gleicher Art wie die vorerwähnten, jedoch für eine Höchstgeschwindigkeit von 110 km/h und ausgerüstet mit einem Zwölfzylinder-V-Dieselmotor der MAN von 420 PS, 1400 Umdr./Min.;

zwei dreiteilige, durch Jakobsdrehgestelle verbundene Wagen mit 110 Sitzplätzen, Küche, Anrichte, Gepäck- und

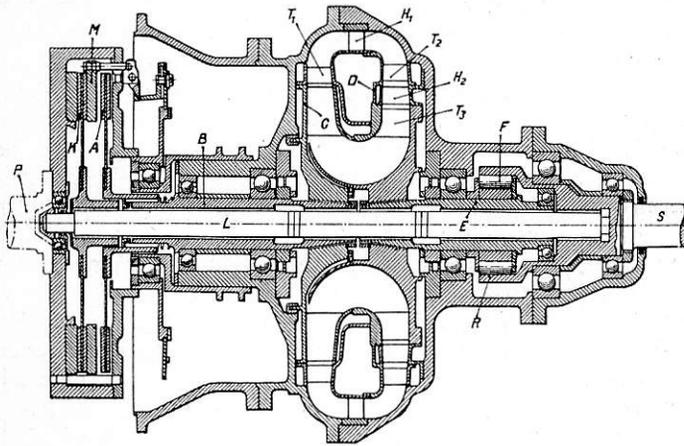


Abb. 10. Querschnitt durch das Leyland-Getriebe.

Postraum für eine Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h; in jedem der beiden äußeren Wagen ist ein Zwölfzylinder-V-Dieselmotor (Maybach) von 600 PS, 1400 Umdr./Min. angeordnet. Besonders beachtlich bei diesen Wagen ist, daß das Flüssigkeitsgetriebe hier nicht aus Wandler und Kupplung zusammengesetzt ist, sondern aus zwei Wandlern, die (ebenso wie oben für Wandler und Kupplung beschrieben) wahlweise einschaltbar, aber für verschiedene Geschwindigkeitsbereiche berechnet sind; man erreicht damit in einem größeren Geschwindigkeitsbereich brauchbare Wirkungsgrade.

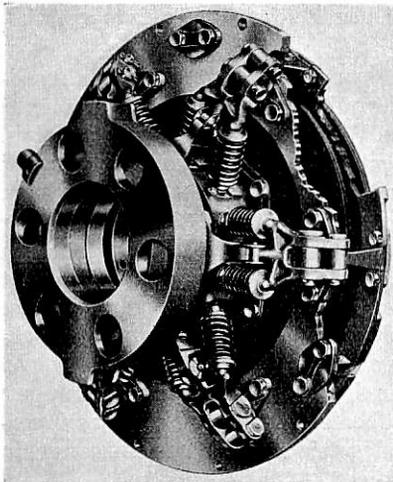


Abb. 11.

Kupplung des Leyland-Getriebes.

in nächster Zeit bei den französischen Bahnen in Betrieb genommen werden. Insgesamt hat Voith über 180 Getriebe, darunter solche bis zu 600 PS in einem Maschinensatz für Triebwagen und bis zu 1400 PS in einem Maschinensatz für Lokomotiven, in Auftrag und geliefert, wovon bis jetzt 70 erfolgreich im Betrieb stehen.

IV. Das Leyland-Getriebe.

Das Leyland-Getriebe, das schwedischen Ursprungs ist und auch Lysholm-Smith-Getriebe genannt wird, unter-

scheidet sich von den vorherbeschriebenen Getrieben vor allem durch den Wegfall jeder hydraulischen Kupplung; es stellt lediglich einen Drehmomentwandler dar. Abb. 10 gibt einen Querschnitt durch diesen Drehmomentwandler. Mit dem Schwungrad des Motors, dessen Welle mit P angedeutet ist, ist eine Zweistellungskupplung zusammengebaut, die in Abb. 11 für sich allein dargestellt ist. Die Treibscheibe M dieser Kupplung (Abb. 10) wird entweder nach rechts gegen die Kupplungsscheibe A oder nach links gegen die Kupplungsscheibe K gedrückt. In der rechten Stellung treibt die mit der Motorwelle P verbundenen Scheibe M über die Scheibe A und die Buchse B das Pumpenrad C des Wandlers an. Dieses setzt die Flüssigkeit in Umlauf, so daß sie nacheinander die Schaufelkränze T_1 , H_1 , T_2 , H_2 und T_3 durchströmt. Die Schaufelkränze H_1 und H_2 sind fest im Wandlergehäuse gelagert, die Kränze T_1 , T_2 , T_3 stellen die Turbine dar und laufen um. Sie treiben über die Buchse E die Abtriebswelle S an.

Das anfangs auf etwa das Fünffache gesteigerte Abtriebsdrehmoment sinkt bei zunehmender Geschwindigkeit der Abtriebswelle allmählich ab; sobald die Geschwindigkeit der Abtriebswelle etwa der der Motorwelle entspricht, wird die Kupplung nach links umgeschaltet. Der Wandler ist jetzt abgeschaltet; die Scheibe M treibt über die Scheibe K die das Getriebe durchdringende Welle L und somit die Abtriebswelle S unmittelbar an. Damit hierbei nicht die beweglichen Teile des Wandlers mit in Umlauf gesetzt werden, ist zwischen der die Turbine T_1 , T_2 , T_3 tragenden Buchse E und der Verlängerung R der Abtriebswelle S ein Freilauf F eingebaut.

Abb. 12 gibt noch einen perspektivischen Schnitt durch den Drehmomentwandler, dessen Wirkungsgradkurve ähnlich der der anderen Getriebe verläuft. Der Wirkungsgrad beträgt bei 4,5facher Drehmomentsteigerung über 70 v. H.; sein Höchstwert liegt bei etwa 86 v. H.

Eingebaut worden ist das Leyland-Getriebe bei einem Anfang 1934 bei der London Midland & Scottish Railway eingestellten Dieseltriebwagen. Bei diesem zweiachsigen Wagen, der 10,5 t wiegt und 40 Sitzplätze bietet, wird die eine Achse durch einen Dieselmotor von 130 PS, 2000 Umdr./Min. angetrieben. Der Motor ist mit dem Getriebe fest zusammengebaut (s. Abb. 13) und etwa in Wagenmitte an zwei Querträgern befestigt, und zwar unter der Mittelplattform, von der aus der Motor durch Klappen zugänglich ist. Der Antrieb der Achse vom Getriebe her erfolgt über Kegelrad- und Stirnradübersetzung. Auf der Treibachse sitzt ein Stirnrad, das durch ein Ritzel auf einer zur Treibachse parallelen Welle angetrieben wird. Das Ritzel ist verschiebbar, um es zwecks Umsteuerung der Fahrtrichtung wahlweise mit dem einen oder dem anderen von zwei auf seiner Welle sitzenden Kegelrädern kuppeln zu können; mit diesen Kegelrädern steht ein Kegelrad, das auf der vom Getriebe kommenden Welle fest aufgekeilt ist, in Eingriff.

Außen am Fahrzeugrahmen befindet sich der Vorratsbehälter des Flüssigkeitsgetriebes, das mit einer Mischung aus Paraffin und 5 v. H. Spindelöl oder Dieselöl arbeitet. Sämtliche Bedienungshebel im Führerstand mit Ausnahme des Handbremshebels sind auf einem kleinen, von einer Säule getragenen Schaltbrett untergebracht. Dieses enthält: Zwei Hebel für die Drossel- und die Bremsbedienung, einen Hebel für die elektropneumatische Steuerung der Kupplung des Getriebes, einen Hebel zur elektropneumatischen Fahrtrichtungseinstellung, zwei Druckknöpfe für Anlassen und Stillsetzen der Maschine, die üblichen Schalter zur Beleuchtung, Signalhorn, Scheibenwischer usw., zwei Vakuummesser, einen Drehzahlmesser für den Motor, ferner Anzeigegeräte für Öldruck, Kühlwassertemperatur des Öls im Getriebe. Auf die

weitere bauliche Ausbildung des Wagens einzugehen, würde hier zu weit führen.

im Getriebe eine als Strahlpumpe ausgebildete, mit dem Flüssigkeitsspeicherbehälter in Verbindung stehende Düse vorzusehen, deren Austrittsseite mit einem Raum niedrigeren Flüssigkeitsdruckes des Getriebes und deren Eintrittsseite mit einem Raum höheren Flüssigkeitsdruckes verbunden ist. Soweit diese Düse lediglich als Drucksteigerungsdüse wirksam ist, dient sie im wesentlichen dazu, den Innendruck im Gehäuse kräftig zu steigern. Neben dieser Eigenschaft als Drucksteigerungsdüse weist aber die Düse auch zeitweise die Eigenschaften als Strahlpumpe auf, und zwar dann, wenn sie flüssigkeitsfördernd in Wirkung tritt, wenn nämlich infolge von Leckverlusten der Flüssigkeitsinhalt des Getriebes sich verändert; in diesem Fall saugt die Strahlpumpe Flüssigkeit aus dem Behälter nach und fördert sie in das Innere des Getriebes.

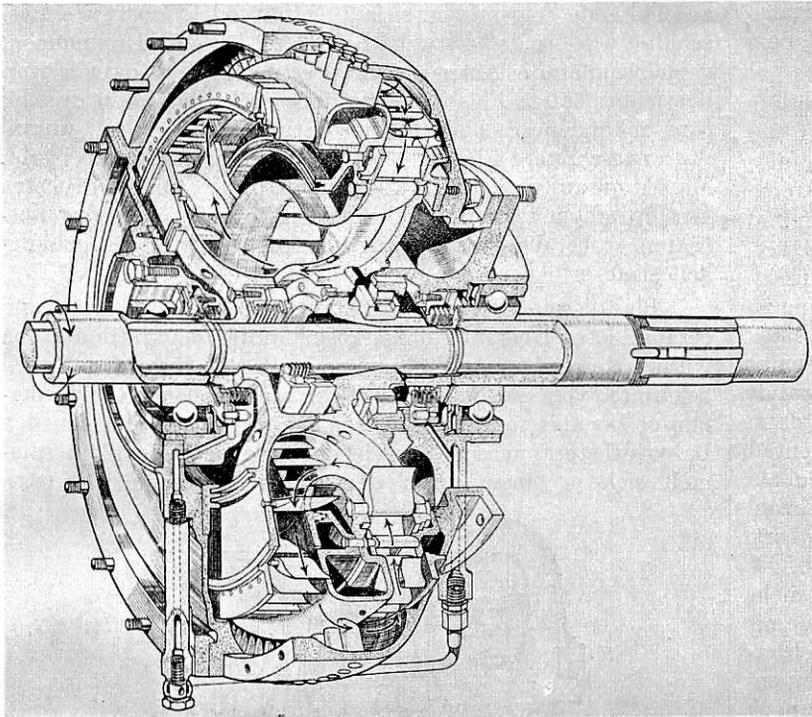


Abb. 12. Perspektivischer Schnitt durch das Leyland-Getriebe.

Ende Februar 1934 haben mit dem Triebwagen, von dem zunächst drei geliefert worden sind und dessen Höchstgeschwindigkeit 90 km/h beträgt, Versuchsfahrten auf der Strecke Euston—Watford stattgefunden. Dabei wurden Geschwindigkeiten von 32, 48, 64 und 80 km/h in 11, 20, 32 und 49 Sek. erreicht. Die Anfahrbeschleunigung wurde mit $0,99 \text{ m/s}^2$ festgestellt gegenüber $0,3 \text{ m/s}^2$ beim Dampftriebwagen und etwa $0,45 \text{ m/s}^2$ beim Motoromnibus. Das Gewicht des Triebwagens beträgt 267 gegenüber 457 kg/Sitzplatz beim Dampftriebwagen.

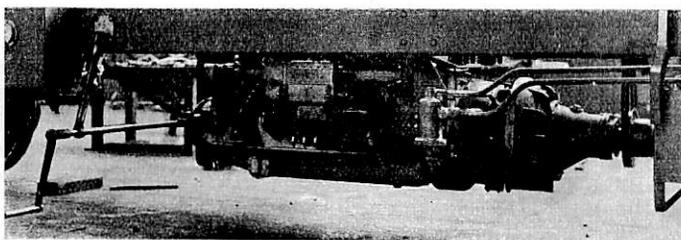


Abb. 13. Einbau des Leyland-Getriebes.

In diesem Zusammenhang sei noch bemerkt, daß das Leyland-(Lysholm)-Getriebe im deutschen Patent 557774 der Klasse 63c eingehend beschrieben ist. Noch ein weiterer Vorschlag von Lysholm, das deutsche Patent 578786 der Klasse 63c verdient Erwähnung; einmal ist hier angegeben, wie die Kühlung der Arbeitsflüssigkeit vorgenommen werden kann. Die in dem Flüssigkeitsgetriebe verlorene Energie wird größtenteils in Wärme umgesetzt und erhöht die Temperatur der Flüssigkeit. Lysholm zapft daher das Gehäuse des Getriebes zwischen der Turbinenschaufelreihe T_1 und der feststehenden Schaufelreihe H_1 (Abb. 10) an, so daß ein Teil der Flüssigkeit einen Kühler durchströmt; dieser Teil der Flüssigkeit tritt dann in der Nähe des Pumpenrades wieder in das Gehäuse zurück. Weiterhin schlägt Lysholm in dem genannten Patent vor, zwecks Aufrechterhaltung des inneren Überdruckes

V. Das Dellread-Getriebe.

Dieses Flüssigkeitsgetriebe englischer Herkunft hat mit dem letztbeschriebenen Getriebe gemeinsam, daß es nur einen Getriebekreislauf aufweist; es unterscheidet sich jedoch von jenem wie auch den beiden anderen vorerwähnten Getriebearten grundsätzlich dadurch, daß die Schaufeln des zwischen Pumpen- und Turbinenrad angeordneten Leitapparates verstellbar sind. Der Aufbau und die Arbeitsweise des Getriebes seien an Hand der Abb. 14 und 15 erläutert. Mit der vom Motor kommenden treibenden Welle W_p (Abb. 14) ist das Pumpenrad A verbunden. Zwischen diesem und dem Turbinenrad C ist das Schaufelrad B angeordnet, das mit dem Sonnenrad des Umlaufrädergetriebes D verbunden ist. Das Turbinenrad C steht mit dem Laufrad des Umlauf-

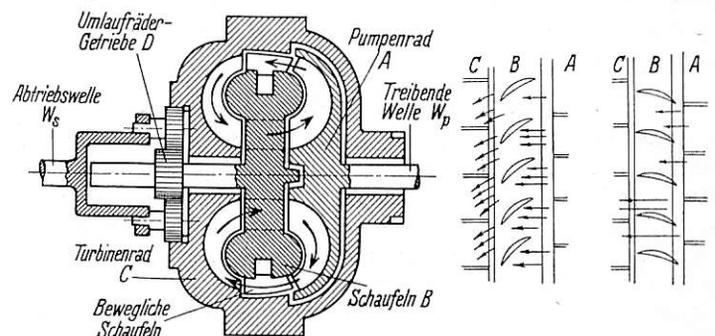


Abb. 14. Grundsätzlicher Aufbau des Dellread-Getriebes.

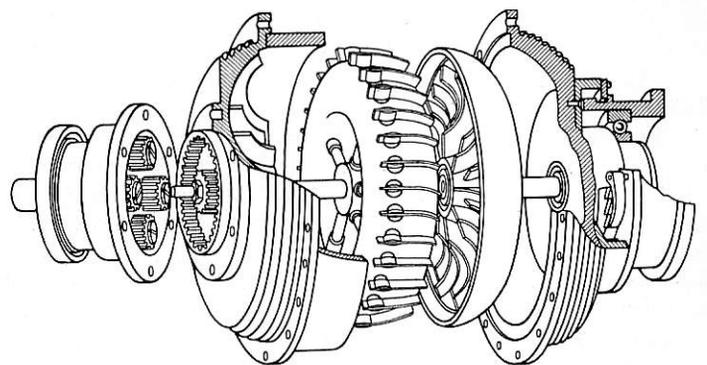


Abb. 15. Das Dellread-Getriebe.

rädergetriebes, der Umlaufräderträger mit der zum Achsantrieb bzw. Wendegetriebe führenden Abtriebswelle W_s in Arbeitsverbindung. Der Rückwärtslauf des Turbinenrades der Kupplung wird durch einen Freilauf verhindert. Die gekrümmten Schaufeln des Schaufelrades B sind an radialen Zapfen drehbar gelagert; die inneren Enden der Zapfen sind

abgeflacht und die abgeflachten Teile liegen an einem federbelasteten Ring an, welcher die Verdrehung der Federn zu verhindern sucht. Die Drehachse der Schaufeln liegt in der Nähe der Schaufelenden, so daß die Schaufelenden nicht ausbalanciert sind. Die größere Schaufellänge liegt dabei dem Pumpenrad zugekehrt.

Beim Anlaufen des Pumpenrades trifft die aus dessen Zellen herausgeschleuderte Flüssigkeit auf die Schaufeln des Schaufelrades und auf die Zellen des Turbinenrades. Infolge seiner Anordnung im Getriebe und seiner Verbindung mit dem Sonnenrad des Umlaufrädergetriebes kann das Schaufelrad leichter als das mit Laufring des Umlaufrädergetriebes verbundene Turbinenrad gedreht werden. Der Druck der Flüssigkeit zwingt die Schaufeln, sich entgegen der Federbelastung zu verdrehen (s. Abb. 14, Mitte), wodurch die Flüssigkeit nach hinten gegen die Wände der Zellen des Turbinenrades abgelenkt wird. Sobald ein entsprechendes Drehmoment aufgewandt wird, beginnt das Schaufelrad sich zu drehen und wirkt dann als Laufrad einer Reaktionsturbine, wobei das Turbinenrad die Rolle des Turbinenschaukelkranzes übernimmt. Sobald sich nun infolge Verminderung der Belastung die Drehzahl des Schaufelrades derjenigen des Pumpenrades annähert, stellen sich die Schaufeln allmählich wieder gerade (Abb. 14, rechts). Die Flüssigkeit trifft also das Turbinenrad mehr gerade, bis endlich letzteres in Drehung versetzt wird und damit die Drehzahl der Abtriebswelle weiter erhöht. Allmählich erreicht die Drehzahl des Turbinenrades diejenige des Pumpenrades, d. h. die Drehzahl des Laufringes erreicht nach und nach die Drehzahl des Sonnenrades. Wenn alle Teile gleichlaufen, hat man unmittelbaren Antrieb. Dieses Getriebe stellt also gewissermaßen eine Vereinigung von Wandler- und Kupplungsteil in einem Getriebekreislauf dar.

Bei Triebwagen eingebaut worden ist dieses Getriebe bisher noch nicht, jedoch sind Versuche in dieser Richtung im Gang und es sollen sich namhafte englische Fahrzeugfabriken lebhaft für das Getriebe interessieren.

VI. Dreistufiges Flüssigkeitsgetriebe.

Ein dreistufiges Flüssigkeitsgetriebe für Fahrzeugantrieb ist von Dr. Ing. Föttinger im deutschen Patent 538018 der Klasse 20b angegeben worden (Abb. 16). Hier ist die Antriebswelle 1, die sämtliche Pumpenräder trägt, gleichachsig mit der Abtriebswelle 2 im Fahrzeugrahmen gelagert. Das Flüssigkeitsgetriebe A größten Durchmessers dient zur selbsttätigen Kraftsteigerung bei kleinster Geschwindigkeit und größter Zugkraft, wie sie beim Anfahren und auf großen Steigungen erforderlich ist, und ist zweistufig. Es besteht aus dem Pumpenrad 3, dem ersten Turbinenrad 4, dem festen Leitrad 5 und dem zweiten Turbinenrad 6.

Für die nächsthöhere Fahrstufe dient das einstufige Flüssigkeitsgetriebe B, das aus dem Pumpenrad 7, dem Turbinenrad 8 und dem festen Leitrad 9 besteht. Der ganz oder zum Teil in waagerechter Ebene geteilte Sekundärteil 8, 10, 11 dieses Flüssigkeitsgetriebes bildet zugleich das Gehäuse, das den umlaufenden Flüssigkeitsinhalt umschließt. Die Außenseite der zuletzt genannten Teile läuft also in Luft, so daß die Flüssigkeitsreibung am Umfange vermieden ist. Um ein Herausspritzen der Flüssigkeit bei dem Entleeren des Kreislaufes zu vermeiden, ist ein an das feste Gehäuse 12 anschließendes Blechgehäuse 13 vorgesehen, welches jedoch nie vollgefüllt wird.

Für die höchste Fahrstufe, d. h. die geringste Untersetzung, dient das Flüssigkeitsgetriebe C, bestehend aus dem Pumpenrad 15 und dem Turbinenrad 16 ohne festen Leitschaukelkranz und ohne festes Gehäuse. Bei diesem Flüssigkeitsgetriebe läuft das Turbinenrad nur mit geringem Schlupf um, so daß das Getriebe als elastische Kupplung wirkt.

Beim Übergang von einer Übersetzungsstufe auf eine beliebige andere arbeitet hier zunächst das bereits tätige und daher gefüllte Flüssigkeitsgetriebe weiter, während der anzuschaltende folgende Kreislauf gefüllt oder sonstwie eingeschaltet wird, so daß zeitweise beide Kreisläufe ihr Drehmoment gemeinsam an die Abtriebswelle übertragen. Erst danach wird das früher tätige Flüssigkeitsgetriebe entleert, was in drei bis fünf Sekunden geschieht, oder sonstwie ausgeschaltet, worauf das angeschaltete Flüssigkeitsgetriebe allein in Betrieb bleibt. Man kann auf diese Weise die Umschaltung von der höchsten Geschwindigkeitsstufe auf die niedrigste und umgekehrt ausführen, wobei die Umschaltung über die mittlere Geschwindigkeitsstufe erfolgen kann.

Bei diesem Betriebsverfahren wird ein stoßfreier und geräuschloser Übergang ohne Absinken der Zugkräfte auf den Nullwert erreicht. Als Füllpumpe kann eine für diesen Zweck bekannte, von der Antriebswelle 1 angetriebene Rückförderpumpe benutzt werden. Die aus dem Kreislauf und den den Labyrinthstopfbuchsen entweichende Betriebsflüssigkeit sammelt sich in einem unter dem Getriebe liegenden Kasten

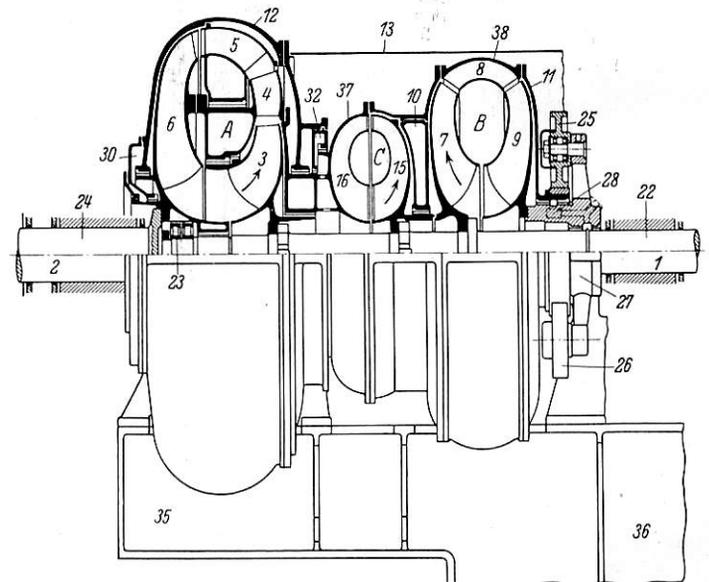


Abb. 16. Dreistufiges Flüssigkeitsgetriebe, Bauart Föttinger.

35, 36, der auch zur Versteifung des Fahrzeugrahmens benutzt werden kann. Um die Unterbringung eines solchen Getriebes auf einer Lokomotive zu ermöglichen, ist die Antriebswelle in einem Gleitlager 22 und an ihrem freien Ende in einem rost-sicheren Wälzlager 23 gelagert, das in einem durch Labyrinthstopfbuchsen abgeschotteten Raum innerhalb des Turbinenrades 6 des Kreislaufes A liegt. Der Sekundärrotor ist links mit seiner Welle 2 im Gleitlager 24, rechts auf drei oder vier am Rahmen fest gelagerten Rollen 25, 26 gelagert. Mit dem festen Rollenträger 27 ist ein Hohlzylinder 28 verbunden, der von außen in den Kreislauf B ragt und innen das feste Leitrad 9 trägt. Durch Kanäle in dem Hohlzylinder 28 wird zweckmäßig auch das Einfüllen der Flüssigkeit in den Kreislauf B ausgeführt. Zum Einfüllen der Flüssigkeit in den Kreislauf A dient eine Einfüllkammer 30. Der Kreislauf C wird durch eine Kammer 32 gefüllt. Als Steuerglied zum Füllen und Entleeren der Kreisläufe dient ein besonderer, in der Abbildung nicht dargestellter Steuerschieber, der durch Druckflüssigkeit aus der Rückförderpumpe bewegt und vom Führer durch ein kleines Steuerventil von Hand betätigt wird.

Infolge Fehlens von starren Kupplungen eignet sich das neue Getriebe besonders für große Leistungen (Großdiesellokomotiven); gegenüber anderen Getrieben zeichnet es sich durch besonders guten Wirkungsgrad aus.

VII. Fahrzeugantrieb mit auf der Achse bzw. Blindwelle angeordnetem Flüssigkeitsgetriebe.

Eine besondere Art des Antriebs mit Flüssigkeitsgetriebe ist diejenige Bauform, bei der ein oder mehrere Flüssigkeitsgetriebe auf der Achse bzw. auf einer Blindwelle angeordnet sind. Die bisher für diesen Fall vorgeschlagene Anordnung, bei der die Abtriebsräder auf der Fahrzeugachse oder der Blindwelle und die Antriebsräder drehbar auf ihr gelagert sind, bringt mehrere Nachteile mit sich. Durch die im Betrieb auftretenden Formänderungen der Fahrzeugachse oder der Blindwelle wird die genaue Lage der auf ihr befestigten bzw. gelagerten Abtriebs- und Antriebsräder zu den im Achsgehäuse

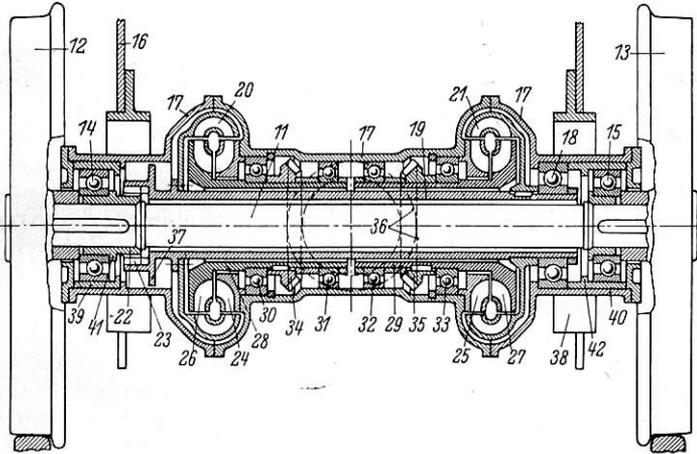


Abb. 17. Fahrzeugantrieb mit auf der Achse bzw. Blindwelle angeordnetem Flüssigkeitsgetriebe.

sitzenden Leiträdern gestört, was vor allem für die Labyrinthdichtungen schädlich ist. Ferner muß bei Anordnung der Flüssigkeitsgetriebe auf der Fahrzeugachse der von diesem verursachte beträchtliche Axial Schub von den Achslagern aufgenommen werden, die besonders bei hohen Geschwindigkeiten durch senkrechte und seitliche Stöße bereits hoch beansprucht sind. Schließlich ist es sehr unerwünscht, daß bei einem Ausbau der Achse mit den Rädern bzw. der Blindwelle mit den Kurbeln stets die ganze Antriebseinrichtung zerlegt oder die Achse mit Antrieb und Gehäuse aus dem Laufwerk entfernt werden muß.

Bei einer von Dr. Ing. Föttinger, Dipl.-Ing. Kruckenberg und Dipl.-Ing. Stedefeld im deutschen Patent 581784 der Klasse 20b vorgeschlagenen Anordnung werden die vorerwähnten Nachteile vermieden. Hier trägt (Abb. 17) die Fahrzeugachse 11 mit den abziehbaren Rädern 12 und 13 zwei Hauptlager 14 und 15, durch die sich das im Fahrzeugrahmen 16 geführte Gehäuse 17 auf die Achse 11 abstützt. Neben dem Hauptlager 15 sitzt in dem Gehäuse ein Lager 18, durch das eine Hohlwelle 19 konzentrisch zu der Achse 11 gehalten wird. Auf dieser Hohlwelle 19 sind die Turbinenräder 20 und 21 zweier Flüssigkeitsgetriebe befestigt, von denen das eine für Vorwärts-, das andere für Rückwärtsfahrt dient. Die

Abtriebswelle 19 stützt sich an ihrem anderen Ende auf das an der Achse 11 befestigte Zwischenstück 22, wodurch auch hier ihre konzentrische Lage zur Achse 11 gesichert ist. Das Drehmoment der Abtriebswelle 19 wird durch eine Verzahnung 23 auf das Zwischenstück 22 und somit auf die Achse 11 übertragen. Die Leiträder 24 und 25 der Getriebe sind am Gehäuse 17 befestigt, während die Pumpenräder 26 und 27 auf den hohlen Antriebswellen 28 und 29 sitzen, die durch Lager 30 und 31 bzw. 32 und 33 im Gehäuse 17 gelagert sind. Der Antrieb der Antriebswellen erfolgt durch die auf ihnen befestigten Kegelräder 34 und 35, die mit dem treibenden, ebenfalls im Gehäuse 17 gelagerten Kegelrad 36 in Eingriff stehen.

Es ist ohne weiteres klar, daß die Achse 11 sich nunmehr frei durchbiegen kann, ohne die Lage der übrigen Antriebsteile zu beeinflussen. Die einzige unmittelbare Berührungsstelle bildet die Verzahnung 23, die aber selbst bei größeren Achsdurchbiegungen nur so winzige Bewegungen macht, daß die Lage der Hohlwelle 19 sich praktisch nicht verändert. Wegen der hierbei auftretenden Schrägstellung des Zwischenstückes 22 ist es jedoch erforderlich, dessen Zahnflanken schwach gewölbt auszuführen. Im übrigen sind alle drehbaren Teile des Antriebs und auch die festen Leiträder 24 und 25 in dem sehr steifen Gehäuse 17 gelagert, wodurch ein einwandfreies Zusammenarbeiten dieser Teile mit gleichbleibend kleinem Dichtungsspiel gesichert ist. Der von den Getrieben verursachte Axial Schub wird einerseits von den Lagern 30 und 33, andererseits von dem Lager 18 aufgenommen und unmittelbar auf das Gehäuse 17 übertragen. Die Achslager 14 und 15 sind also frei von allen zusätzlichen Beanspruchungen.

Ein Ausbau der Achse 11 mit ihren Lagern 14 und 15 kann nach Abziehen eines oder beider Räder vorgenommen werden, ohne daß der Zusammenbau aller übrigen Teile irgendwie gestört würde. An dem die Verzahnung 23 tragenden Ende würde allerdings die Hohlwelle 19 nach Entfernen des auf Achse 11 sitzenden Zwischenstückes 22 ihren Halt verlieren, was jedoch durch den ihr angeordneten Stützflansch 37 verhindert werden kann. Bei eingebauter Achse läuft dieser Flansch mit ganz geringem radialem Spiel frei in dem Gehäuse 17 und legt sich bei Ausbau der Achse 11 auf die Innenfläche des Gehäuses, wodurch die Lage der Hohlwelle 19 genügend zentrisch gehalten wird. Um ein gewisses Seitenspiel der Achslager 14 und 15 gegenüber den Achsgabelführungen 38 zu schaffen, sind die Achslager 14 und 15 innerhalb der Hülsen 39 und 40 um einen gewissen Betrag nach jeder Seite bis zu den Anschlägen 41 und 42 verschiebbar.

Abschließend sei noch auf das britische Patent 407510 von Dr. Ing. Föttinger, Dipl.-Ing. Kruckenberg und Dipl.-Ing. Stedefeld hingewiesen, das zahlreiche bemerkenswerte Vorschläge für die Anordnung des Flüssigkeitsgetriebes angibt, z. B. auch Anordnungen des Flüssigkeitsgetriebes auf einer parallel zur Treibachse angeordneten Vorgelegewelle, wobei das Getriebe nach Art eines Katzenlagermotors aufgehängt ist. Leider verbietet der hier zur Verfügung stehende Raum eine eingehende Beschreibung auch dieser Bauarten.

Umbau einer Triebwagenladeanlage für Eilaufladung.

Von Regierungsbaurat Ernst Müller, Saarbrücken.

Die neueren Bestrebungen zur Auflockerung des Personenverkehrs, kleinere Einheiten in öfterer Folge statt weniger großer Personenzüge einzusetzen, haben die Frage eines schnelleren Aufladens von Triebwagenspeichern nahegelegt. Während bisher mit Rücksicht auf vermeintliche Schädigungen der Bleizellen die Höhe des Ladestromes stark begrenzt wurde, zeigen die Untersuchungen von Lange*), daß es durchaus

möglich ist, Speicher ohne nachteilige Einwirkung mit sehr hohen Strömen zu laden und damit die Ladezeit auf ein Mindestmaß herabzudrücken.

In Anlehnung an diese Untersuchungen sowie mit Hilfe einer Anzahl von Ladeversuchen, die eigens hierfür im Laboratorium der „AFA“ dankenswerterweise vorgenommen und deren Ladekurven (Abb. 1 bis 3) mir zur Verfügung gestellt wurden, wurde untersucht in welcher Weise die alte

*) Lange, Elektrotechn. Z. 1932, S. 716.

nicht mehr leistungsfähige Speicherladeanlage im Hauptbahnhof Saarbrücken am wirtschaftlichsten ohne Aufwendung größerer Mittel leistungsfähiger gestaltet werden konnte. Es wurden hierbei verschiedene Ladeweisen auf ihre Ladedauer und Wirtschaftlichkeit hin kritisch geprüft und eine für die gegebenen Verhältnisse zweckmäßigste Ladeweise gefunden. Aus den bei den Untersuchungen gewonnenen Erkenntnissen wurden einige Schlußfolgerungen gezogen, die den zukünftigen Ladebetrieb der Triebwagenspeicher möglichst wirtschaftlich gestalten sollen.

Die genannte Triebwagenladeanlage dient zur Versorgung zweier Speichertriebwagen, die im Nahverkehr der Saar Großstadt eingesetzt sind. Die beiden Triebwagen stammen aus dem Jahre 1911 und waren ursprünglich mit einem Speicher der Gattung 6 G C 185 mit einer Kapazität von 560 Ah bei fünfstündiger Entladung und einem Fahrbereich von 130 km ausgerüstet. Zur Vergrößerung des Fahrbereiches wurde dieser Speicher späterhin durch einen solchen der Gattung 8 T M 450 (Kapazität: 715 Ah, Fahrbereich 165 km) ersetzt, der im Jahre 1928 auf 8 T M 645 (Kapazität: 1084 Ah, Fahrbereich 300 km) verstärkt wurde. Heute kann somit jeder Triebwagen einen Fahrbereich von 300 km bewältigen.

Die Triebwagenladeanlage war dem ursprünglich eingebauten Speicher 6 G C 185 angepaßt. Sie leistete entsprechend der bisherigen Ladepflogenheit, bei der die höchstzulässige Ladestromstärke nicht größer als der dreistündige Entladestrom sein durfte, 80 kW. Der zur Ladung nötige Strom wird entnommen dem Gleichstromnetz des Hauptbahnhofs Saarbrücken, das von einem bahneigenen Drehstrom-Gleichstromumformer von 300 kW-Leistung versorgt wird. Die im Netz herrschende Spannung von 220 V wurde durch eine Zusatzmaschine — Gleichstrommotor und Gleichstromgenerator — auf die jeweils zur Überwindung der Klemmen- und Polarisationsspannung nötige Ladespannung von 360 bis 430 V bzw. 445 V gebracht. Maßgebend für die Höhe des Stromes, der den einzelnen Zellen zugeführt werden konnte, war die Leistung der Zusatzmaschine. Sie vermochte bei einer Leistung von rund 40 kW nur einen Höchststrom von 200 A abzugeben. Dieser geringe zur Verfügung stehende Ladestrom bedingte für eine Ausgleichladung bei den jetzt in den Wagen eingebauten Speichern 8 T M 645 eine Ladezeit von 6 bis 8 Std.

Wie die angegebenen Ladeversuche, die an einer Zelle der Speichergattung 8 T M 645 vorgenommen wurden, zeigen, kann diese Ladezeit durch Änderung der Ladeweise stark verkürzt werden. In Abb. 1 bis 3 sind die Ladekurven dreier verschiedener Lademethoden, und zwar der bisherigen Ladeweise, der sogenannten Schnellademethode sowie einer dritten Ladeweise, die für die hier vorliegenden Verhältnisse am besten geeignet schien, aufgezeichnet. Strom und Spannung sind in Abhängigkeit von der Zeit eingetragen. Über der Stromkurve sind die halbstündlich eingeladenen Strommengen im Hundertsatz der vorher entnommenen Amperestunden angegeben. Die angegebenen Zahlen beziehen sich hierbei auf eine vorherige fünfstündige Entladung. Weiterhin sind dargestellt die Kurven der durch die Gasentwicklung beim Laden entstandenen Verluste. Aus den Lade- und Gasverlustkurven sind die Kurven der in jedem Zeitabschnitt tatsächlich im Speicher zu Verfügung stehenden Strommengen d. h. die jeweilig eingeladenen Strommengen abzüglich der Gasverluste errechnet und aufgezeichnet worden, und zwar ebenso wie die Gasverlustkurven in prozentualer Abhängigkeit von den vorher entnommenen Strommengen. Nicht berücksichtigt sind wegen Fehlens geeigneter Instrumente die bei der Ladung auftretenden Wärmeverluste, die wegen ihrer Geringfügigkeit die Untersuchungsergebnisse kaum wesentlich beeinflussen dürften. Alle Versuche wurden an gleich neuen Elementen vorgenommen, so

daß die einzelnen Ladeweisen ohne weiteres vergleichbar sind. Schlüsse auf die Höhe der Aufladung und die Größe des Güte- und Wirkungsgrades einer Ladeweise an sich sind nur möglich unter Berücksichtigung des Alters der Zelle. Da die mit der Zeit einsetzende Sulfatierung der Platten und die Veränderungen auf der Oberfläche der negativen Platte die Höhe der Spannungslage und der Gasabscheidung beeinflussen, können sich die weiter unten angegebenen Zahlenwerte für Aufladung und Wirkungsgrad je nach Alter der Zelle um einige Prozent nach oben bzw. nach unten verschieben.

Abb. 1 zeigt, wie sich bei der bisherigen Ladeweise die Strom-, Spannungs- und Temperaturverhältnisse mit zunehmendem Ladezustand in einer Zelle der Gattung 8 T M 645 ändern. Die vollentladene Zelle wird mit dem zur Verfügung stehenden Strom von 200 A geladen. Um die Stromstärke konstant halten zu können, muß die Spannung allmählich heraufgesetzt werden. Zu Beginn der Ladung hat die Klemmenspannung einen Wert, der der elektromotorischen Kraft der entladenen Zelle, vermehrt um das Produkt aus Stromstärke und innerem Widerstand des Elementes, entspricht. Mit zunehmender Ladung setzt eine starke Konzentrationsvermehrung im Innern der Platten ein, durch die eine dauernde Steigerung der elektromotorischen Kraft der Zelle hervorgerufen wird. Die Ladespannung muß deshalb allmählich von 2,14 V auf 2,4 V heraufgesteigert werden. Hierbei nimmt der Sulfatgehalt der Platten immer mehr ab, bis schließlich für die Umsetzung nicht mehr genügend Sulfat vorhanden ist. Es tritt zuerst langsam, dann in immer steigendem Umfang eine Zersetzung des Wassers ein. An der negativen Platte bildet sich Wasserstoff, an der positiven Sauerstoff. Die hierdurch entstehende Polarisationsspannung ist der Ladespannung entgegengesetzt und wächst mit zunehmender Ladung. Um nun einerseits der verdichteten Schwefelsäure in den Poren der Platten genügend Zeit zum Ausgleich mit der übrigen verdünnten Säure zu geben und andererseits eine zu starke Gasentwicklung gegen Ende der Ladung zu unterbinden, wird die Stromstärke bei Erreichung der sogenannten Gasspannung von 2,4 V auf 80 A herabgesetzt. Die Spannung, die anfänglich bei Rückgang des Stromes konstant gehalten werden kann, muß, um die Zelle mit 80 A zu Ende laden zu können, bis auf 2,65 V heraufgesetzt werden.

Aus den einzelnen Kurven der Abb. 1 lassen sich die folgenden Werte ablesen:

Zusammenstellung 1.

Ladung in % der vorher entnommenen Strommenge einschl. der Gasverluste	Ein- geladene Strom- menge in Ah	Auf- gewandte Arbeit in Wh	Ampere- stunden Gütegrad in %	Watt- stunden Wirkungs- grad in %
10	108	231	100	
20	217	464	100	
30	325	698	100	
40	434	935	100	
50	542	1173	100	
60	650	1412	99,9	
70	759	1657	99,9	
80	867	1903	99,9	
90	976	2157	99,7	
100	1084	2431	99,0	86,0
110	1192	2773	90,8	76,1
115	1247	2940	86,9	71,8
120	1301	3193	83,3	68,0
100 nach Abzug der Gasverluste	1106	2492	98,0	84,7

Aus den Ladekurven und der vorstehenden Zusammenstellung ist folgendes zu ersehen: Bis zu einer Aufladung von 37% wird die eingesandte Strommenge verlustlos aufgespeichert, bei weiterer Ladung treten Gasverluste ein, die sich aber nur in kleinen Grenzen bewegen und erst bei Erreichung einer Spannung von 2,4 V bzw. bei einer rund 90%igen Aufladung, schnell emporwachsen. Nach Aufladung von 102% sind bei Berücksichtigung der Gasverluste wieder 100% der vorher entnommenen Strommenge aufgespeichert. Diese Vollauffüllung dauert 6 Std. Bei einer Aufladung von über 102% kann keine Energie mehr aufgespeichert werden. Während zu Beginn der Ladung für die Aufspeicherung von 10% der vorher entnommenen Strommenge 231 Wh nötig sind, steigt diese Arbeit gegen Ende des Ladevorganges auf 342 Wh. Ein Mehr also von 111 Wh; für den ganzen Speicher ein solches von 18,7 kWh. Mit dem Anwachsen der Gasverluste fällt der Gütegrad der Aufladung, d. h. das Verhältnis aufgespeicherter zu hineingesandter Strommenge. Das vorliegende Element hat bei Vollauffüllung und fünfständigem Entladestrom eine Kapazität von 1084 Ah. Der Gütegrad der Aufladung ist hierbei 98%. Der Wirkungsgrad, d. h. das Verhältnis aufgespeicherter zu hineingesandter Arbeit beträgt bei Vollauffüllung 84,7%.

Entsprechend der Ladekurve für ein Element vollzog sich auch die Ladung des 168zelligen Speichers. Der entladene Speicher wurde in Hintereinanderschaltung der einzelnen Zellen zu Beginn der Ladung mit einer Spannung von 360 V beschickt, die bis zum Ende der Ladung auf 445 V gesteigert wurde. Die Spannungserhöhung wurde vorgenommen durch Feldveränderung der Zusatzmaschine. Die Zusatzmaschine arbeitete mit einem Wirkungsgrad von 83%. Da sie bei Vollauffüllung 42% der zur Ladung der Batterie nötige Leistung aufnahm, so war der elektrische Wirkungsgrad der Anlage um 7,9% niedriger als der Wattstundenwirkungsgrad. Er betrug bei einer Vollauffüllung 78,0%.

Diese Art der Ladung hatte den Nachteil, daß sie eine sehr lange Ladezeit hatte und somit den Triebwagen über einen Zeitraum der annähernd so groß war wie seine Betriebszeit zum Stillager zwang. Die wirtschaftliche Ausnutzung des für Triebwagen und Ladestation aufgewendeten Kapitals war dadurch nur sehr gering; die Belastung durch den Kapitaldienst betrug rund 40% der Gesamtkosten des Triebwagendienstes. Andererseits hatte diese Ladeweise den Vorteil, daß sie mit einem günstigen Wattstundenwirkungsgrad arbeitete, da durch das langsame Laden mit niedrigem Strom die Gasverluste spät auftraten und daher bei Erreichung der Gasspannung eine verhältnismäßige große Strommenge chemisch als Bleischwamm und Bleisuperoxyd aufgespeichert war. Durch den schlechten Wirkungsgrad der Zusatzmaschine wurde allerdings dieser Vorteil nicht nur illusorisch gemacht, sondern sogar ins Gegenteil gekehrt. Es mußte deshalb versucht werden, eine andere Ladeweise zu finden, die ohne Verschlechterung des Gesamtwirkungsgrades der Anlage eine schnellere Ladung gestattete.

Die Schnellladeweise besteht darin, daß der Batterie von Anfang an eine Spannung, die gleich der Gasspannung ist, aufgedrückt wird und diese Spannung gleichmäßig bis zum Schluß der Ladung beibehalten wird. Abb. 2 zeigt, in welcher Weise die Ladung vor sich geht. Da der innere Widerstand des entladenen Elementes bei Beginn der Ladung sehr gering ist und die elektromotorische Gegenkraft nur rund 2 V beträgt, so tritt beim Einschalten ein Stromstoß von rund 1300 A auf, der aber in ganz kurzer Zeit infolge der Polarisationsspannung des Elementes und durch den Widerstand der Leitungen und der Verbindungsstellen des Elementes auf

1000 A sinkt. Mit Zunahme der der Ladespannung entgegengesetzt wirkenden Spannungen sinkt der Strom weiter, um zum Schluß der Ladung mit 10 bis 20 A abzuklingen.

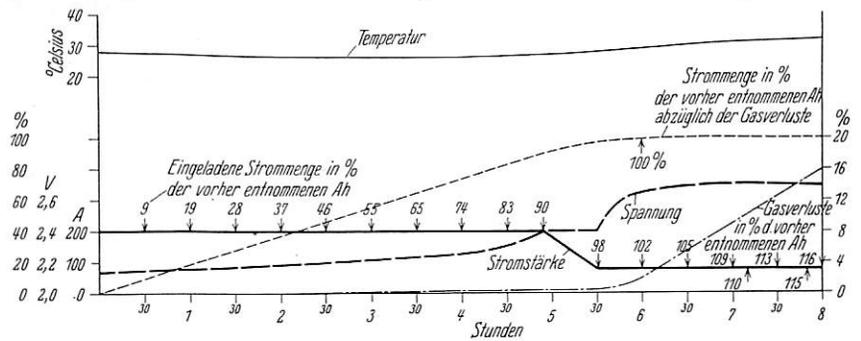


Abb. 1. Ladung mit abgestuftem Strom 200/80 Amp.

Aus Abb. 2 sind in gleicher Weise wie aus der vorhergehenden Abbildung folgende Werte ermittelt:

Zusammenstellung 2.

Ladung in % der vorher entnommenen Strommenge einschl. der Gasverluste	Ein-geladene Strom-menge in Ah	Auf-gewandte Arbeit in Wh	Ampere-stunden Gütegrad in %	Watt-stunden Wirkungs-grad in %
10	108	260	100	
20	217	520	99,9	
30	325	780	99,9	
40	434	1041	99,9	
50	542	1301	99,8	
60	650	1561	99,8	
70	759	1821	99,8	
80	867	2081	99,7	
90	976	2342	99,4	
100	1084	2602	98,8	80,2
100 nach Abzug der Gasverluste	1098	2635	98,7	80,0

Ein Vergleich mit dem erstgenannten Ladeverfahren zeigt, daß die Ladezeit bei der Schnellladung nur mehr ein

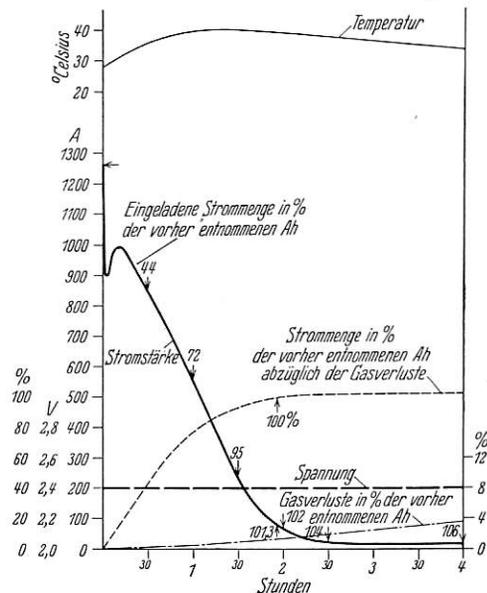


Abb. 2. Ladung mit konstanter Spannung 2,4 Volt.

Bruchteil der vorhergehenden Ladeweise beträgt. Eine Vollauffüllung ist in 116 Minuten, eine 80%ige in 65 Minuten beendet.

Die Gasverluste beginnen bereits frühzeitig nach einer Aufladung von 15% in Erscheinung zu treten, halten sich aber zum Schluß der Ladung in kleineren Grenzen als bei dem eingangs genannten Ladeverfahren. Der Gütegrad ist dementsprechend im ersten Ladestadium schlechter als vorher während er gegen Ende des Ladevorgangs besser wird. Die zum Einladen einer gewissen Strommenge nötige Arbeit ist beim Schnellladen größer als beim langsamen Laden. Während im ersten Falle zur Volladung, d. h. für eine 100%ige Ladung nach Abzug der Gasverluste 2492 Wh gebraucht werden, bedarf es hier einer Arbeit von 2635 Wh. Das bedeutet für den ganzen Speicher ein Mehraufwand von 24 kWh. Zu erklären sind die Verluste beim Schnellladen einmal durch die größere Wärmeentwicklung, die nicht mehr in nutzbare Energie umgewandelt werden kann. Zum anderen ist anzunehmen, daß durch die Übersättigung der Zelle mit Strom dieser nicht genügend Masse zum Umsetzen vorfindet, so daß ein Teil der eingeleiteten Energie bereits zu Anfang der Ladung nutzlos zur Vergasung von Wasser verbraucht wird. Als letztes kommt hinzu, daß die bereits beschriebenen Erscheinungen, die den ersten Stromstoß mildern, aber ebenfalls Energie verbrauchen, nicht mehr in nutzbare Arbeit umgesetzt werden. Der Wattstundenwirkungsgrad beträgt bei Volladung 80% gegen 84,7% der vorhergehenden Ladeweise. Demgegenüber steht ein Zeitgewinn von 4 Std.

Um das Schnellladen bei der hiesigen Triebwagenlade-stelle durchzuführen, wäre die Beschaffung einer Gleichrichteranlage von 450 kW nötig gewesen. Da der Gleichrichter mit geringeren Energieverlusten arbeitet als der vorhandene Umformer, so hätte sich trotz des kleineren Wattstundenwirkungsgrades eine Verbesserung des Energieumsatzes für die Gesamtanlage erzielen lassen. Durch die hohen Beschaffungskosten und die damit verbundene Belastung durch Zinsen- und Abschreibungsdienst wären allerdings die Betriebskosten für den Triebwagendienst derart gestiegen, daß die Vorteile, die die Verbesserung der Ladezeit brachte, gegenstandslos geworden wären. Es war also nicht wirtschaftlich den Gedanken der verkürzten Ladezeit entsprechend dem beschriebenen Schnellladeverfahren bis zur letzten Auswirkung zu verfolgen, wohl aber schien es zweckmäßig, aus den gewonnenen Erkenntnissen eine Ladeweise zu finden, die unter den gegebenen Verhältnissen eine möglichst Verkürzung der Ladezeit ohne die Aufwendung größerer Geldmittel möglich machte. Diese Lösung wurde erreicht durch Ladung der Triebwagen-speicher unmittelbar vom Netz.

Zur Verfügung steht Gleichstrom von 220 V, die Zuführungskabel zur Ladestation sind zur Aufnahme einer Stromstärke von 1200 A bemessen. Es besteht somit die Möglichkeit, die beiden Speicherhälften des Triebwagens von je 84 Zellen in Nebeneinanderschaltung mit einem Strom bis zu 600 A zu beaufschlagen. Aus Abb. 3 ist zu ersehen wie sich bei einer Ladung mit abgestuftem Strom von 600/80 A Spannung, Strom, Gasverluste und Temperatur je Zelle verhalten. Die entladene Zelle wird bis zur Gasspannung von 2,4 V mit einem konstanten Strom von 600 A geladen. Die Spannung muß hierbei von 2,26 V auf 2,4 V gesteigert werden. Nach Erreichung der Gasspannung fällt der Strom auf 80 A. Eine rund 100%ige Ladung kann ohne Erhöhung der Spannung über 2,4 V erfolgen. Bei Vornahme einer Vollaadung muß die Spannung auf 2,6 V gesteigert werden. Die Gasverluste beginnen sich nach einer 28%igen Aufladung bemerkbar zu machen und steigen nach der Vollaadung, die erreicht ist, wenn 102% der vorher entnommenen Strommenge dem Speicher wieder zugeführt ist, stark an. Die Vollaadung ist nach einer Ladezeit von 170 Minuten beendet. Den Arbeitsverbrauch und die Wirkungsgrade der Aufspeicherung in den einzelnen Ladeabschnitten bringt folgende Zusammenstellung.

Zusammenstellung 3.

Ladung in % der vorher ent- nommenen Strom- menge einschl. der Gasverluste	Ein- geladene Strom- menge in Ah	Auf- gewandte Arbeit in Wh	Ampere- stunden Gütegrad in %	Watt- stunden Wirkungs- grad in %
10	108	246	100	
20	217	495	100	
30	325	745	100	
40	434	999	99,9	
50	542	1253	99,9	
60	650	1510	99,9	
70	759	1771	99,9	
80	867	2033	99,7	
90	976	2298	99,7	
100	1084	2584	99,0	81,3
110	1192	2937	90,9	71,7
115	1247	3111	86,9	67,7
120	1301	3276	83,3	64,3
100 nach Abzug der Gasverluste	1106	2641	98,0	79,7

Arbeitsverbrauch und Wirkungsgrad sind im unteren Ladegebiet günstiger und bei Vollaadung ungefähr die gleichen wie beim Schnellladeverfahren. Gegenüber der früheren Ladeweise tritt eine Verkürzung der Ladezeit von 360 auf 170 Min. ein, eine Ersparnis um mehr als die Hälfte. Diese Ersparnis wird noch größer bei Teilladungen besonders im unteren Ladegebiet. Während früher beispielsweise in 30 Min. nur 9% und in 1 Std. 19% der vorher entnommenen Strommenge aufgeladen werden konnte, erhöht sich jetzt dieser Prozentsatz auf 28% und 56%.

Der Einführung dieser neuen Ladeweise standen gewisse Schwierigkeiten insofern noch im Wege, als die Ladedosen und Ladeleitungen innerhalb des Wagens für einen Strom von 600 A zu schwach waren. Um die Ladedosen und Ladeleitungen zu überbrücken, wurden an die Sammelschienen zu beiden Seiten des Triebwagens für je einen + und - Pol unverwechselbare Ladebolzen angebracht. Diese Ladebolzen werden durch kurze Kabel mit den Netzleitungen verbunden. Die Speisung des Speichers erfolgt somit unter Umgehung von Ladedosen und Ladeleitungen des Wagens gleich von den Sammelschienen des Speichers. Durch besondere Schutzmaßnahmen wird verhindert, daß bei der Ladung ein Kurzschluß über die Ladedose entstehen kann und daß weiterhin die Ladebolzen sowie die unter Spannung stehenden Teile berührt werden.

Weiterhin war die Frage der Spannungsregelung an der Ladestelle zu lösen. Entsprechend der in Abb. 3 dargestellten Spannungskurve bei Ladung der einzelnen Zelle, muß bei Ladung des ganzen Speichers zu Beginn an der Ladestelle eine Spannung von 190 V herrschen. Diese Spannung muß allmählich auf 201 V heraufreguliert, eine zeitlang konstant gehalten und zuletzt bei Vollaadung auf 218 V gesteigert werden. Bei der Projektierung des Umbaus war geplant, die Regelung der Ladespannung mit regelbaren Widerständen durchzuführen und zwar dergestalt, daß zu Beginn der Ladung die überschießende Netzspannung vernichtet und gegen Schluß der Ladung die volle Netzspannung auf den Speicher arbeiten sollte. Während der Bauausführung zeigte es sich jedoch, daß diese Art der Spannungsregelung, die einen großen Energieverlust und damit eine Verschlechterung des Wirkungsgrades der Anlage zur Folge gehabt hätte, durch eine bessere Lösung ersetzt werden konnte. Der Spannungsabfall in der

Zuleitung zur Ladestelle, der bei starker Stromentnahme zu Beginn der Ladung groß und bei geringerer Stromentnahme am Schluß der Ladung klein ist, regelt in gewissen Grenzen selbsttätig die jeweils verlangte Spannung. In Abb. 4 ist zu ersehen, wie die Spannung an der Erzeugungsstelle des Gleichstromes verändert werden muß, um den Speicher in der angegebenen Weise laden zu können. Es zeigt sich, daß die Spannungsdifferenz zwischen größter und kleinster Spannung hier nur 16 V beträgt. Da diese geringe Spannungsänderung an der Erzeugungsstelle auf die Stromverbraucher — an das

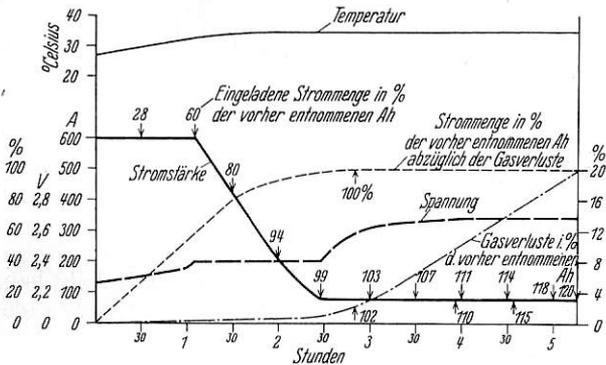


Abb. 3. Ladung mit abgestuftem Strom 600/80 Amp.

Gleichstromnetz des Bahnhofs Saarbrücken sind nur Motoren angeschlossen — keinen nachteiligen Einfluß hat, wird die für das Laden der Triebwagen nötige Erhöhung und Erniedrigung der Spannung durch Feldveränderung des das Netz speisenden Motorgenerators vorgenommen. Die Regelung der Spannungsverhältnisse erfolgt somit praktisch verlustlos und der Wirkungsgrad der Anlage ist identisch mit dem Wattstundenwirkungsgrad. Hierbei sind die Verluste, die durch Spannungsabfall im Netz entstehen, nicht in Betracht gezogen, um eine bessere Vergleichsmöglichkeit der beiden Ladeweisen an sich zu haben. Die Spannungsverluste im Netz sind bei der ersten und der hier genannten Ladeweise gleich, da beim Laden mit 600 A mehr Kabelquerschnitt zur Durchleitung

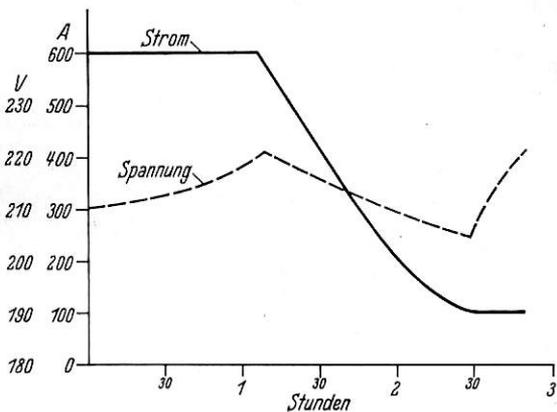


Abb. 4. Spannungsänderung in der Stromerzeugungsstelle.

des Stromes herangezogen wurde als früher. Die Heranziehung des größeren Kabelquerschnittes konnte ohne besondere Schwierigkeiten erfolgen, weil durch die Umstellung der Stromversorgung des Hauptbahnhofs Saarbrücken von Gleich- auf Wechselstrom mehrere Gleichstromkabel frei wurden. Da diese Kabel in ihrer größten Länge im Zuge der bereits vorhandenen Ladeleitungen lagen, waren nur geringfügige Verlegungsarbeiten notwendig.

Die Kosten für die Umänderung der Ladeanlage waren außerordentlich niedrig und fallen gegenüber der erreichten Verkürzung an Ladezeit und der damit verbundenen wirtschaftlicheren Ausnutzung von Triebwagen und Ladeanlage

nicht ins Gewicht. Trotz des schnelleren Ladens und der damit verbundenen Verschlechterung des Wattstundenwirkungsgrades konnte durch die neue Ladeweise die Energieumsetzung gegenüber dem früheren Zustand bei Vollladung um 2,2% verbessert werden.

Eine vergleichende Zusammenstellung der beschriebenen Ladeverfahren bringt Zusammenstellung 4, in der die für den jeweiligen Ladezustand insgesamt sowie die für je 10% Aufladung aufgewendeten Wattstunden gegenübergestellt sind.

Zusammenstellung 4.

Ladung in % der vorher entnommenen Strommenge	Insgesamt aufgewendete Wattstunden bei Lade- weise			Für je 10% Aufladung aufgewendete Watt- stunden bei Ladeweise		
	1	2	3	1	2	3
0	0	0	0			
10	231	260	246	231	260	246
20	464	520	495	233	260	249
30	698	780	745	234	260	250
40	935	1041	999	237	261	254
50	1173	1301	1253	238	260	254
60	1412	1561	1510	239	260	257
70	1657	1821	1771	245	260	261
80	1903	2081	2033	246	260	262
90	2157	2342	2298	254	261	265
100	2431	2602	2584	274	260	286
110	2773	—	2937	342	—	353
120	3103	—	3276	330	—	339

Aus dieser Zusammenstellung und den einzelnen Ladekurven ist folgendes zusammenfassend festzustellen: Die Ladezeit sinkt mit Zunahme der Stromstärke. Das Verhältnis aufgeladener Amperestunden zu den hierfür gebrauchten Wattstunden wird um so ungünstiger mit je höherem Strom geladen wird. Die zum Einladen einer gewissen Strommenge nötige Arbeit steigt mit Zunahme des Ladezustandes und wächst im obersten Ladegebiet außerordentlich stark. In Abhängigkeit mit der Zunahme des Arbeitsaufwandes sinkt der Wirkungsgrad der Aufladung. Aufladungen über die Vollladung hinaus sind vom energiewirtschaftlichen Standpunkt aus ungünstig, da die hierzu aufgewandte Arbeit nicht aufgespeichert werden kann.

Da eine Verkürzung der Ladezeit schon mit Rücksicht auf eine gute Ausnutzung der für die Triebwagen und Ladeanlage aufgewendeten Geldmittel zu erstreben ist, so muß im allgemeinen die geringe Verschlechterung des Energiewirkungsgrades bei schnellerer Ladung mit in den Kauf genommen werden. Jedoch empfiehlt es sich im Hinblick auf den schlechteren Wirkungsgrad nicht die Eilaufladung in jedem Falle auszuführen. Die Höhe des Stromes ist grundsätzlich von der Zeit, die jeweils für die Ladung zu Verfügung steht abhängig zu machen. Es kann angebracht sein, trotz hoher zur Verfügung stehender Maschinenleistung bei längeren Betriebspausen mit niedriger Stromstärke zu laden. Weiterhin zeigen die Untersuchungen, daß es nicht wirtschaftlich ist öfter als nötig Ausgleichladungen d. h. Ladungen mit schwachem Strom über die Vollladung hinaus vorzunehmen. Ausgleichladungen müssen vorgenommen werden um eine vollständige Rückbildung des sich mit der Zeit anreichernden Bleisulfates zu erreichen und damit das gute Arbeiten des Speichers zu gewährleisten. Jedoch genügt es nach Angabe der „AFA“, wenn die Ausgleichladung alle 8 bis 14 Tage vorgenommen wird. Da die Ladungen im oberen Gebiet immer ungünstiger sind als im unteren soll nicht jede Betriebspause dazu ausgenutzt werden, den Speicher aufzuladen, wenn er noch genügend

Arbeitsvorrat hat, die folgenden Fahrten auszuführen. Nehmen wir z. B. den Fall an, daß ein Wagen, der noch eine 80%ige Kapazität hergeben kann und die nächsten Fahrten ohne Aufladung ausführen könnte in der Betriebspause mit 30% aufgeladen würde, so betrüge der Wattstundenwirkungsgrad für die aufgeladenen Strommengen nur 69%. Das Ladepersonal kommt leicht in Versuchung, dem Speicher mehr Arbeit einzuladen als der Triebwagen für die der Ladung folgenden Fahrten braucht, weil es befürchtet, daß der Wagen auf der Strecke liegen bleiben könnte. Der Ladeplan muß deshalb mit aller Sorgfalt aufgestellt werden und es muß darauf geachtet werden, daß es vom Ladepersonal genau eingehalten wird. Auch bei der Fahrplanaufstellung ist auf die Wirtschaftlichkeit der Triebwagenladung Rücksicht zu nehmen. Fahr- und Ladeplan dürfen daher nicht

hintereinander, sondern müssen miteinander aufgestellt werden.

Durch den Umbau der Ladeanlage auf dem Hauptbahnhof Saarbrücken konnte die Wirtschaftlichkeit des Triebwagendienstes verbessert werden. Die kilometrische Leistung eines Triebwagens, die früher 6000 km im Monat betrug, wurde vorläufig auf 7 bis 8000 km gesteigert. Diese Leistung ist noch steigerungsfähig auf 10 bis 12000 km. Trotzdem die volle Leistungsfähigkeit der Anlage noch nicht ausgenutzt wird, da der Umbau erst vor kurzem fertiggestellt wurde, so läßt sich aus der Wirtschaftlichkeitsübersicht des Triebwagendienstes immerhin schon feststellen, daß durch die neue Ladeweise und die Beachtung der obigen Grundsätze der Anteil des Kapaldienstes an den Gesamtkosten um rund 20% und die Kosten für die elektrische Energie um rund 6% gefallen sind.

Die neue Triebwagenladeanlage bei dem Bahnbetriebswerk Bamberg.

Von Friedrich Will, Bamberg.

Hierzu Tafel 1.

Im Sommer 1931 wurden dem Bahnbetriebswerk Bamberg drei ältere Speichertriebwagen mit Batterien der Bauart 8 TM 645 (Kapazität 790 Ah bei zweistündiger Entladung) zugeteilt. Für das Laden der Triebwagen wurde zunächst nur ein Quecksilberdampfgleichrichter für 250 A aufgestellt. Durch Einbau eines Glaskolbens für 300 A war eine kurzfristige Überlastung des Gleichrichters bis zu 260 A möglich. Durch die Erweiterung des Nahverkehrs und Verbesserung des Verkehrs auf den anschließenden Nebenbahnen stieg der monatliche Stromverbrauch für die Triebwagenladungen von durchschnittlich 35000 kWh im Jahre 1931 auf durchschnittlich 48000 kWh zu Beginn des Jahres 1933, wobei auf ein Triebwagenkilometer durchschnittlich 2,1 kWh und auf ein Achskilometer 0,32 kWh (gemessen am Hauptwandler) entfielen. Durch Zunahme der Leistung im allgemeinen und durch die Eigenart der Zuglage im besonderen erwies sich die Ladeanlage mit einem Gleichrichter den an sie gestellten Anforderungen nicht mehr gewachsen. Dazu wurde es vom Betrieb als äußerst störend empfunden, daß bei längerem Ausfall des Gleichrichters der ganze Triebwagenverkehr auf Dampfbetrieb umgestellt werden mußte.

Vor Durchführung der ins Auge gefaßten Erweiterung wurde geprüft, ob nicht gleich der Ausbau der Anlage auf Schnellaufladebetrieb zweckmäßig wäre. Es zeigte sich dabei, daß sich durch Verkürzung der Ladezeiten der Wagenumlauf nur wenig verbessern läßt, da das passende Verkehrsaufkommen fehlte. Dagegen hätte der Schnellaufladebetrieb zu beachtlichen Stromkostensparnissen geführt. Das Laden der Triebwagenbatterien hätte fast restlos in die Zeiten des niedrigen Stromtarifs verlegt werden können. Bei den vorliegenden örtlichen Verhältnissen hätte jedoch die Verstärkung der Ladeanlage so hohe Kosten verursacht, daß die Stromkostensparnisse zur Deckung des Kapaldienstes nur bis zu 38% ausgereicht hätten. Immerhin zeigte die Untersuchung deutlich, daß die Möglichkeit eines vermehrten Bezugs von billigem Abfallstrom für die Einführung der Schnellaufladeanlage von großem Einfluß sein kann und dieser Betriebsart auch eine volkswirtschaftliche Bedeutung zukommen läßt.

Auf die Einführung der Schnellaufladung wurde schließlich verzichtet und die Erweiterung auf die Aufstellung eines zweiten Gleichrichters beschränkt. Gleichzeitig wurden Verbesserungen baulicher und elektrotechnischer Art durchgeführt, die sich auf Grund der zweijährigen Betriebserfahrungen als zweckdienlich erwiesen haben.

1. Allgemeine Anordnung.

Durch die Kosten für die Ladeanlage wird der Speichertriebwagen gegenüber anderen Verkehrsmitteln insbesondere

gegenüber dem Verbrennungstriebwagen zusätzlich belastet. Zweckmäßige Ausführung bei geringen Anlagekosten ist daher ganz besonders wichtig. Am besten konnte dieser Forderung durch Verlegen der Ladeanlage in einen der beiden vorhandenen Lokomotivschuppen entsprochen werden. Um die erforderliche Länge für einen Stand im Schuppen zu gewinnen, war lediglich ein 4,4 m langer Anbau notwendig. Auf Abtrennung dieses Standes vom übrigen Schuppen wurde verzichtet, was auch zu keinerlei Anständen geführt hat.



Abb. 1. Drehscheibenverlängerung.

Durch kleine organisatorische Umstellungen konnten in dem danebenliegenden seitlichen Anbau genügend große Räume für die Gleichrichter und den Batterierichtmeister freigemacht werden. Schwierigkeiten machte lediglich die Zufahrt zum Schuppen über eine 23 m Drehscheibe, die für die zusammengekuppelten Wagen etwas zu kurz ist. Eine sehr billige Lösung wurde durch Verwendung von zwei Verlängerungsstücken gefunden, die sich auf die beiden Fahrschienen der Scheibe leicht und rasch aufbringen lassen (s. Abb. 1). Der Wagen kann von der Drehscheibe auch so weit geschwenkt werden, daß er auf die Achsenkgleise fahren kann. Die Auswechslung von Fahrmotoren und Radsätzen wird dadurch wesentlich erleichtert. Auf einem Gleisstützen neben dem Lokomotivschuppen, der von den Ankunfts- und Abfahrtstellen an den Bahnsteigen besonders bequem erreicht werden kann, ist Platz für die Hinterstellung von drei Triebwagen. Davon können zwei Wagen gleichzeitig geladen werden. Das Fehlen einer Halle oder eines Schutzdaches macht sich nicht störend be-

merkbar. Bei ungünstigem Wetter werden die Batteriedeckel durch eine an der Stirnseite jedes Wagens nachträglich angebrachte Schraubenspindel schräg angehoben, so daß beim Laden die Gase der Batterie abziehen können, ohne daß Regen und Schnee eindringen. Abb. 2 zeigt die Unterbringung der Ladestecker im Freien. Die einfache Anordnung gewährt

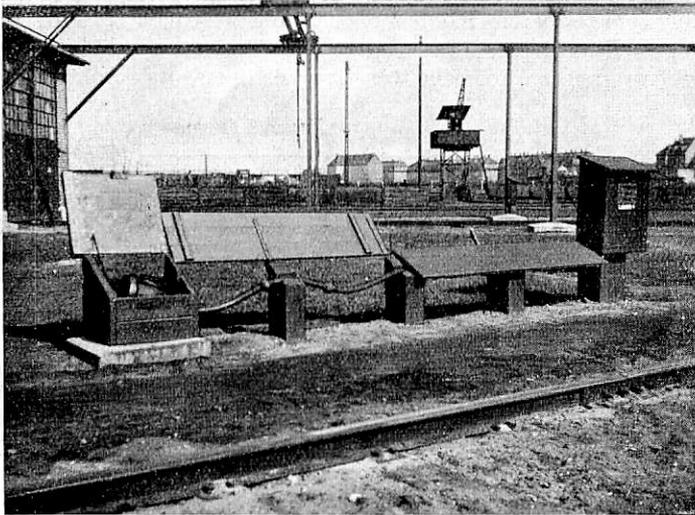


Abb. 2. Ladestelle im Freien.

sicheren Schutz gegen Verschmutzung und Witterungseinflüsse.

Abb. 3 und 4 zeigen den Grundriß und Querschnitt des Gleichrichterraumes. Vor Erweiterung der Anlage traten bisweilen übermäßig hohe Raumtemperaturen auf. Auf die Be-

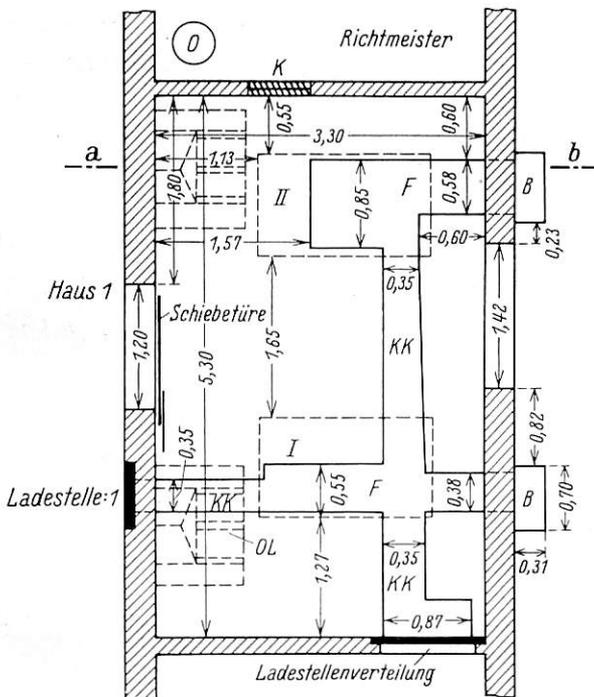


Abb. 3. Grundriß des Gleichrichterraumes.

luft gelangt durch 1,4 m hohe Blechhauben aus dem Freien in die Luftkanäle und wird unmittelbar unter die Gleichrichter-gestelle geführt, so daß eine kräftige Kühlung der Wicklungen und vor allem des Glaskolbens sichergestellt ist. Auf den beiden Oberlichtern sitzen große Blechentlüfter, welche die nach oben geblasene Warmluft abströmen lassen. Damit im Winter der Betriebsraum nicht zu stark abkühlt, können die Entlüfter vom Boden aus ganz oder teilweise geschlossen werden. Außerdem läßt sich die Frischluftzufuhr durch Schieber in den Luftkanälen nach Bedarf drosseln. Sollten bei ganz strenger Kälte die Glaskolben nicht zünden, so kann der Gleichrichterraum von der daneben liegenden Werkstätte aus leicht aufgeheizt werden. Zu diesem Zweck ist in der Trennwand ein großes Klappgitter eingebaut. Durch diese Maßnahmen wurde auch für den kleinen Raum eine gute Beherrschung der Lufttemperatur erreicht. Die Oberlichter wurden mit Absicht nicht unmittelbar über den Gleichrichtern gesetzt, damit bei einem etwaigen Bruch des Oberlichtfensters oder bei eindringender Nässe die Glaskolben und die sonstigen elektrischen Einrichtungen nicht beschädigt werden. Durch die seitliche Anordnung wurde auch eine gute Beleuchtung der Schalttafel-front erzielt. Die Gleichrichter selbst wurden so aufgestellt, daß sie von allen Seiten zugänglich sind; Reinigungs- und Ausbesserungsarbeiten können infolgedessen bequem ausgeführt werden.

2. Gleichrichter mit Fernsteuerung.

Der Quecksilberdampfgleichrichter macht nur sehr geringe Raumansprüche, er bedarf keiner Fundamente und ist bei einer Änderung der Betriebsform leicht an eine andere Stelle zu verbringen und wieder zu verwenden. Schon durch diese Vorzüge paßt er sich den wirtschaftlichen Forderungen des Speichertriebwagendienstes gut an. Dazu kommt noch der Vorteil des guten Wirkungsgrades, der schnellen Inbetriebsetzung, der einfachen Bedienung und der geringen Ab-nützung.

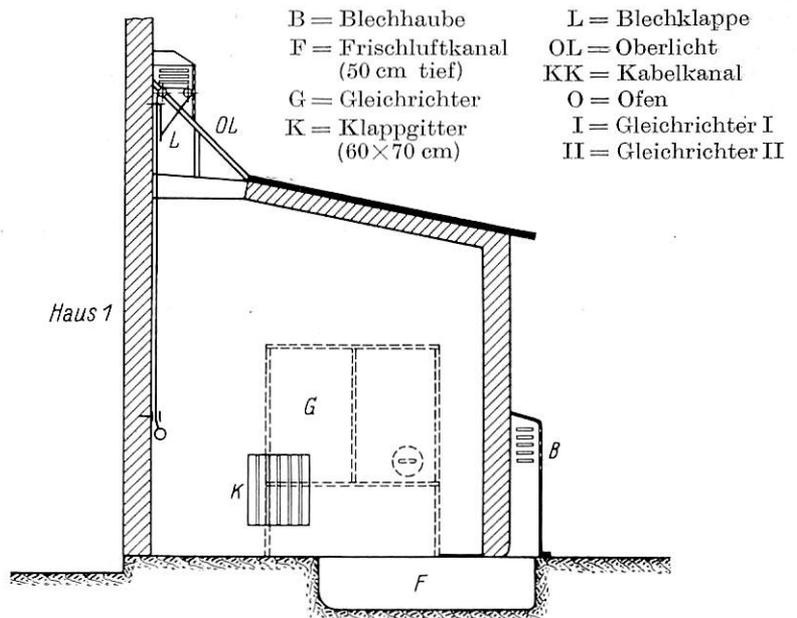


Abb. 4. Querschnitt a—b durch den Gleichrichterraum.

triebstüchtigkeit der elektrischen Einrichtung wirkte sich das ungünstig aus; zwei Glaskolben wurden frühzeitig zerstört. Bei der Erweiterung wurde deshalb einer guten Durchlüftung des Betriebsraumes besonderes Augenmerk geschenkt, und zwar wurde mit Rücksicht auf den geringen Rauminhalt danach gestrebt, Frischluft unmittelbar aus dem Freien zu entnehmen und Warmluft nach Bedarf ins Freie abzuführen. Die Frisch-

Der im Juli 1931 zunächst allein in Betrieb genommene Gleichrichter ist ein AEG-Fabrikat der Bauform BD 250. Seine Schaltung entspricht im allgemeinen der Normal-schaltung. An Stelle des einfachen Gleichstromschalters wurde der Einbau eines Gleichstromautomaten vorgeschrieben. Es ist dies ein Überstrom-Unterspannungsausschalter für zwei-polige Unterbrechung des Gleichstroms. Die Unterspannungs-

spule ist drehstromseitig angeschlossen, das Überstromrelais mit Auslöseverzögerung liegt dagegen an der Gleichstromseite, so daß der Automat sowohl bei Überlast im Gleichstromkreis, wie auch beim Ausbleiben des Drehstroms selbsttätig ausschaltet. Das letztere erschien notwendig, weil bei kurzen Stromunterbrechungen im Überlandnetz das Abschalten des Gleichrichters übersehen und dann bei Rückkehr der Spannung die Anlage plötzlich mit hoher Stromstärke belastet werden könnte.

Die Spannungsregelung besorgen drei zehnstufige Schalter, die miteinander gekuppelt sind, so daß auf diese Weise eine Regelung in 30 Stufen ermöglicht ist. Die Stufenschalter können zusammen mit dem Regulierwandler nach Lösen der Befestigungsschrauben und Abtrennung der Verbindungsleitung zum Wandler nach vorne herausgezogen werden. Anfangs mußten die Kontakte des Stufenschalters wegen des starken Abbrandes häufig ausgewechselt werden. Die noch freien Kontakte auf den Grundplatten der Schalter wurden daraufhin von der Lieferfirma mit den schon angeschlossenen Kontaktbahnen parallel geschaltet. Dadurch wurde ein zufriedenstellender Zustand erreicht. Der Glaskolben ist sechsarmig mit drei parallel geschalteten Kathodeneinführungen und wird durch eine automatische Kippzündvorrichtung in Betrieb gesetzt. Damit der Glaskolben leicht eingesetzt werden kann, ist der Glaskörperhalter ausfahrbar (s. Abb. 5). Der zweite im Juni 1933 aufgestellte Gleichrichter ist für eine Leistung von 300 A gebaut und besitzt einen Glaskolben für 350 A. Er kann also mit der höchstmöglichen Stromstärke (310 A) laden, die ohne Verstärkung der Ladekabel usw. an den Wagen zulässig ist. Der Glaskolben wird durch eine eigene magnetisch wirkende Federzündung ge-

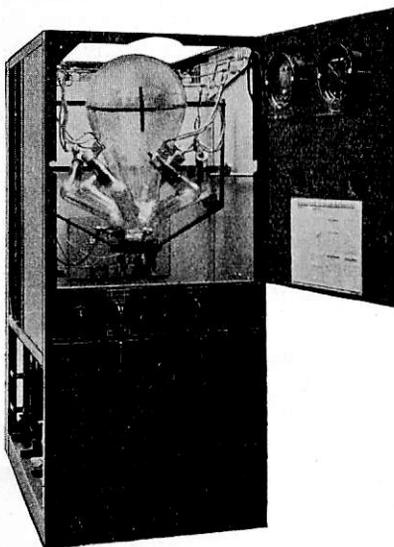


Abb. 5. Gleichrichter mit ausfahrbarem Glaskörperhalter.

zündet. Im übrigen ist der zweite Gleichrichter von derselben Bauart wie der erste.

Um den Aufwand für Bedienungspersonal zu sparen, wurde bei beiden Gleichrichtern für die Regulierung ein motorischer Antrieb eingebaut, der über Fernsteuerleitungen sowohl von der Ölabgabe wie auch von der Lokdienstleitung aus bedient werden kann. Der Ladedienst ist so geregelt, daß der Ölabgeber die Triebwagen an die Ladestelle anschließt und die Gleichrichter einschaltet. Die weitere Überwachung und Regelung übernimmt er von der Ölabgabe und in der Zeit von 22⁰⁰ bis 6⁰⁰ auch von der Lokdienstleitung aus. Das Schaltbild für den motorischen Antrieb eines Gleichrichters mit der dazugehörigen Fernbedienung von der Ölabgabe aus ist auf Taf. 1 dargestellt. In der gezeichneten Stellung beginnt der Antriebsmotor für den Regulierschalter zu laufen, nachdem einer der Bedienungsknöpfe („Ab“ oder „Zu“) am Gleichrichtergestell selbst oder auf einer der beiden Fernbedienungstafeln kurz gedrückt worden ist. Sobald der Motor angelaufen ist wird durch mechanische Übertragung von der Motorenwelle aus der Hilfsschalter H eingelegt. Ist die Schaltbewegung für eine Schaltstufe beendet, so schaltet durch Auslegen des Hilfsschalters der Antrieb sich selbsttätig ab. Soll eine weitere Schaltstufe einreguliert werden, so ist der Druckknopf von neuem zu bedienen. Die Anfangsstellung des Stufen-

schalters wird durch eine rote, die Endstellung durch eine grüne Lampe den Bedienungsstellen signalisiert. Die Schaltung der Signallampen erfolgt durch die beiden Endschalter E—L, welche von dem Bürstenstern des Stufenschalters gesteuert werden.

Strom- und Spannungsmesser auf jeder Bedienungsstelle ermöglichen die Überwachung der Ladestromstärke und Ladepannung. Dabei sind die Strommesser in der Ölabgabe mit einer einstellbaren Kontakteinrichtung versehen. Wird die eingestellte Stromstärke etwa durch Spannungserhöhung im Drehstromnetz überschritten, so ertönen im Lokomotiv-

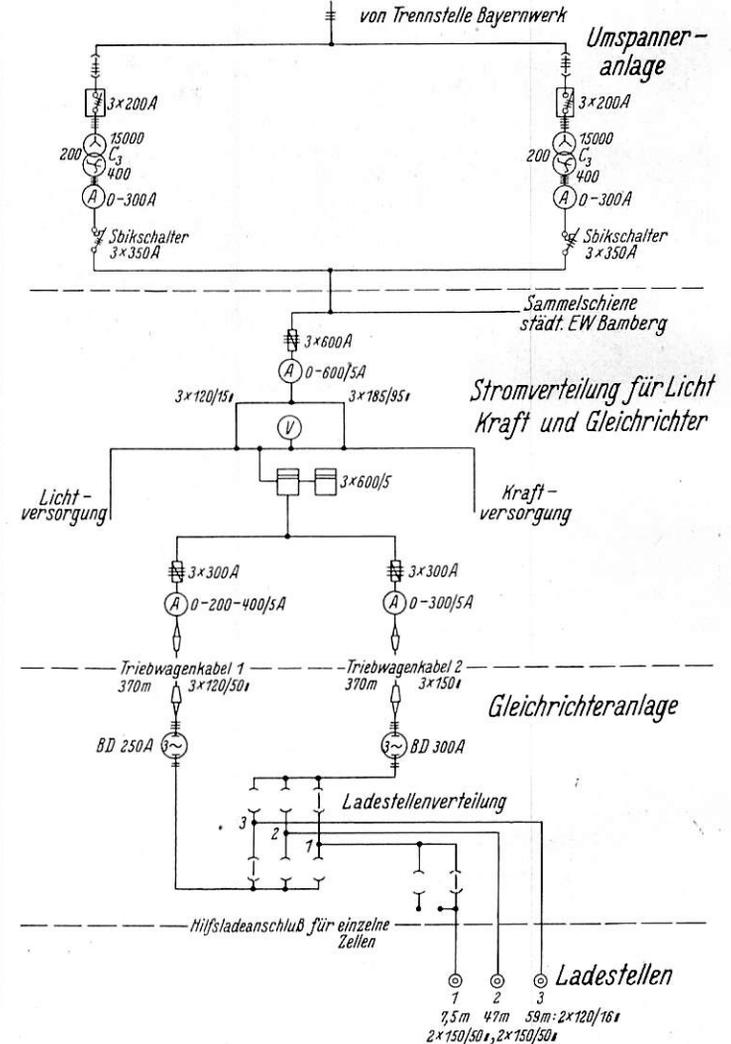


Abb. 6. Schaltbild der Ladeanlage für AT-Wagen.

schuppen zwei Hupen, in der Lok.leitung leuchtet eine rote Signallampe auf. Der Bediener wird also auch dann herbeigerufen, wenn er sich im Schuppen aufhält. Der Signalstromkreis wird durch das Relais R mit Quecksilberkontakt eingeschaltet sobald der Stromkreis der Magnetspule M 1 nach Schließen des Kontaktes am Strommesser A Strom erhält. Öffnet sich nach Herabregulieren der Stromstärke der Kontakt im Strommesser wieder und wird der Knopf D gedrückt, so wird Spule M 2 stromführend und kippt den Quecksilberkontakt zurück, so daß der Signalstromkreis wieder unterbrochen ist. Durch diese Anordnung wird jede Funkenbildung an dem empfindlichen Kontakt im Strommesser vermieden. Die Fernsteuerung einschließlich Signalanlage wird mit 220 V Gleichstrom betrieben.

3. Drehstromzuführung und Gleichstromverteilung.

Den Gleichrichtern wird niedergespannter Drehstrom von der an der Grenze des Werkgeländes liegenden Umspannanlage

des städtischen Elektrizitätswerks zugeführt. Der Stromverlauf von der Umspannanlage über die beiden Gleichrichter zu den Ladestellen ist auf Abb. 6 zu erkennen. Jede der drei Ladestellen kann auf einer Schalttafel im Gleichrichter-

raum auf einen der beiden Gleichrichter geschaltet werden. Dabei wird der vom 0-Punkt des Regulierwandlers eines jeden Gleichrichters abgezapfte Minuspol des Gleichstroms über eine gemeinsame Sammelschiene ohne Unterbrechung bis zu den Ladestellen geführt. Dagegen wird der von der Kathode jedes Glaskörpers kommende Pluspol je für sich auf eine besondere Sammelschiene geleitet. Diese beiden Plus-Sammelschienen sind mit Kontaktstellen verbunden. Auf Abb. 7 sind diese Kontakt-

stücke in der oberen und unteren Reihe zu erkennen, während die drei Kontaktstücke der mittleren Reihe mit je einer Ladestelle verbunden sind. Soll eine Ladestelle auf einen der beiden Gleichrichter geschaltet werden, so wird zwischen einem Kontakt der mittleren Reihe und einem Kontakt der

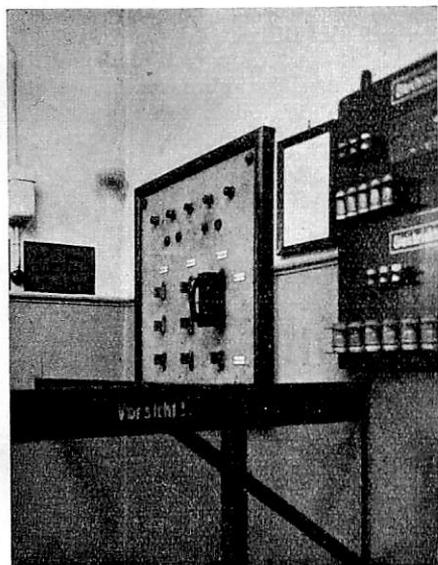


Abb. 7.

Schalttafel im Gleichrichterraum.

äußeren Reihe ein Trennstück mit isoliertem Handgriff eingeführt. Die Trennstücke dürfen nur im stromlosen Zustande ein- und ausgelegt werden. Zur Warnung leuchtet bei Inbetriebnahme sofort die entsprechende rote Signallampe an der Schalttafel auf.

Die Leitung zur Ladestelle 1 ist noch über eine kleine abgeschlossene Schalttafel geführt und kann hier durch Umstecken eines Trennstückes wahlweise so geschaltet werden, daß sie entweder unmittelbar oder über einen Hilfsladeanschluß für einzelne Zellen zum Ladestecker führt. Die erste Schaltungsmöglichkeit ist die Regelschaltung beim Laden; bei der zweiten Schaltung werden die an der Hilfsladestelle angeschlossenen Einzelzellen mit der Batterie eines zu ladenden Wagens in Reihe geschaltet und mitgeladen.

4. Betriebserfahrungen.

Die Anlage arbeitet seit ihrer Erweiterung vollkommen störungsfrei. Der eine Glaskolben hatte bis Ende 1934 eine Brennzeit von 12115 Std., der andere von 5770 Std. hinter sich. Beide Glaskolben sind noch in Betrieb. Nach Einsatz eines vierten Triebwagens stieg im November der Stromverbrauch auf 72300 kWh. Gleichzeitig senkte sich der Durchschnittspreis für die Kilowattstunde gegen 1932 um 6,3%, was hauptsächlich auf die vermehrte Abnahme von billigem Strom durch Einsatz des zweiten Gleichrichters zurückzuführen ist. Diese Ersparnis allein deckt den Kapitaldienst für die Kosten des zweiten Gleichrichters. Die Gesamtanlage belastet durch ihren Kapitaldienst den Triebwagentag bei Zugrundelegung von drei Triebwagen mit 1,69 *R.M.*, bei vier Triebwagen mit 1,27 *R.M.* Für geleistete 1000 Achskilometer werden durchschnittlich 77,— *R.M.* aufgewendet. An diesen Kosten ist der Kapitaldienst für die Ladeanlage mit 1,35% beteiligt. Diese Werte zeigen, daß die Anlage auch den wirtschaftlichen Belangen des Triebwagentages gut entspricht.

Die Anlage arbeitet seit ihrer Erweiterung vollkommen störungsfrei. Der eine Glaskolben hatte bis Ende 1934 eine Brennzeit von 12115 Std., der andere von 5770 Std. hinter sich. Beide Glaskolben sind noch in Betrieb. Nach Einsatz eines vierten Triebwagens stieg im November der Stromverbrauch auf 72300 kWh. Gleichzeitig senkte sich der Durchschnittspreis für die Kilowattstunde gegen 1932 um 6,3%, was hauptsächlich auf die vermehrte Abnahme von billigem Strom durch Einsatz des zweiten Gleichrichters zurückzuführen ist. Diese Ersparnis allein deckt den Kapitaldienst für die Kosten des zweiten Gleichrichters. Die Gesamtanlage belastet durch ihren Kapitaldienst den Triebwagentag bei Zugrundelegung von drei Triebwagen mit 1,69 *R.M.*, bei vier Triebwagen mit 1,27 *R.M.* Für geleistete 1000 Achskilometer werden durchschnittlich 77,— *R.M.* aufgewendet. An diesen Kosten ist der Kapitaldienst für die Ladeanlage mit 1,35% beteiligt. Diese Werte zeigen, daß die Anlage auch den wirtschaftlichen Belangen des Triebwagentages gut entspricht.

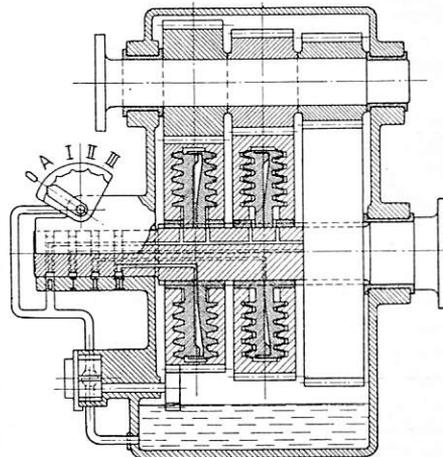
Rundschau.

Lokomotiven und Wagen.

Mechanische Kraftübertragung für Dieseltriebwagen der Schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur.

Die Anforderungen, welche an die Triebwagen im allgemeinen und an die Kraftübertragung zwischen Triebmotor und Triebachsen im besonderen gestellt werden, sind ziemlich weitgehend. Das Fahrzeug soll große Beschleunigungen und Verzögerungen ermöglichen, seine Konstruktion soll leicht und seine Bedienung einfach sein, so daß nur ein Mann dazu benötigt wird. Das System der Kraftübertragung muß neben großer Betriebssicherheit und leichter Handhabung auch die Forderung nach größtmöglichem Wirkungsgrad, geringstem Gewicht und geringen Bau- und Unterhaltungskosten erfüllen. Eine Ausführungsart der Kraftübertragung ist die Bauart Winterthur, bei welcher der Dieselmotor auf dem Triebgestell montiert ist und über ein mit Öldruck gesteuertes Geschwindigkeitswechselgetriebe, ein Wendegetriebe und Kardanwellen mit Kegelradantrieb auf die Treibachsen wirkt. Der wesentlichste Bestandteil ist das mit Öldruck geschaltete Zahnradstufengetriebe. Die Anzahl der Stufen des Getriebes beträgt meist vier oder fünf. Die Zahnräder aller Stufen sind ständig im Eingriff. Wahlweise kann jede einzelne Übersetzung für sich mittels einer im Innern des großen Zahnrades eingebauten Öldruckkupplung ein- und ausgeschaltet werden. Diese Kupplung besteht aus zwei kolbenartig ineinandergreifenden Reibungsscheiben mit konzentrischen Rillen, auf deren Nabe das Zahnrad lose läuft. Die Scheiben sind durch Nutenzahnung mit der Welle verbunden und können sich auf dieser achsial verschieben, wenn Drucköl von einem Schalthahn aus zwischen ihre Innenflächen geleitet wird. Die Abbildung zeigt in schematischem gehaltenem Schnitt ein dreistufiges Ölschaltgetriebe, wobei die eine Kupplung in eingeschaltetem, die andere in gelöstem Zustand dargestellt ist. Das Wechselgetriebe ist mit seiner Primärwelle mit dem Dieselmotor und mit seiner Sekundärwelle mit dem meist als Klauenkupplung

ausgebildeten Wendegetriebe in Verbindung. Die Zahnräder laufen im Ölbad. Ein vierstufiges Getriebe für $V_{max} = 110$ km/h für einen Dieselmotor von 185 PS und $n = 100$ Uml./Min. wiegt zwischen Dieselmotor und Treibachsen nur 2700 kg. Eine ähnliche Anlage, welche die Leistung eines 300 PS-Dieselmotors mit $n = 1500$ Uml./Min. zu übertragen hat und fünfstufig für $V_{max} = 135$ km/h gebaut ist, hat ein Gewicht von rund 3000 kg. Da die Schaltmanöver überaus einfach und ohne jede Ermüdung des Führers vorgenommen werden können, sind ganz erhebliche Beschleunigungen erreichbar. So wurde z. B. in der Ebene mit einem Dieseltriebwagen von 37,5t Bruttogewicht mit zwei Motoren von 130 PS die Geschwindigkeit von 100 km in 140 Sek. erzielt. Der Stufencharakter des Antriebes ist bei den im Betriebe aufgenommenen Geschwindigkeitsmesserkurven nicht zu erkennen. Der Wirkungsgrad eines vierstufigen Getriebes beträgt bei der kleinsten Geschwindigkeit etwa 95% und sinkt bei der größten auf etwa 90%. Der Öldruck des Schaltgetriebes kann so von einem Totmannpedal abhängig



Dreistufiges Ölschaltgetriebe der Schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur (Schweiz).

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. Neue Folge. LXXII. Band. 4. Heft 1935.

gemacht werden, daß das Getriebe vom Motor abgekuppelt wird und die Luftbremse in Tätigkeit tritt, wenn der Führer das Pedal losläßt. Auch durch Ziehen der Notbremse oder bei einer Schnellbremsung mittels des Führerbremsventils wird das Getriebe augenblicklich abgeschaltet. Das beschriebene Öldruckschalthegetriebe eignet sich für alle Arten von mechanischen, pneumatischen und elektropneumatischen Steuerungssystemen, die die geringe Kraft zum Drehen des Schalthahnes des Stufengetriebes übertragen können. Es steht bereits vielfach in Verwendung. Schn.

Schweiz. Bauztg., Juli 1914.

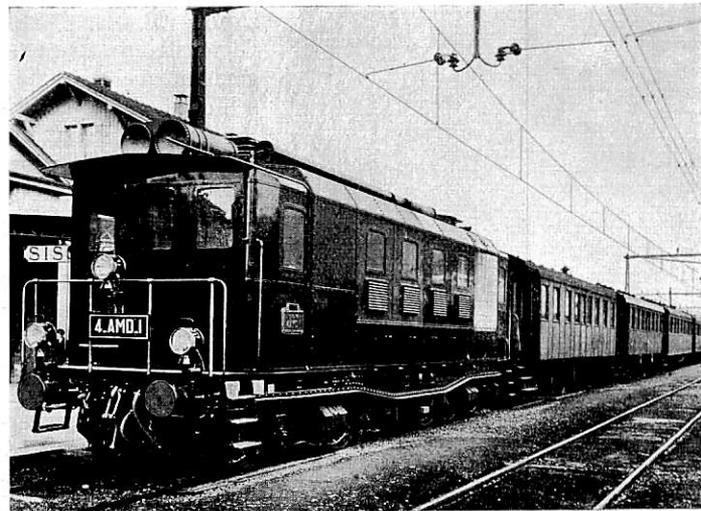
Dieselektrische Verschiebelokomotive der PLM-Bahn.

Um sich über die betriebstechnischen und wirtschaftlichen Eigenschaften der dieselektrischen Lokomotiven ein eigenes Urteil bilden zu können, stellte die Paris-Lyon-Mittelmeerbahn eine A 1 A + A 1 A-Lokomotive in den Dienst. Die von der A. G. Brown, Boveri & Cie., Baden, gebaute Lokomotive hat folgende Hauptabmessungen:

Leistung des Dieselmotors	600 PS bei 690 Uml./Min.
Treibraddurchmesser	1150 mm
Laufabbrad Durchmesser	860 „
Zahnrad-Übersetzungsverhältnis	16:97
Fester Radstand	2500 mm
Gesamter Radstand	8700 „
Drehzapfenabstand	6200 „
Länge zwischen Puffer	12900 „
Reibungsgewicht	74 t
Dienstgewicht	85 „
Triebachsdruck	17,9 „
Laufachsdruck	6,3 und 6,4 „
Brennstoffvorrat	1500 Liter
Anfahrzugkraft am Radumfang	18,6 t
Stundenzugkraft „ „	13,2 „ bei 6,5 km/h
Dauerzugkraft „ „	10,4 „ „ 10,4 „

Die Lokomotive (s. Abbildung) befördert einen 700 t-Zug auf 14 v. T. mit 6 km/h und gibt diese Leistung ohne unzulässige Erwärmung eine Stunde lang her. Sie muß täglich 22 Std. dienstbereit sein können. Die Höchstgeschwindigkeit bei Leerfahrt beträgt 55 km/h. Der Rahmen ruht auf zwei dreiachsigen Drehgestellen, deren mittlere Achsen spurkranzlose Laufachsen sind. Der sechszyylinderige, raschlaufende MAN-Viertakt-Dieselmotor liegt in der Lokomotivmitte und besitzt zusammen mit Haupt- und Hilfsgenerator einen geschweißten Grundrahmen. Der Zylinderdurchmesser beträgt 280 mm, der Kolbenhub 380 mm. Ständer und Zylinderblock sind aus einem Stück gegossen. Eine besondere Grundplatte ist der Gewichtersparnis halber nicht vorhanden und der Kurbelraum unten lediglich durch eine leichte Ölwanne abgeschlossen. Von den Kurbelwellenlagern bis zur Oberkante der Zylinder gehen stählerne Zuganker und entlasten, mit entsprechender Vorspannung eingesetzt, die gußeisernen Gestellteile von den Zugkräften, die von der Verdichtung und der Verbrennung herrühren. Diese Konstruktion der MAN gewährt hohe Sicherheit und ermöglicht dabei leichte Bauart. Die Steuerwelle liegt innerhalb des Kurbelraumes und betätigt die Stoßstangen für die Einlaß- und Auspuffventile und die Brennstoffpumpen. Der Umlauf der Schmier- und Kühlmittel wird durch Pumpen, die an die Maschine angebaut sind, bewerkstelligt. Der Brennstoff wird mittels der Brennstoffpumpen luftlos durch federbelastete, selbsttätig wirkende Nadelventile eingespritzt. Ein ölgefeuerter Warmwasserkessel erlaubt, den Motor bei großer Kälte vor dem Starten anzuwärmen. Ein Haupt- und ein Hilfsgenerator sind mit dem Motor starr gekuppelt. Der Hauptgenerator, eine zehnpolige Maschine mit einer Dauerleistung von 1280 A bei 270 V, dient zum Anwerfen des Dieselmotors und zur Stromlieferung für die Fahrmotoren und trägt zu diesem Zweck drei verschiedene Erregerwicklungen. Die eine ist wirksam, wenn der Generator beim Anwerfen des Dieselmotors als Motor läuft, die zweite dient zum Antrieb der Fahrmotoren, während die dritte jedesmal zur Unterstützung der anderen herangezogen wird. Die vier parallel geschalteten vierpoligen Tatzenlagermotoren sind mit Serien-erregung versehen. Eine Cadmium-Nickel-Batterie von 420 Ah Kapazität bei fünfstündiger Entladung liefert den Strom zum Anwerfen des Dieselmotors und für Nebenzwecke. Der Hilfsgenerator erregt die Hauptdynamo und lädt die Batterie auf.

Seine Leistung beträgt 64 kW bei 150 V Spannung. Der Führer kann von Hand mittels eines Fliehkraftreglers vor- und rückwärts drei verschiedene Geschwindigkeiten des Dieselmotors einstellen, nämlich 690, 450 und 300 Uml./Min. Eine Warnlampe verhütet die Überlastung des Motors. Mittels einer Schaltwalze mit 16 Kontakten kann die Erregung der Hauptdynamo gesteuert werden, und zwar derart, daß 300 Umläufe des Dieselmotors der Leerfahrt entsprechen, die Kontakte 1 bis 13 der Umlaufzahl 450 und die Kontakte 14 bis 16 der Umlaufzahl 690. Zwischen den Kontakten 1 bis 9 regelt die Schaltwalze allmählich die Erregerstromstärke des Hauptgenerators; von Kontakt 10 ab wird der Erregerstrom



600 PS Dieselektrische Lokomotive mit Sechszylinder-MAN-Dieselmotor der Paris—Lyon—Mittelmeerbahn.

automatisch von einem Rheostaten gesteuert, der vom Regler des Dieselmotors beeinflusst wird (Ward-Leonard-Schaltung). Die Geschwindigkeitsregelung der Lokomotive erfolgt somit von Hand und halbautomatisch.

Eine gleichstarke Lokomotive, ebenfalls mit MAN-Dieselmotor, lieferte die Soc. Constructions Electriques de France, Paris, für die PLM-Bahn, eine weitere dieselektrische Lokomotive mit einem Achtzylinder-MAN-Dieselmotor dieselbe französische Gesellschaft für die algerischen Strecken der PLM-Bahn. Schn.

Der „Zephir“-Schnelltriebwagen der Chicago, Burlington und Quincy-Eisenbahn.

Der neue, von Edward Budd, Philadelphia, erbaute dreiteilige Schnelltriebwagen „Zephir“ ist weniger durch die glückliche Lösung der äußeren Bauform, die von einer wirklichen Stromlinienform grundsätzlich und in vielen Einzelheiten recht nachteilig abweicht, als durch seine vielfach neuartige und beachtliche wagenbauliche Durchbildung bemerkenswert. Die Außenformgebung mit nach amerikanischem Geschmack weit vorstehenden Scheinwerfern und vielen luftwiderstandsbildenden Einzelteilen an den Seitenwänden, ferner einer nur unvollkommenen Verkleidung des Fahrwerks kann nicht als voll gegliedert bezeichnet werden. Trotzdem haben seine Leistungen für die 1635 km lange Entfernung Denver (Colorado)—Chicago nur 13 h 5 min gleich einer Reisegeschwindigkeit von 125 km/h und einer Höchstgeschwindigkeit von rund 175 km/h, mit Recht großes Aufsehen erregt und zur Nachbestellung von drei gleichen Wagen bereits geführt. Das dreiteilige Fahrzeug nach Jacobsbauart auf vier Drehgestellen laufend, enthält im ersten Wagenteil nur Diensträume: hinter dem Führerstand den Motorenraum, ferner zwei Posträume; der zweite Wagenteil einen Gepäckraum, eine Küche und Bar, und einen kleinen Raum für Reisende; nur der dritte Wagenteil ist ausschließlich für Reisende bestimmt, und zwar enthält er 40 Sitzplätze in einem großen Raum normaler Sitzanordnung und am Ende einen Aussichtsraum mit zwölf Sesseln. Mit zusammen 72 Sitzplätzen ist weniger als die Hälfte des ganzen Fahrzeugs für Reisende bestimmt. Die besondere Eigenart des Aufbaues des tragenden Gerippes der drei Fahrzeugteile liegt

darin, daß abweichend von dem üblichen amerikanischen Grundsatz die beiden Hauptlängsträger in der Ebene der Seitenwände liegen und mit diesen und dem hochgewölbten, sehr stark ausgeführten Dach einen biegungs- und verwindungssteifen Hohlraum-Kastenträger bilden. Außerordentlich stark ist die Konstruktion der Rammnase der Fahrzeugspitze, die noch durch das kräftige geschweißte Maschinenfundament verstärkt wird, während das hintere Ende des Fahrzeugs, bedingt durch die großen Fenster des Aussichtsraums ohne zwischenliegende Wandteile, recht leicht ausgefallen ist. Die hauptsächlich tragenden Bauteile haben Kastenquerschnitte, die aus U-Profilen mit aufgeschweißten Deckblechen gebildet sind. Hierfür wurde ein nach Zugfestigkeit (über 100 kg/mm²) und Dehnung sehr hochwertiger Baustoff von nicht mehr als 1,25 mm Dicke verwendet (alle Bauteile bestehen aus Stahl). Ein typischer Kastenträger von 3,3 cm² Querschnittsfläche wiegt nur 2,64 kg je Meter Länge, während ein normales Walzprofil von gleichem Trägheitsmoment um die Hauptachse genau das Doppelte wiegen würde. Den Fußboden tragen nur zwei leichte Längsträger zwischen den beiden Hauptlängsträgern in der Seitenwandebene. Die Seitenwandverkleidung von Fußboden bis zur Fensterbrüstungshöhe besteht aus leicht gewelltem Blech von 0,5 mm (!) Dicke; die gekrümmten Teile der Stirnwände und des Daches aus 0,75 mm starkem glattem Blech, und nur die Verkleidung der Rammnase aus 3mm Blech. Seitenwände und Dach sind innen mit Alfol, der bekannten Aluminium-Knitterfolie isoliert, der Fußboden gegen Geräuschübertragung mit verschiedenen Mitteln. Als Einzelgänger hat das Fahrzeug keine Zug- und Stoßvorrichtung erhalten; nur zum Schleppen ist an den Stirnseiten eine einfache Vorrichtung vorhanden. Nur durch den Verzicht auf die Mittelpufferkupplung wurde die, wie erwähnt, von der amerikanischen Bauweise so abweichende Bauart des Kastengerippes ermöglicht. Die ganze Konstruktion weist auch darauf hin, daß an ein Fahren im Verbinde bei diesem Fahrzeug nicht gedacht worden ist. Der Achtzylinder-Winton-Motor leistet 600 PS; durch reichliches Schweißen gelang es, sein Einheitsgewicht auf 10 kg/PS herabzudrücken. Kühlluft wird an der Stirnseite durch zwei große vergitterte Öffnungen von zwei riemengetriebenen Ventilatoren angesaugt; sie tritt durch Längsschlitze im Dach wieder aus. Die Kühler sind vollkommen eingebaut. Die Hauptmaschine treibt durch Keilriemen einen 25 kW-Hilfsgenerator an, der die Nebenanlagen mit Energie versorgt: die Luftbremse, die Luftbehandlungsanlage, die Heizeinrichtung, die Lichtanlage und die Küche. Die Drehgestelle haben Stahlußrahmen und vielfache Gummizwischenlagen zur Geräuschdämpfung. Das Gesamtgewicht des Fahrzeugs verteilt sich folgendermaßen auf die einzelnen Drehgestelle führendes Triebdrehgestell unter dem Maschinensatz 44,5 t; erstes Jacobsdrehgestell 30,4 t; zweites 20,4 t und letztes Drehgestell 13,6 t. Geheizt wird das Fahrzeug durch einen ölgefeuerten senkrechten Kessel mit 6 at Dampfdruck. Er steht im Gepäckabteil des mittleren Wagenteils; die Anlage arbeitet vollkommen selbsttätig. Das Niederschlagwasser der Heizkörper wird dem Kessel wieder zugeleitet, um das Gesamtgewicht der Heizanlage möglichst gering zu halten. Die Luftbehandlungsanlage umfaßt alle drei Wagenteile und kühlt, reinigt, befeuchtet oder erwärmt die Luft je nach Bedürfnis.

Der hauptsächlichsten Verwendung entsprechend ist besonderer Wert darauf gelegt, daß der Führer die Strecke vor- und rück-

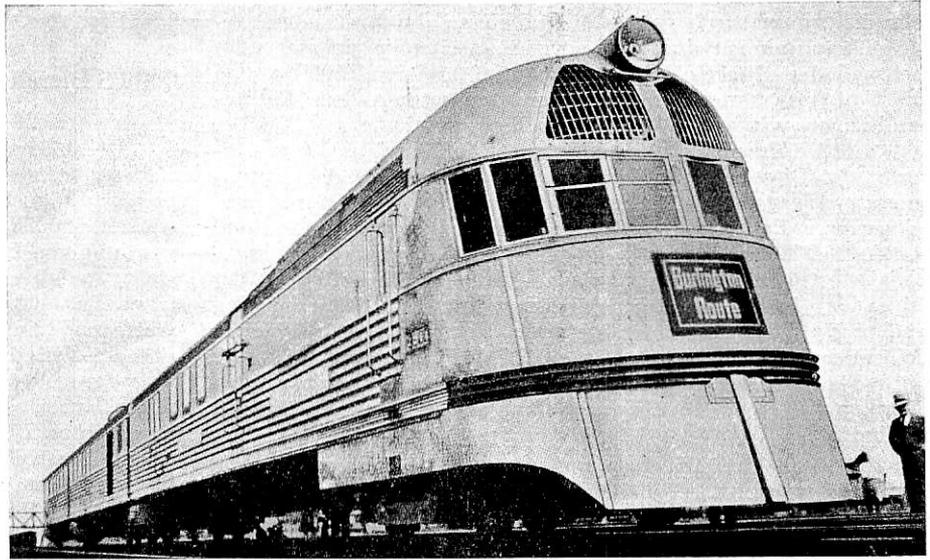


Abb. 1. „Zephyr“-Schnelltriebwagen der Chicago, Burlington und Quincy-Eisenbahn.

der hauptsächlichen Verwendung entsprechend ist besonderer Wert darauf gelegt, daß der Führer die Strecke vor- und rück-

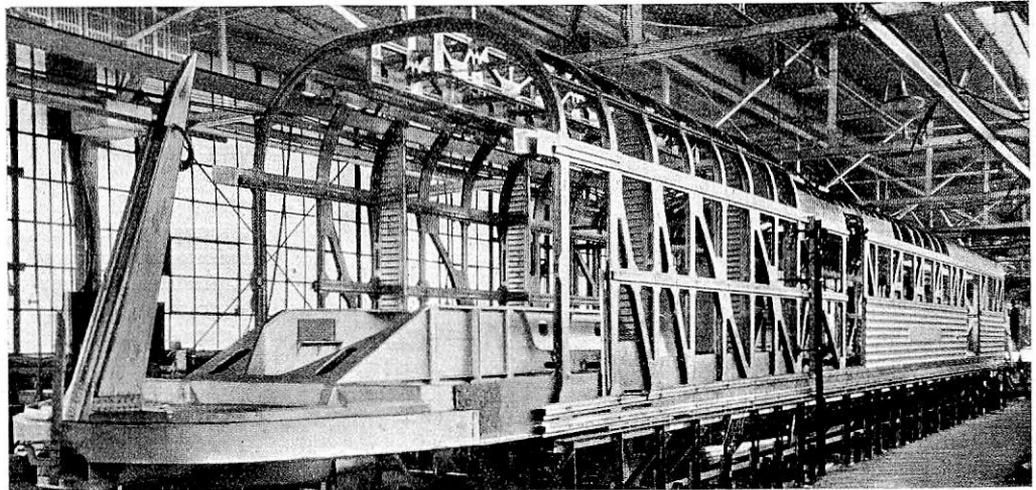


Abb. 2. Bugkonstruktion, Motorbett und Kastengerippe.

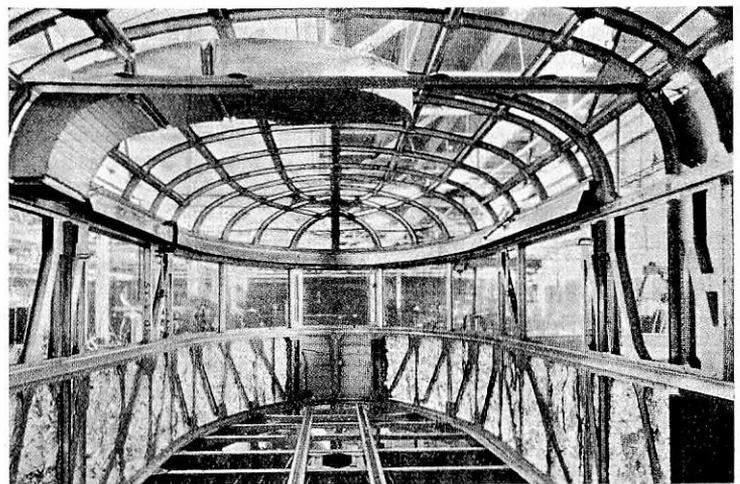


Abb. 3. Heckkonstruktion mit Lüftungseinbau.

wärts gut überblicken kann, was durch Anordnung eines erhöhten Führerstandes in der Lokomotivmitte erreicht wird. Die einmännige Besetzung bedingt übersichtliche Anordnung und leichte Zugänglichkeit aller wichtigen Teile, besonders aber einfache Handhabung der Bedienung. Der Hauptrahmen beider Loko-

Günther-Gleiwitz.

Amerikanische dieselektrische Verschiebelokomotiven von 600 und 800 PS.

Diese schweren Diesellokomotiven sind vorzugsweise zum Verschiebedienst, gelegentlich auch zum Streckendienst bestimmt.

motiven ruht auf zwei zweiachsigen Drehgestellen, deren Achsen sämtlich durch je einen Achsvorgelegemotor angetrieben werden.

Die leichtere Lokomotive der Delaware, Lackawanna & Westbahn ist symmetrisch gebaut. Auf einem durchgehenden, geschweißten Rahmen sind an beiden Stirnseiten je ein stehender Sechszylinder Ingersoll-Rand-Viertaktmotor von 300 PS bei 550 Uml./Min. untergebracht, deren Generatoren dem Führerstand zugewandt sind. Je nach der Beanspruchung des Dienstes sind beide oder nur ein Maschinensatz in Betrieb. Zum Anwerfen der Dieselmotoren durch den als Motor laufenden Hauptgenerator dient ein Speicher von 56 Zellen. Die Motoren sind bei geringer Fahrgeschwindigkeit hintereinander geschaltet und werden bei höherer Geschwindigkeit mittels eines Spannungsrelais selbsttätig parallel geschaltet. Nebenschlußschaltstufen der Felder der Zugmotoren ermöglichen weitere Geschwindigkeitserböhung. Ein Hilfsgenerator lädt den Speicher bei gleichbleibender Spannung selbsttätig auf. Der Führerstand wird vom Kühlwasser der Dieselmotoren beheizt. Die Fahrmotoren werden künstlich belüftet. Die Drehgestellrahmen sind vollständig aus Stahlguß.

Bei der schwereren Lokomotive der Westinghouse Electric & Manufacturing Co., Philadelphia, trennt der Führerstand zwei an den Stirnseiten der Lokomotive angeordnete Maschinenräume deren einer den kompressorlosen Zwölfzylinder-Westinghouse-Viertaktmotor von 800 PS bei 900 Uml./Min. nebst Generator und deren anderer das Kühlsystem, den Luftverdichter, die Speicherbatterie und die Steuerungsapparate enthält. Die V-förmig unter 60° angeordneten Motorzylinder arbeiten auf eine gemeinsame Hauptwelle. Der Dieselmotor liegt zwischen dem Generator und den zwölf Öl- und zwei Kühlwasserpumpen. Letztere können jeder Motorseite bis zu 600 l/Min. zuführen. Die außen liegenden Stahlgußrahmen der Drehgestelle sind in drei Punkten gelagert, indem die äußeren Federhänger an Querausgleichhebeln angreifen.

Die Hauptabmessungen der beiden Diesellokomotiven sind:

Motorleistung	2 × 300	800 PS
Leergewicht	89,7	— t
Dienstgewicht	92,5	100 „
Achsdruck	23,1	25 „
Länge über Kuppelklaueninnenseite	13,7	13 m
Achsstand der Drehgestelle	2,44	2,44 „
Gesamter Achsstand	9,9	8,82 „
Raddurchmesser	1016	914 mm
Kühlwasservorrat	225	— l

Treibölvorrat	1500	— l
Höchstgeschwindigkeit	65	— km/h
Zugkraft bei 19 km/h	7000	9000 kg
Rly. Age, August 1934.		Schn.

600 PS Diesellokomotive der Japanischen Staatseisenbahnen, gebaut von Friedr. Krupp A. G., Essen.

Die 1067 mm-spurige Lokomotive ist hauptsächlich für den Verschiebedienst bestimmt. Die Achsfolge ist 1 C 1. Der kompressorlose Sechszylinder-Viertaktmotor der Germaniawerft entwickelt 600 PS bei 540 Uml./Min. Er ist unter weitgehender Verwendung von Leichtmetallen und dünnwandigem Stahlguß hergestellt, so daß sein Gewicht nur etwa 8,16 kg/Bremspferdekraft beträgt. Das Gußstück ist zweiteilig. Der eine Teil umfaßt die Grundplatte und die Kurbelwellenlager, der andere das Kurbelgehäuse und den Zylinderblock. Beide sind miteinander verschraubt. Die Zylinder sind mit Laufbüchsen aus besonders dichtem Stahl versehen, Kurbelgehäuse und Kühlwassermäntel mittels Gummiringen abgedichtet. Ein zweistufiger Kompressor liefert Luft von 7,87 atü für die Bremse und von 34,5 atü zum Anwerfen des Motors. Die Kraft wird auf die Lokomotivachsen mittels hydraulischer Kupplung und Zahngetriebe übertragen. Die hydraulische Kupplung erlaubt völlig stoßfreies Anfahren. Hat sie das volle Drehmoment übernommen, so wird sie durch Einrücken einer Klauenkupplung vollständig entlastet. Das Getriebe schaltet elektromagnetisch Geschwindigkeiten von 10, 25 und 60 km/h. Das Kühlsystem ist dreigliedrig für die Rückkühlung des Kühlwassers, des Schmieröls der Maschine und des Schmieröls des Getriebes. Der Röhrenkühler wird durch Lüfter gekühlt. Eine Speicherbatterie liefert den Strom für Beleuchtung und für die Steuerung bei Stillstand der Dynamo. Das Führerhaus liegt hinten und enthält je einen Schalttisch für jede Fahrtrichtung. Die Hauptabmessungen der Lokomotive sind:

Leergewicht	63,5 t
Dienstgewicht	66,5 „
Reibungsgewicht	45 „
Treibraddurchmesser	1250 mm
Laufraddurchmesser	940 „
Gesamter Achsstand	7,76 m
Fester Achsstand	3,10 „
Kühlwasservorrat	1000 kg
Treibölvorrat	1000 „
Engineering, September 1934.	Schn.

Verschiedenes.

Karl von Linde und die Eisenbahntechnik.

Vor kurzem (16. November 1934) verstarb zu München Professor Dr. Karl von Linde im 93. Lebensjahr. Er gilt als der Altmeister der Technik der tiefen Temperaturen. Seine bedeutenden Leistungen sowohl als Forscher wie als Begründer der Kälteindustrie sind bekannt und an anderen Stellen gewürdigt worden.

Weniger bekannt ist, daß Linde anfänglich im Lokomotivbau praktisch und als Lehrer tätig war. Nach vielen vergeblichen Versuchen, anschließend an den Besuch der Züricher Hochschule eine Stellung zu finden, war er von März bis Juli 1865 Volontär und hierauf bis Februar 1866 Konstrukteur im Zeichenbüro der Borsigschen Lokomotivfabrik bei einem Monatsgehalt von 16 bzw. 20 Talern. Als Georg Krauß seine Münchner Fabrik ins Leben rief, hatte Linde mit seiner „kühnen“ Bewerbung um die Stelle des Vorstandes des technischen Büros Erfolg. Er zeichnete sich bald aus durch seine ersten selbständigen Konstruktionen und durch die Erfindung einer Dampf-Repressionsbremse, mit welcher ein Teil der bei Fahrt im Gefälle zu verrichtenden Bremsarbeit dem Lokomotivkessel in Form von Wärme zugeführt wurde. Hatte auch diese Bremse, ebenso wie die ein Jahr vorher von Le Chatelief verbesserte Gegendruckbremse, infolge der kurz darauf von George Westinghouse im Jahre 1869 erfundenen durchgehenden Druckluftbremse zunächst keine praktische Bedeutung erlangt, so ist doch bemerkenswert, daß Lindes Denken schon früh auf

Wärmeökonomie gerichtet war. Zur Verminderung der Biegebbeanspruchungen und der Gewichte der Treib- und Kuppelstangen führte er den doppel-T-förmigen Querschnitt an Stelle des bis dahin üblichen rechteckigen ein. Seiner Neigung folgend und um seiner Familie Existenz besser zu sichern bewarb er sich um den Lehrstuhl für Maschinenlehre am neugegründeten Münchner Polytechnikum. Um seine Lehrbefähigung zu erweisen hielt er seit dem Sommersemester 1867 an der Ingenieurschule, der Vorläuferin des Polytechnikums, Vorträge über Lokomotivbau und über mechanische Wärmelehre. In seinem Werk „Aus meinem Leben“ (Verlag R. Oldenbourg) schreibt er darüber: „Da mir beim Ersten für den theoretischen Teil Zeumers Kollegienhefte, für den praktischen Teil aber eigene Erfahrungen zur Verfügung standen, so gewährte mir derselbe volle Befriedigung und fand auch das ungeteilte Interesse der Zuhörer. In geringerem Maße war dies bei den Vorträgen über Wärmemechanik der Fall, für welche ich kaum die nötige Reife besaß.“ Am 24. August 1868 erhielt Linde die Berufung als a. o. Professor der Maschinenbaulehre mit 1000 Gulden Jahresgehalt. Seitdem blieb er, mit etwa zehnjähriger Unterbrechung, der technischen Hochschule München treu, wo er in den letzten Jahrzehnten als o. Professor über Kältetechnik vortrug. Hervorragend war er bei der Gründung und dem Ausbau des Deutschen Museums in München beteiligt. Die Lebensarbeit dieses Forschers, Ingenieurs und Wirtschaftlers ist sein unvergängliches Denkmal. L. Schneider.