

# Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

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

91. Jahrgang

1. April 1936

Heft 7

## Bau der 110 kV-Bahnstromfernleitung Landshut—Treuchtlingen (Grönhart).

Von Reichsbahnrat Nibler, München.

Die Stromversorgung der bis zum Sommerfahrplan 1935 für elektrischen Zugbetrieb einzurichtenden Bahnstrecke Augsburg—Nürnberg erforderte den Bau einer Bahnstromfernleitung für 110 kV Betriebsspannung und  $16\frac{2}{3}$  Hertz Einphasenwechselstrom vom bestehenden Bahnunterwerk Landshut bis zum neuen Bahnunterwerk Grönhart bei Treuchtlingen. Die 105,4 km lange Fernleitung stellte infolge der Verwendung verschiedener neuartiger Baustoffe auch die Entwurfsbearbeitung und Bauausführung vielfach vor neue Aufgaben.

### Baustoffe.

Die vier Stromseile der mit Doppelschleife belegten Leitung sind aus Stahlaluminium (Stalu) Nr. 95 nach Din VDE 8202. Die siebendrähtige Stahlseele mit  $27,8 \text{ mm}^2$  Querschnitt, welche

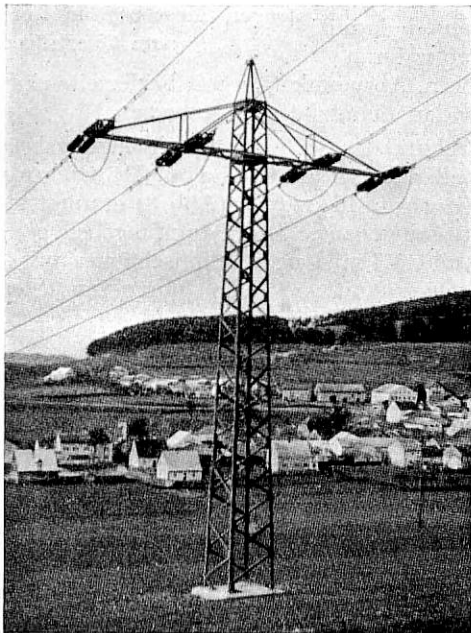


Abb. 1. Abspannmast.

zur Verhinderung von Korrosion verzinkt und stark eingefettet ist, trägt einen 26drähtigen, in zwei Lagen aufgebracht Aluminiummantel mit  $165,9 \text{ mm}^2$  Querschnitt. Der Gesamtquerschnitt beträgt also  $193,7 \text{ mm}^2$ , das Gewicht  $687 \text{ kg}$  je Kilometer. Die Stahlseele übernimmt in der Hauptsache die Zugbeanspruchung, der Aluminiummantel die elektrische Leitfähigkeit des Seiles. Die Leitfähigkeit des Aluminiummantels entspricht annähernd der von Kupferseil mit  $95 \text{ mm}^2$  Querschnitt. Der Ohmsche Widerstand des eingebauten Seiles ist nach vorgenommenen Gleichstrommessungen  $0,154 \text{ Ohm}$  je Kilometer einfacher Leitungslänge entsprechend einem Kupferquerschnitt von  $113 \text{ mm}^2$ . Zum Schutz der Leitung gegen atmosphärische Entladungen sind die Mastspitzen mit einem Erdseil aus siebendrähtigem, verzinktem und verbleitem Stahl-Erdseil mit  $50 \text{ mm}^2$  Querschnitt verbunden.

Als Tragwerke kamen auf einer Strecke von 55,4 km Stahlgittermaste aus Winkeleisen, auf einer Strecke von 47,5 km Rüttel-Stahlbetonmaste Bauart Kisse und auf einer Strecke

von 2,5 km Gittermaste aus geschweißten Stahlrohren Bauart Benteler zur Aufstellung. Die vier Stromseile sind grundsätzlich nebeneinander in gleicher Höhe an einen Querträger gelegt. Diese Anordnung ist sowohl bezüglich Einbau und Unterhaltung als auch mit Rücksicht auf Betriebssicherheit besonders in Gebieten mit erhöhter Rauhreifgefahr (Hochschnellen der Drähte bei Abfallen der Eislast) der Anordnung mit übereinanderliegenden Seilen vorzuziehen und findet neuerdings auch bei Drehstromleitungen weitverbreitete Anwendung. Allerdings wird bei Riß eines außen liegenden Stromseiles die Verdrehungsbeanspruchung des Mastes infolge des langen Auslegers erheblich größer.

Auf der Stahlmaststrecke (Abb. 1 und 2) werden bei Tragmasten zur Ersparnis an Eisengewicht ausschwenkbare Querträger mit Knickstab verwendet. Bei Seilriß schwenkt nach Durchknicken eines Winkeleisenstabes der um einen senk-

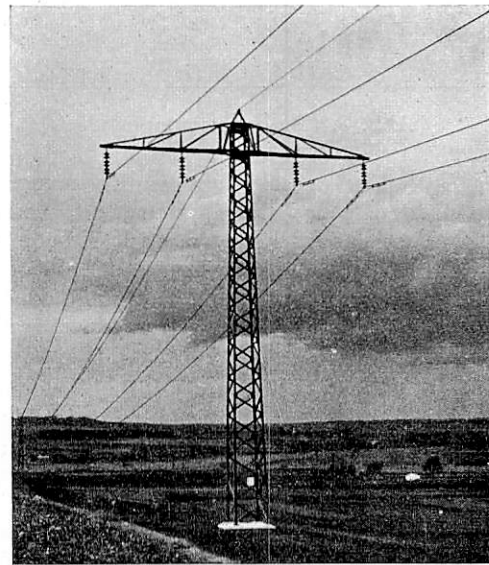


Abb. 2. Tragmast mit Schwenkquerträger.

rechten Bolzen drehbare Ausleger nach der Richtung des einseitigen Seilzuges so weit aus, bis das Gleichgewicht mit den Zügen der gesunden Seile wieder hergestellt ist. Der Mast bekommt somit nur die durch die Bruchfestigkeit des Knickstabes begrenzte Verdrehungsbeanspruchung. Abspannmaste und Tragmaste für „erhöhte Sicherheit“ (Kreuzungen von Straßen, Flüssen und fremden Leitungen) dagegen müssen mit festen Querträgern ausgerüstet werden und haben dementsprechend verstärkte Abmessungen. Die Stahlmaste sind mit zwei Grund- und zwei Deckanstrichen (olivgrün) versehen, die Querträger feuerverzinkt.

Auf der Betonmaststrecke (Abb. 3) sind je zwei Maste durch einen gemeinsamen Querträger zu einem Portal als Tragwerk für die vier Stromseile vereinigt. Der Querträger ist um die Mastspitzen drehbar gelagert, so daß bei einseitigem Zug keine unzulässigen Verdrehungsbeanspruchungen durch Verwindung des Portales auf die Maste übertragen werden können. Abb. 4 und 5 zeigen die durch Versuch ermittelte

Durchbiegung der Maste und Verwindung eines Tragportales bei einseitigem Horizontalzug bis 1950 kg am äußeren Aufhängebügel des Querträgers. Der Mast a hat dabei ein Moment von 60 mt, der Mast b ein Moment von 12 mt bezogen auf Fundamentoberkante aufzunehmen. Das Maß der Mastdurchbiegung muß zur Bemessung des geringsten

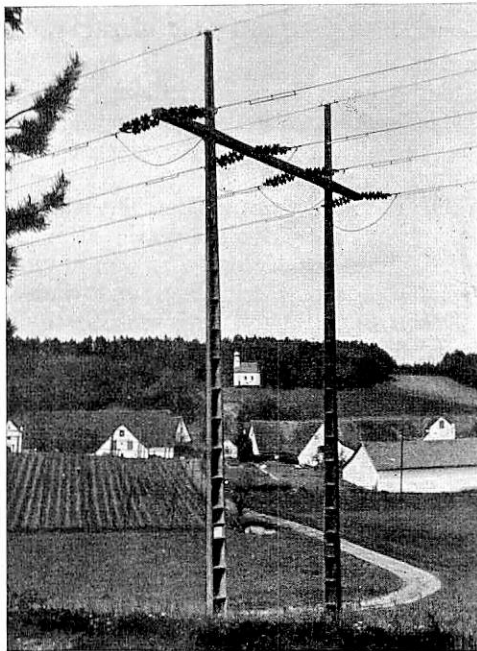


Abb. 3. Betonabspannportal.

senkrechten Abstandes der Leitung bei Kreuzungen für den Fall des Leitungsbruches im Nachbarfeld berücksichtigt werden. Die Versuche ergaben, daß die Maste trotz der starken Durchbiegung keine Zerstörungsrisse oder bleibende Verformungen aufweisen.

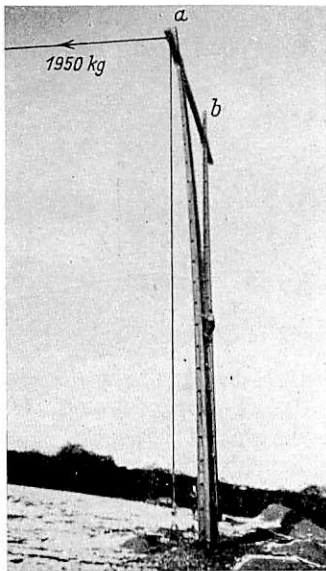


Abb. 4. Biegeversuch mit Tragportal.

In einzelnen Fällen, wo sich durch seitlich ansteigendes Gelände große Unterschiede in den Masthöhen bei Anwendung von Portalen ergeben hätten, wurden zwei gleichhohe Einzelmaste mit je einem um den Mast drehbar gelagerten Querträger für jede Leitungsschleife aufgestellt (Abb. 6). Der Querträger kommt dann zum Ausschwenken, wenn ein Kupferbolzen, welcher das Drehlager in der Ruhestellung festlegt, durch ein Drehmoment, das die halbe Verdrehungsfestigkeit des Mastes überschreitet, abgesichert wird. Abspannmaste und Maste für erhöhte Sicherheit sind auf der Betonmaststrecke stets in Portalform ausgeführt.

Die Betonmaste und Querträger sind zur besseren Einfügung in das Landschaftsbild dunkelgrau getönt, und zwar in der Weise, daß vor dem Betonieren der Maste dem Zement eine bestimmte Menge Ruß beigemischt wurde.

Die Stahlrohrmaste (Abb. 7) sind durchwegs mit feststehenden Querträgern ausgeführt, so daß also auch die Tragmaste für die volle Verdrehungsbeanspruchung bei Riß

eines Seiles bemessen sind. Die Gewichtsparsnis bei geschweißten Stahlrohrmasten ist jedoch gegenüber genieteten Winkeleisenmasten so groß, daß bei gleicher Masthöhe der verstärkte Stahlrohrtragmast immer noch um 20 % leichter ist als der Winkeleisentragsmast mit Schwenkquerträger. Bei Abspannmasten beträgt die Gewichtsparsnis etwa 27 %.

Die in der Regel dreigliedrigen Trag- und Abspannkette bestehen aus braungelasierten Vollkernisolatoren (sogenannten Motor-Isolatoren) mit je zwei Tellern. Die Mindestbruchlast der Kette beträgt 7500 kg, die Überschlagnspannung bei drei Gliedern 270 kV im nassen und 365 kV im trockenen Zustand. Bei Abspannungen sind Doppelketten, bei Bahnkreuzungen außerdem noch ein vierter Isolator je Kette eingebaut. Hängeketten sind mit doppelten unteren

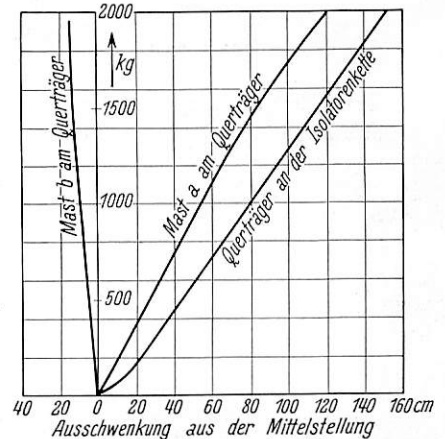


Abb. 5. Durchbiegung der Betonmaste. Mast a 24 m freie Länge bis zum Querträger, Mast b 22 m freie Länge bis zum Querträger.

Schutzhörnern, Abspannkette mit beiderseits einfachen, nach oben stehenden Schutzhörnern versehen.

Zum Schutz der Seile gegen Schwingungsbrüche an den Einspannstellen der Klemmen sind teils Dämpfungsbeylagen teils Schwinghebel (Abb. 8) in unmittelbarer Nähe der Klemme eingebaut. Die Dämpfungsbeylage besteht aus zwei 1 m und 1,7 m langen Stahlschienen mit kreisbogenförmigem Querschnitt, welche unter Zwischenlage eines Aluminiumwickelbandes am Seil oben und unten angeklemt sind. Dadurch wird die Schwingungsarbeit z. T. in Biegeungsarbeit an den Stahlbeilagen umgewandelt und die Schwingungsbeanspruchung des Seiles an der Klemmstelle herabgemindert. Der Schwinghebel ist ein 1,6 m langes Stahl-lineal, welches mit verschieden langen Hebelarmen am Seil drehbar aufgehängt ist und sich an beiden Enden in Führungsschlitzen auf- und abbewegen kann. Hier wird die Schwingungsarbeit in Schlagarbeit umgesetzt und vernichtet. Die Schwinghebel sind wegen ihrer

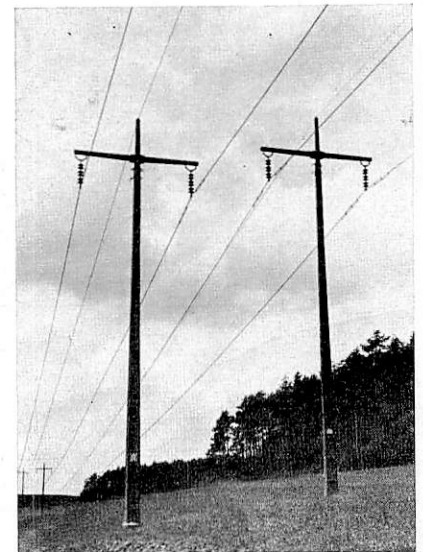


Abb. 6. Betontragmaste mit drehbaren Querträgern.

besseren Dämpfungswirkung in Gegenden mit erhöhter Schwingungsbruchgefahr eingebaut. Diese besteht vorwiegend da, wo langanhaltend gleichmäßiger Wind mit geringer Stärke senkrecht zur Leitung auftritt, das ist in der Regel in Fluß- und anderen Tälern, in Sumpfniederungen, an Hängen, Waldändern und in Waldlichtungen.

Zur Abspannung des Seiles wird die Doppelkonusabspannklemme Bauart Hofmann, Kötzschenbroda verwendet, bei

welcher Stahlseele und Aluminiummantel getrennt mit je einem Konus gefaßt sind. Die Strombrücke wird mit Klemmbacken an der Abspannklemme befestigt. Der Strom fließt also durch die Klemme über die Einspannstellen der Seile. Beim Zusammenbau muß deshalb besondere Sorgfalt auf guten Sitz des Aluminiummantels im Konus und in den Klemm-

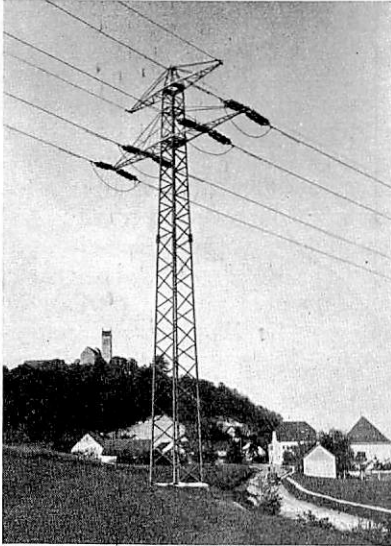


Abb. 7. Stahlrohrabspannmast 29 m Höhe mit Querträger für 2 Erdseile.

backen verwendete werden, um geringe Stromübergangswiderstände zu bekommen. Zum Zusammenstoßen von Seilen im Spannungsfeld werden Doppelkonusverbinder in derselben doppelseitigen Ausführung wie bei den Abspannklemmen verwendet. Die Abspannklemme sowohl wie die Verbinder werden nach dem Zusammenbau zum Schutz gegen Eindringen von Feuchtigkeit mittels einer Fettpresse mit Calypsol gefüllt.

Zum Übergang des Stalu-Seiles auf die Kupferleitungen der Unterwerke wird eine aus einem Aluminium- und einem Kupfer-

teil bestehende Kerbstromklemme verwendet, deren kabelschuhartige Lappen unter Zwischenschaltung eines sogenannten Kupalbleches miteinander verschraubt sind. Das aus zusammengeschweißtem Kupfer- und Aluminiumblech bestehende Kupalblech verhindert den Zutritt von Feuchtigkeit und damit Korrosionserscheinungen an den Berührungsstellen zwischen Kupfer und Aluminium. An der Einführung beim

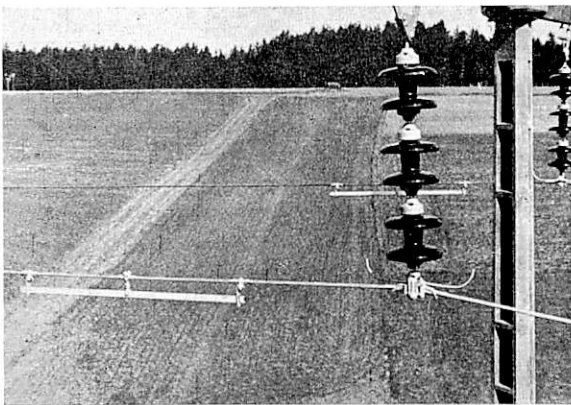


Abb. 8. Stützpunkt mit Schwinghebeldämpfer.

Unterwerk Landshut wurde der Kupferteil der Klemme als Kupferrundstab ausgebildet, der am Durchführungsisolator eingeklemmt ist (Abb. 9).

Jeder Mast ist mit Erdungsschraube und Bandeisen an eine verzinkte Erdplatte angeschlossen, welche bei Eisenmasten seitlich am Fundament, bei Betonmasten zwischen den beiden Fundamenten in der Regel 2,5 m tief in den Boden verlegt ist. Bei schlechtleitendem Boden (Fels) wird statt der Erdplatte Banderde verwendet. Als leitende Mast- und Querträgerverbindung sind bei Betonmasten die Stahleinlagen mit angeschweißten nach außen freiliegenden Erdungsmuttern benutzt. Querträger, Blitzseilbock und Aufhängebügel sind mit Kupferbändern über Erdungsschrauben an die Stahleinlagen des Mastes bzw. des Querträgers angeschlossen.

### Festigkeit und Abmessungen.

Die Grundlagen für die Berechnung und Bemessung der Leitung bilden die „Vorschriften für den Bau von Starkstromleitungen VSF“. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der Bahnstromfernleitungen für den elektrischen Zugbetrieb wird über einzelne Bestimmungen dieser Vorschriften noch hinausge-

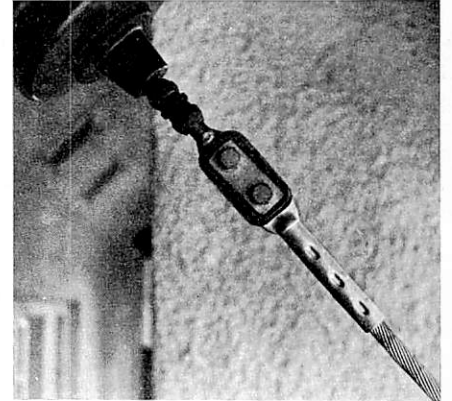


Abb. 9. Kerbstromklemme am Unterwerk Landshut.

gangen. So wurde als zulässige Höchstzugspannung für Stalu-Seil  $8 \text{ kg/mm}^2$  statt  $11 \text{ kg/mm}^2$  bezogen auf den Gesamtquerschnitt des Seiles, dessen Bruchlast  $31 \text{ kg/mm}^2$  beträgt, festgesetzt. Diese Zugspannung ergibt einen Durchhang, der ungefähr dem von Kupferseil mit  $120 \text{ mm}^2$  Querschnitt bei  $16 \text{ kg/mm}^2$  Zug entspricht. Die Masten sind so bemessen, daß statt Stalu 95 auch Kupferseil mit  $120 \text{ mm}^2$

Querschnitt aufgelegt werden kann, also für eine höchste Zugspannung von  $1920 \text{ kg}$  je Seil. Als Regelspannweite wurde  $250 \text{ m}$  Mastabstand, als Länge eines Abspannabschnittes  $2500 \text{ m}$  gewählt. In Gegenden mit erhöhter Eislastgefahr sind die Spannweiten in der Regel auf  $200 \text{ m}$  und die Abspannabschnitte auf  $2000 \text{ m}$  verkürzt. Die Tragmaste sind für den vollen einseitigen Höchstzug eines Leitungsseiles bemessen, Winkelmaste, Abspannmaste und Kreuzungsmaste für die Hälfte der einseitigen Leitungszüge. Durch diese Vereinheitlichung ergeben sich nur folgende sechs in den Belastungsannahmen verschiedene Mastarten: Gewöhnliche Tragmaste, Tragmaste für erhöhte Sicherheit, Abspannmaste mit Winkel  $180^\circ$ ,  $150^\circ$  und  $120^\circ$  und Endmaste. Der Mastregellänge entspricht ein Bodenabstand des Aufhängepunktes von  $15,77 \text{ m}$ , ein größter Durchhang (bei  $+40^\circ$ ) von  $7,8 \text{ m}$  und ein geringster Bodenabstand im ebenen Gelände von  $7,97 \text{ m}$  bei  $250 \text{ m}$  Spannweite. Der Mindestbodenabstand ist auf  $7 \text{ m}$  gegenüber  $6 \text{ m}$  nach VSF festgesetzt. Die Winkeleisenmaste sind nach Überlängen, die Beton- und Rohrmaste aus Wirtschaftlichkeitsgründen nach Über- und Unterlängen, von Meter zu Meter je nach Bedarf abgestuft.

Sämtliche Masten sind mit Betonfundamenten gegründet. Stahl-Tragmaste sowie alle Betonmaste erhielten Blockfundamente, Stahl-Abspannmaste Stufenfundamente jeweils in wahlweiser Ausführung für drei verschiedene Bodenpressungen. Bei Gründungen im Felsboden sind stets Blockfundamente ausgeführt. Auf der Betonmaststrecke wurden bei Boden mit starker Wasserführung z. T. auch Rohrgründungen angewendet. Eisenbewehrte Betonrohre mit  $1,5 \text{ m}$  lichter Weite werden nach dem Brunnenschachtverfahren abgesenkt, der Innenraum wird mit Trichterverfahren unter Wasser ausbetoniert (Abb. 10). Die Gesamttiefe des Rohrfundamentes für Abspannportal beträgt  $5 \text{ m}$  bei einem Gründungsmoment von  $70$  bis  $80 \text{ mt}$  bezogen auf  $2,5 \text{ m}$  Einspanntiefe. Die Betonfüllung ist auf die Gesamttiefe mit Eisenstäben und Ringen bewehrt. Sämtliche Betonmaste sind auf  $2,5 \text{ m}$  Tiefe im Fundament eingesetzt. Bei Vorhandensein von aggressiven Wässern wird kalkarmer hochwertiger Tonerdeschmelzzement für die Gründungen verwendet. Die Fundamentkappen bei den Stahlmasten sind so ausgebildet, daß sie Wasser von den Masteckstielen ableiten. Die Übergangstellen von Eisen und Beton sind mit Inertolanstrich versehen, um Eindringen von Wasser zwischen Maststiel und Beton zu verhindern. Die Betonmaste

sind am Boden von Fundamentoberkante bis 25 cm über Erdaustritt durch kreisrunde Betonkappen mit etwa 1 m Durchmesser geschützt. Die Kappen sind mit Inertol gestrichen.

Zur Verringerung der gegenseitigen elektrischen Beeinflussung ist jede der beiden Schleifen in gleichen Abständen zwischen den Unterwerken dreimal verdreht (Abb. 11). Unterkreuzende Niederspannungs- und Ortsverbindungsfernspannleitungen wurden an der Kreuzungsstelle auf eine Länge von etwa 30 m verkabelt. Im übrigen sind die Kreuzungen nach den VSF-Vorschriften ausgeführt. Überkreuzungen der Bahnstromleitung durch fremde Hochspannungsleitungen müssen bruch sicher nach den Bahnkreuzungsvorschriften ausgeführt sein.

Der Geländeschutzstreifen für Baubeschränkung beträgt im allgemeinen 30 m nach beiden Seiten von der Leitungsmittelpunkt aus gerechnet. Ausnahmen können je nach Art der Ausführung des Bauwerkes zugelassen werden. Alle im Schutzstreifen liegenden Grundstücke werden mit einer beschränkten persönlichen Dienstbarkeit belastet. Bei Wäldern richtet sich die Aufhiebbreite nach der Höhe der stehenbleibenden Randbäume, welche beim Umstürzen senkrecht zur Leitungsrichtung die Leitung nicht berühren dürfen.

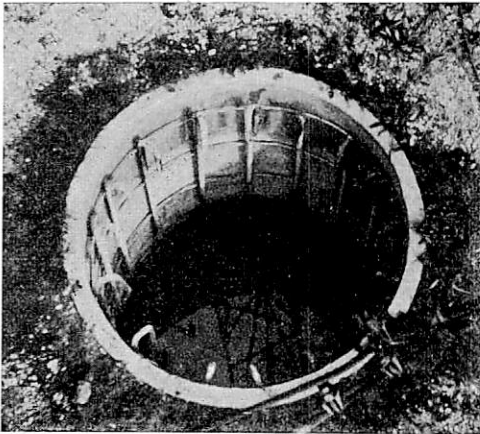


Abb. 10. Rohrfundament.

### Linienführung und Planung.

Bei der Festlegung der Leitungsführung und der Maststandorte sind in der Hauptsache folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

1. Möglichste Annäherung an die kürzeste Verbindungslinie zwischen den beiden Unterwerken.

2. Umgehung von Ortschaften und Siedlungsgebieten unter Berücksichtigung etwa vorliegender Baulinienpläne. Von Flugplätzen muß ein Abstand von wenigstens 0,5 km gehalten werden.

3. Schonung von hochwertigen Waldbeständen. Besonders nachteilig und kostspielig ist das Anschneiden von Waldrändern auf der Süd- und Westseite, da hier nach Entfernung der schützenden Randbäume der gelichtete Wald durch Windbruch und Aushagerung (Einwirkung der Sonne) besonders gefährdet ist. Die Kosten für Waldauftrieb setzen sich aus den Entschädigungen für vorzeitigen Abtrieb, für Ertragswertminderung des Bodens und für besondere Nachteile zusammen. Die Kosten für vorzeitigen Abtrieb sind bei mittlerem Bestandsalter (30 bis 40 Jahre bei Nadelholz) am höchsten, da hier die im Bestand festgelegten Aufwendungen für Pflanzung und Schlagpflege den Nutzungserlös noch wesentlich übersteigen. Jungholz ist wegen der geringeren Kulturkosten billiger, bei schlagreifem Holz entfällt die Entschädigung für vorzeitigen Abtrieb ganz. Die Höhe der Entschädigung für Bodenwertminderung hängt von der mehr oder weniger

günstigen Verwendungsmöglichkeit der Aufhiebsfläche für landwirtschaftliche oder sonstige Nutzungen ab. Gegebenenfalls sind dann noch die Umstellungskosten (Rodung usw.) zu vergüten. Die „besonderen Nachteile“ sind Windbruchgefahr, Aushagerung, Schlagreinigung, Mindererlöse infolge ungünstiger Fällungszeit usw.

4. Berücksichtigung der geologischen und meteorologischen Verhältnisse. Moor- und Sumpfgebiete sowie Niederungen mit hohem Grundwasserspiegel sollen wegen hoher Gründungskosten und Rauhreifgefahr möglichst vermieden werden. Letztere besteht besonders auch an Hängen, welche aus feuchten Niederungen, Schluchten oder Flußtäälern ansteigen. Bei Ost-Westrichtung der Leitungsführung ist der durch Ostwind begünstigte Rauhreifansatz geringer als bei Nord-Südrichtung. Auskünfte über Rauhreifgebiete werden von den Wetterwarten, den Forstämtern und den vorhandenen Leitungen unterhaltenden Überlandwerken und Reichspoststellen erholt. Längsführung der Leitung in Schluchten und an Hängen ist auch deshalb unwirtschaftlich, weil die Maste wegen Seitenhang in der Regel überhöht oder die Spannweiten verkürzt werden müssen.

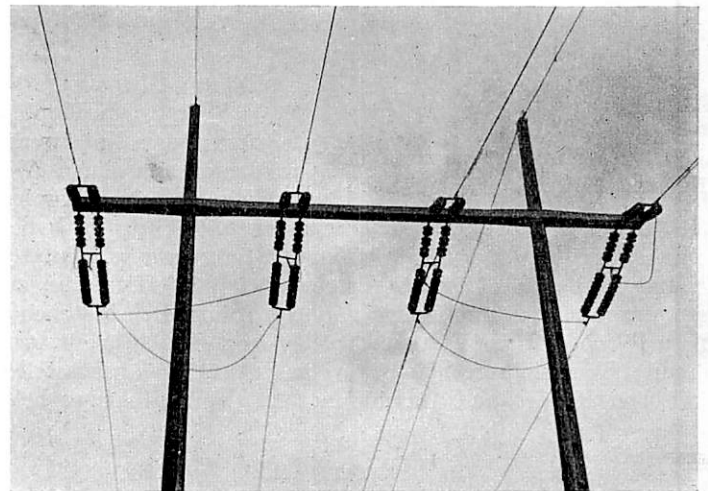


Abb. 11. Abspannportal mit Verdrillung.

5. Umgehung von Gegenden mit ausbeutefähigen Bodenschätzen. Wenn dies nicht möglich ist, müssen besondere Maßnahmen oder Vereinbarungen wegen Gewährleistung der Standsicherheit der Maste getroffen werden.

6. Vermeidung längerer Parallelführung mit Schwachstrom- und Niederspannungsleitungen.

7. Möglichst geringe Zahl an Kreuzungen von Bahnliesen, Straßen, Flüssen, Schwach- und Starkstromleitungen.

8. Günstige Zufahrtswege für Bau und Unterhaltung der Leitung.

9. Tunlichste Ausnützung der zulässigen Spannweiten und Abspannlängen, möglichst lange gerade Fluchten und keine zu scharfen Abwinkelungen. Winkelpunkte sind nach Möglichkeit so zu legen, daß sie mit Kreuzungen, Abspannabschnitten usw. zusammenfallen, wo ohnehin verstärkte Maste erforderlich sind.

10. Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Interessen. Maste sollen nach Möglichkeit auf Flur- oder Bewirtschaftungsgrenzen gestellt werden, um die Behinderung in der Feldbestellung (besonders bei maschinellem Betrieb) auf ein Mindestmaß zu beschränken.

11. Wahrung der Erfordernisse der Landesverteidigung.

12. Rücksichtnahme auf die Belange des Heimatschutzes und der Naturpflege. Störende Wirkungen im Landschaftsbild sollen vermieden werden, Naturschutzgebiete, historische Bau-

werke, schöne Baumgruppen usw. sind unter Einhaltung eines der Bildwirkung angepaßten Abstandes zu schonen.

Unter genauer Abwägung all dieser z. T. sich entgegenstehenden Gesichtspunkte muß die wirtschaftlich, betriebs- und unterhaltungstechnisch günstigste Linienführung gefunden werden. Soweit nicht aus irgendwelchen Gründen eine Zwangsläufigkeit vorliegt, sind mehrere mögliche Leitungsführungen, die zunächst auf der Karte 1:25000 eingetragen und im Gelände unter Festlegung der wichtigsten Winkelpunkte in großen Zügen durchgeflucht werden, nach den vorgenannten Gesichtspunkten im Benehmen mit den zuständigen Behörden und sonstigen Stellen eingehend zu untersuchen. In Moor- und Sumpfgenden, in Felsgebieten usw. müssen, wenn noch keine genauen Unterlagen vorliegen, Boden- und Wasseruntersuchungen zur Beurteilung der Gründungsart und -kosten vorgenommen werden. Die nach Gegenüberstellung der wirtschaftlichen und betriebstechnischen Vor- und Nachteile ausgewählte Leitungsführung wird dann mit Nivellierinstrument genau durchgeflucht, ausgesteckt und in die Meßtischblätter 1:5000 eingetragen. Nach Aufnahme eines genauen Längensprofils, in dem alle wichtigen Geländepunkte im Zuge der Leitungslinie eingezeichnet sind, kann mit der Festlegung der Maststandorte unter Berücksichtigung der Durchgangskurven begonnen werden. Bei Seitenhängen sind außerdem auch noch Querprofile an den ungünstigsten Stellen aufzunehmen, ebenso bei den Portalen der Betonmaststrecke, wenn die Maste wegen ungleicher Höhenlage des Geländes verschiedene Längen erhalten müssen.

Die Betonmaststrecke überquert auf insgesamt 14 km Flußniederungen (Isar, Ilm, Donau) mit hohem Grundwasserstand und starkem Wasserandrang. Sie führt weiterhin auf etwa 30 km durch hügeliges Gelände mit ausgedehnten Hopfenbauanlagen (Hallertau). Bei unvermeidlichen Überkreuzungen von Hopfenfeldern wurde im Benehmen mit der Landesbauernschaft ein Mindestbestand von 5 m zwischen dem 7 bis 8 m hohen Gestänge und den Stromseilen der Leitung festgelegt, so daß beim Bespritzen des Hopfens mit Kupfersulfat der bis zu etwa 1 m über das Gestänge hinausreichende Nebel keinen Überschlag einleiten kann. Dadurch, daß die Leitung in der Hauptsache auf den freien Höhenzügen verläuft, während für die Hopfenanlagen die windgeschützten Täler und die Wald-ränder bevorzugt werden, kommen nur einige wenige Kreuzungen vor, die größere Mastüberlängen (4 bis 6 m) erfordern. Es war deshalb auch nicht nötig mit Rücksicht auf die 10- bis 15jährige Umstellungszeit des Hopfens künftigen Anlagen unter der Leitung durch kostspielige Überhöhung der Maste oder Verringerung der Spannweiten Rechnung tragen oder höhere Entschädigungen für Bodenertragswertminderungen der überspannten Grundstücke zu leisten. Der Boden im Hallertauer Hügelland ist durchwegs fester lehmartiger Sand, also sehr guter Baugrund.

Die Stahlmaststrecke verläuft nahezu auf ihrer ganzen Länge durch Juragebiet; 134 Mastfundamente sind Felsgründungen. Die sonst üblichen Schwellengründungen für Stahlmaste konnten deshalb überhaupt keine Verwendung finden. Maste an den Jurahängen mußten wegen Gefährdung durch Rutschungen vermieden werden. Die Leitung wurde deshalb und auch wegen der zahlreichen Kalkplatten-Steinbrüche an den Randgebieten des Juras im wesentlichen auf der Hochebene geführt, wobei das in zahlreichen Windungen den Jura durchschneidende Altmühltal nur einmal zu überqueren war. Allerdings mußten bei der gewählten Linienführung Durchbrüche von rund 6 km durch die umfangreichen zusammenhängenden Waldbestände auf der Jurahochebene in Kauf genommen werden; das ergab bei 60 bis 80 m Ausbiebsbreite nach Abzug der ausgenützten Lichtungen eine Abtriebsfläche von etwa 35 ha Wald. Auf der Betonmaststrecke waren rund 4 ha auszuholzen.

Auf Strecken von insgesamt 44 km werden Genden mit erhöhter Rauhreifgefahr unter Verringerung der Höchstspannweiten auf 220 m berührt, und zwar im Juragebiet, im Donau- und Isartal.

In der Nähe von Landshut mußte ein Gebiet mit ausgedehntem Bleicherdevorkommen, das teils im Tag-, teils im Untertagbau gefördert wird, wegen zu hoher Ablösekosten umgangen werden. Ein Mast, der auf Grund der vorgenommenen Bodenuntersuchungen in den Bereich des Vorkommens hineinfällt, wurde so tief gegründet (6 m), daß im Umkreis von etwa 20 m ohne Gefährdung des Mastes noch gefördert werden kann.

An Kreuzungen waren neun bruchsicher und 60 mit erhöhter Sicherheit auszuführen; 28 Niederspannungs- und Schwachstromleitungen sowie eine 15 kV Bahnspiseleitung beim Unterwerk Landshut wurden verkabelt und z. T. verlegt. Die mittlere Spannweite beträgt 219 m, die mittlere Länge eines Abspannabschnittes einschließlich der bruch-sicheren Kreuzungen 1270 m. Die Abwinkelungen liegen in der Regel zwischen 180° und 150°; nur bei sieben Masten kommen Winkel zwischen 135° und 150° vor. Die höchsten Maste sind die beiden Donaukreuzungsmaste mit je 37 m freier Länge bei einer Spannweite von 260 m und bruch-sicherer Aufhängung mit 14 m Mindestabstand der Leitungen vom höchsten schiffbaren Wasserstand. Zwei Kreuzungen mit 100 kV Bayernwerksleitungen erforderten einen Mast mit 9 m und einen mit 10 m Überlänge. Die Streckenlänge der Leitung weicht nur um 5,8% von der Luftlinie ab, ein für Fernleitungen recht günstiges Ergebnis. Insgesamt kamen 483 Maste, davon 84 Abspann- und Winkelmaste zur Aufstellung, wovon auf die Betonmaststrecke 215 Tragwerke treffen.

Zur einfacheren Durchführung der Dienstbarkeitsbestellungen für die Grundstücke innerhalb des 60 m-Schutzstreifens wurden mit der Landesbauernschaft einheitliche Entschädigungssätze für Maste auf Grundstücken mit landwirtschaftlicher Nutzung je nach Art der Feldbestellung sowie je nach Größe und Standort des Mastfundamentes vereinbart, was sich bei der großen Anzahl der betroffenen Grundstücke (hier rund 4000) sehr gut bewährt hat. Die Entschädigungen für Baugrundstücke und für Waldantrieb werden nach Lage der örtlichen Verhältnisse nötigenfalls unter Beiziehung von Sachverständigen gesondert vereinbart. Auf der Betonmaststrecke, wo jedes Tragwerk aus zwei Masten besteht, wurden bei Grundstücken mit landwirtschaftlicher Nutzung die Fundamente mit Oberkante um 0,5 m unter Erdoberfläche gesetzt, so daß nur die runde Mastkappe mit 0,9 bis 1 m Durchmesser für die Behinderung in der Feldbestellung in Frage kommt. Da Siedlungsgebiete und größere Ortschaften von der Leitung kaum berührt werden, waren die grundrechtlichen Schwierigkeiten, abgesehen von den Forstverhandlungen, im allgemeinen gering.

#### Bauausführung.

Für die Fernleitung stand, abgesehen von den Vorarbeiten für die Linienführung, ein Jahr Bauzeit zur Verfügung. Die Bestellung und Zulieferung der Baustoffe, die Einteilung und Ausführung der einzelnen Bauvorgänge mußte so aufeinander abgestimmt werden, daß Baukolonnen in ausreichender Zahl eingesetzt werden konnten, ohne daß der zügige Baufortschritt ins Stocken geriet, wobei Umzüge mit den Baugeräten auf größere Entfernungen auf ein Mindestmaß zu beschränken waren. Der in Abb. 12 dargestellte Baubetriebsplan zeigt die Verschiedenheiten im Baufortschritt und in der Arbeitseinteilung auf der Stahlmast- und der Betonmaststrecke. Dadurch, daß auf der Stahlmaststrecke die Arbeitsvorgänge für Anfuhr und Einbau der Maste an verschiedenen Stellen gleichzeitig vor sich gehen konnten, wurde eine Gesamtbauzeit

von 7 1/2 Monaten erreicht, während auf der Betonmaststrecke hauptsächlich durch die lange Anfahrzeit von 8 Monaten die Gesamtbauzeit 12 Monate betrug.

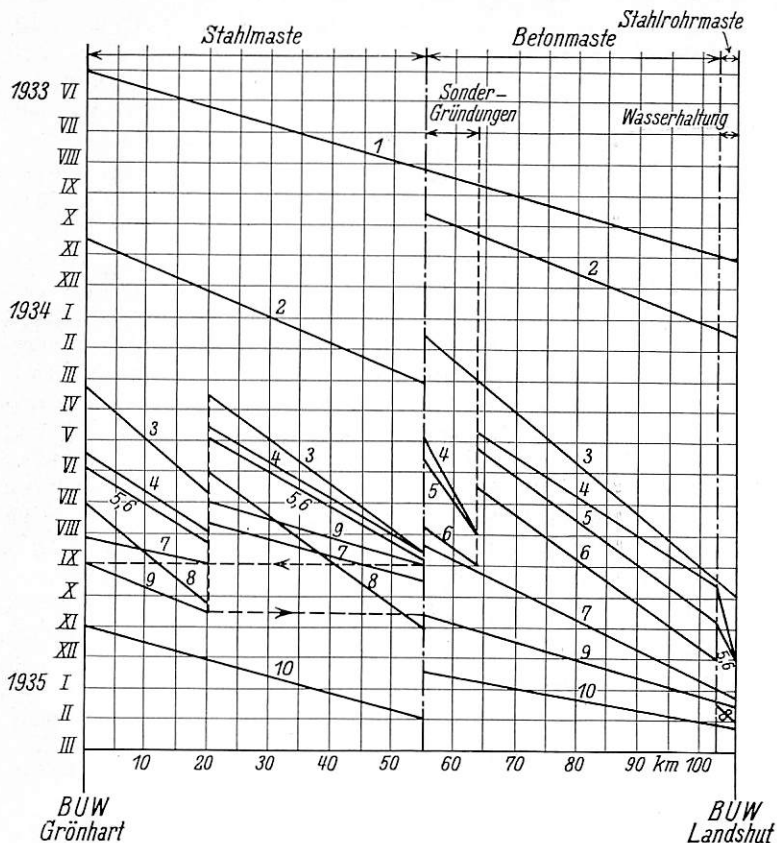


Abb. 12. Baubetriebsplan.

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 Trassierung               | 6 Stellen der Maste         |
| 2 Vermessung und Planung    | 7 Herstellen der Erdungen   |
| 3 Mastanfuhr                | 8 Anstrich                  |
| 4 Schächten der Fundamente  | 9 Seilzug                   |
| 5 Betonieren der Fundamente | 10 Nacharbeiten und Prüfung |

Die Anfuhr der Betonmaste erforderte wegen Sperrigkeit und Gewicht des Ladegutes (19 bis 27 m und 9 bis 24 t je Tragwerk) einen umfangreichen Geräte- und Fahrzeugpark.

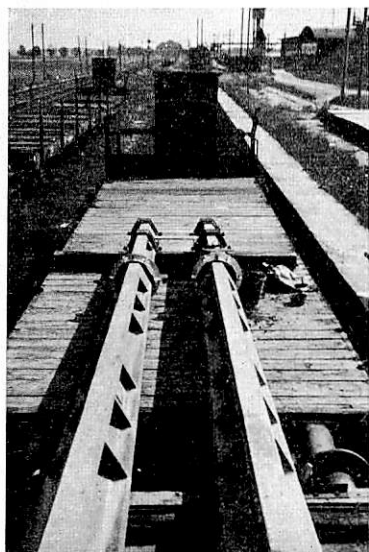


Abb. 13. Betonmast auf Bahnwagen verladen.

Die Anfuhr der Betonmaste erforderte wegen Sperrigkeit und Gewicht des Ladegutes (19 bis 27 m und 9 bis 24 t je Tragwerk) einen umfangreichen Geräte- und Fahrzeugpark.

Zur Bahnbeförderung waren für die ganze Anfuhrdauer fünf SS-Wagen mit je zwei Schutzwagen bereitgestellt. In der Regel wurden auf eine Wageneinheit vier Einzelmaste mit zugehörigen Querträgern in zwei Lagen übereinander, bei mehr als 7 t Mastgewicht jedoch nur zwei Maste nebeneinander verladen. Zur Vermeidung des Schwingens und Aufschlagens der überstehenden Mastspitzen mußten diese auf den Schutzwagen aufgelegt werden, wobei durch

Hartholzzwischenlagen, welche mit Schmierseife bestrichen aufeinander gleiten konnten, die Kurvenbeweglichkeit der Fahrzeuge gesichert blieb (Abb. 13). Da die

wenigen in der Nähe der Leitung gelegenen kleinen Bahnhöfe

in der Regel nur eine Wageneinheit aufnehmen konnten und diese den Bahnhof nur kurze Zeit belegen durfte, wurden unter teilweiser Änderung der Nebenbahnfahrpläne und Einlegen von Bedarfzügen die Laufwege und -zeiten planmäßig festgelegt und die Zugnummern auf besonderen Tafeln an

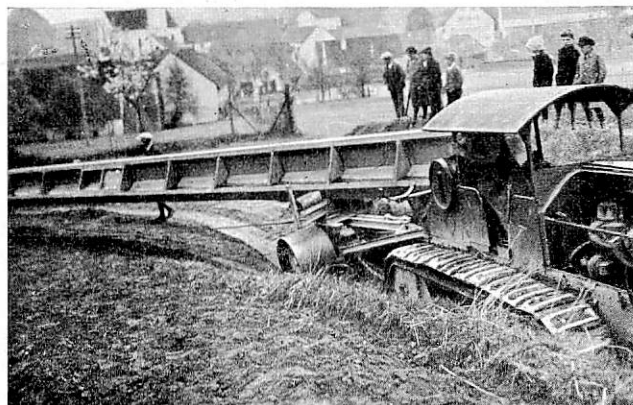


Abb. 14. Betonmastbeförderung durch Hohlweg.

den Wagen angeschrieben. Das Abladen erfolgte mit zwei über dem Ladegleis des Empfangsbahnhofs errichteten einfachen Bockkranen mit Holzstützen. Der Mast wird an zwei Stellen mit Scherenzangen hochgehoben, mit den Laufkatzen der Flaschenzüge seitlich verschoben und auf die bereitstehenden Landförderwagen abgesetzt. Die einachsigen Drehschemelwagen haben 70 cm breite Eisenräder mit 80 cm Durchmesser; der Hinterwagen ist mit Spindelhandantrieb zum Einstellen der Achse in die Fahrtrichtung bei Wegkrümmungen ausgerüstet. Als Zugmaschinen dienten bei schlechten Wegverhältnissen und in Steigungen Raupenschlepper (bei Steilwegen und scharfen Wegbiegungen häufig auch zwei Raupen), bei guten Straßen Radschlepper. In der Regel wurde jedes Gespann nur mit einem Mast beladen (Abb. 14), da das Auflegen von zwei Maste (Abb. 15) wegen der zu großen Gewichte keinen wirtschaftlichen oder zeitlichen Gewinn brachte.

Zur Vermeidung von Verwindungsbrüchen der Maste durch windschiefe Achsenstellung bei unebenem Gelände hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Mast nur an einer am hinteren Wagen befestigten Deichsel festzubinden und auf den Drehschemeln selbst frei aufliegen zu lassen (Abb. 16). Für die Ausfuhr der Betonmaste waren vier Raupenschlepper, zwei



Abb. 15. Betonmastbeförderung über Brücke aus Holzschwellen.

Radschlepper und drei Anhängespanne mit je zwei Drehschemelwagen verfügbar, womit eine Förderleistung von durchschnittlich einem Tragwerk je Tag bewältigt werden konnte.

Sehr wichtig für die Anfuhr war die Auswahl und genaue Prüfung der Fahrwege. Vielfach mußten Brücken und Durch-

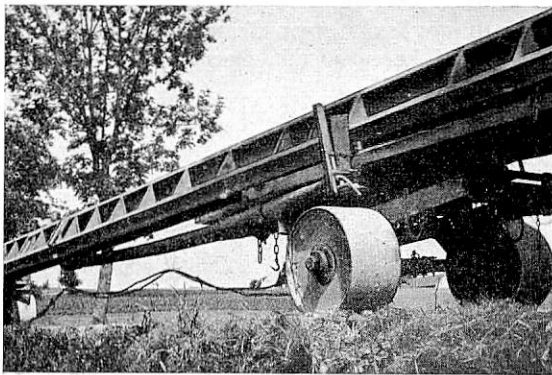


Abb. 16. Lagerung des Mastes auf den Hinterwagen.



Abb. 17. Instandsetzen eines beschädigten Mastes.

lässe auf 10 t Belastung verstärkt, Überfahrten geschaffen, Wege verbreitert oder zur Abflachung von Krümmungen neu angelegt werden. Einige bei der Ausfuhr vorgekommenen Mastbeschädigungen (Verwindungsbrüche) konnten an Ort und Stelle durch Freilegen des Stahlgerippes auf 2 bis 3 m und Neuausgießen unter Verwendung einer Blechverschalung mit geringem Kostenaufwand behoben werden (Abb. 17).

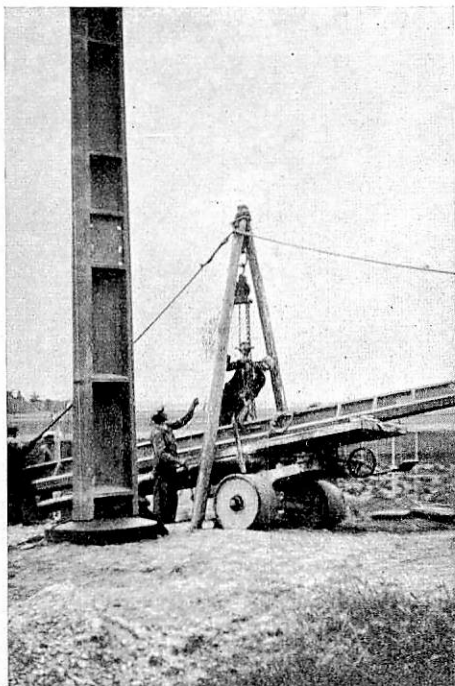


Abb. 18. Abladen des Mastes am Standort.

Die Anfertigung der Maste im Lieferwerk (Tumag, Fürstfeldbruck) konnte unter Berücksichtigung einer Abbindezeit von vier Wochen trotz der großen Zahl von 33 verschiedenen Abmessungen mit der Ausfuhr Schritt halten. Die stückmäßige Belieferung im Leitungszug bereitete im Werk keine fertigungstechnischen Schwierigkeiten, da im

gleichen Arbeitsgang nur unter Verlängerung oder Verkürzung der Schalung jede vorkommende Mastart hergestellt werden kann.

Das Abladen der Maste am Aufstellungsort erfolgte in einfacher Weise mit Holz-zweibock und Flaschenzug (Abb. 18).

Auf der Stahlmaststrecke wurden täglich vier bis fünf Maste mit einem Durchschnittsgewicht von je 4,3 t ausgefahren, und zwar in der Regel mit Langholz-Pferdefuhrwerken, die jeweils mit einem Tragmast bei zusammengesetzten Mastschüssen oder mit zwei Schüssen eines Abspannmastes beladen werden konnten. Auf der Bahn wurden die Maste teils mit Rungen- und teils mit SS-Wagen befördert. Dagegen war die Anlieferung von den Werken infolge der Abhängigkeit von der Herstellung der Walzprofile und wegen der werkstattmäßigen Anfertigung nach gleichen Bauarten ziemlich unregelmäßig, weshalb auch die Anfuhr und das Maststellen nicht immer im Leitungszug vor sich gehen konnte.

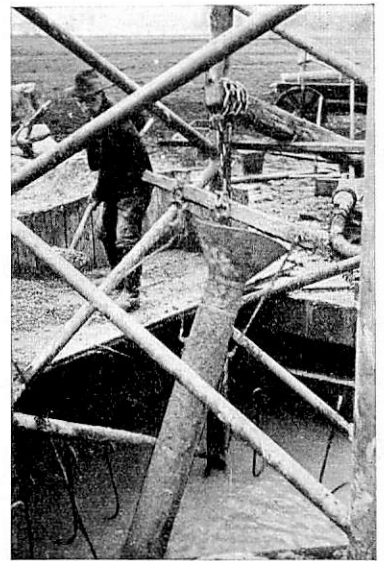


Abb. 19. Betonieren unter Wasser mit Trichter.

Vor Inangriffnahme der Gründungen wurde durch Schürfgruben die Bodenpressung zur Ermittlung der Fundamentart festgestellt. Die Blockfundamente für die Betonmaste wurden in der Weise hergestellt, daß in der Mitte eine kreisrunde Aussparung mit 2,5 m Tiefe offen blieb, welche später nach Einsetzen des Mastes und Einbringen von ringförmigen Bewehrungs-eisen zur Verstärkung der oberen Einspannstelle mit Beton ausgefüllt wurde. Dadurch konnten die Gründungen unabhängig von der Anlieferung der Maste hergestellt und diese nach dem Aufstellen auf der festen Betonsohle einfach und genau ausgerichtet werden. Besonders schwierig und zeitraubend waren wegen des starken Wasserandranges die Gründungen im Ilmtal mit Schwemmsandschicht in 2 m Tiefe und im Isartal mit Moor- und Kiesboden. Im Ilmtal mußte mit Spundwandverschalung unter Wasser gebaggert werden, da beim Pumpen die Grube sich immer wieder mit Schwemmsand füllte. Die Betonrohrgründung wurde bereits erwähnt. Im Isartal mußte beim Schachten teilweise mit fünf Pumpen gearbeitet werden. Betoniert wurde unter Wasser mit Trichterverfahren (Abb. 19).

Vor dem Stellen der Betonmaste werden die Portal-Querträger, welche mit Rücksicht auf einfacheren Einbau in zwei getrennten Hälften hergestellt sind, auf den Lager-ring des Mastkopfes aufgeschoben. Das Stellgerät besteht aus zwei geschweißten Rohrfachwerkträgern, welche zu einem Zweibock gelenkig zusammengebaut sind. Der Mast wird zwischen dem mit Drahtseilen verankerten Bock liegend in zwei Punkten etwas über dem Schwerpunkt gefaßt, mit mechanisch angetriebener Winde und Flaschenzug hochgezogen und in die Fundamentaussparung eingelassen (Abb. 20). Nach dem Ausrichten der Maste werden die Querträgerhälften mit den an die Bewehrung angeschweißten Verbindungseisen zusammengeschrubt; Maste und Querträger bleiben bis zum Abbinden der Betonfüllung der Fundamentaussparung verankert. Die Stoßstelle am Querträger wird gleichfalls mit Beton verkleidet. Mit zwei Stellgeräten, eines für die schwereren

und eines für die leichteren Maste, wurden durchschnittlich je Tag  $1\frac{1}{2}$  Tragwerke, also drei Einzelmaste gestellt.

Die Stahlmaste werden nach Zusammenbau der Schüsse in der Regel mit einem etwa 2 m hohen Holz-Zweibock gestellt, der auf dem am Rande der Schachtgrube verankerten Fußende

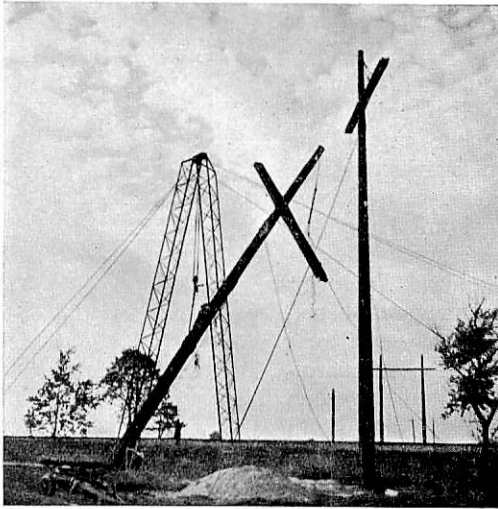


Abb. 20. Stellen eines Betonmastes.

des Mastes sitzt. Mit einem an der Mastspitze befestigten, über eine Rolle am Zweibock laufenden und mit Handwinde angetriebenen Stellseil wird der Mast hochgeklappt und rutscht dabei durch Nachlassen der Verankerung am Fuß in die Grube.

Mit einem Gerät können täglich vier Maste gesetzt werden. Nach dem Stellen wird der Mast mit einer Einsetztiefe von 2,5 m einbetoniert. Die in je vier Schüssengelieferten Donaukreuzungsmaste konnten wegen der großen Längen nicht im ganzen gestellt, sondern mußten nach Herstellen des Fundamentes mit eingesetztem Unterschuß aufgestockt werden (Abb. 21). Andere Stahlmaste mit großen Überlängen wurden auch im ganzen mit dem für Betonmaste verwendeten Rohrstellgerät gestellt (Abb. 22).



Abb. 21. Aufstocken eines Donaukreuzungsmastes.

Das Stahllaluminiumseil bedarf wegen seiner gegenüber Kupferseil wesentlich geringeren Oberflächenhärte einer besonderen Behandlung und Verlegungsweise. Während Kupferseil in der Regel am Boden schleifend mit Pferdegespannen ausgezogen wird, ist bei Aluminiumseil eine schleiffreie Verlegung zur Vermeidung von Beschädigungen vorzuziehen. Anfangs wurden die Seile über Rollen, die am Erdseil und an den Masten aufgehängt waren, mit Pferdegespannen ausgezogen. Da sich jedoch bei diesem Verfahren infolge der großen Zahl von Rollen verschiedene Mängel ergaben, wurde zum Verlegen mit motorisch angetriebener Vorseilwinde übergegangen. Das flexible Stahlseil der Vorseilwinde wird zunächst über Rollen an den Mastquerträgern auf die ganze Nachspan-

länge mit Gespannen ausgezogen. Hierauf wird das von der Seiltrommel über eine Bremstrommel geführte Stalu-Seil am Ende des Vorseils befestigt und mit diesem von der Winde mit einer Zugspannung von etwa dem halben betriebsmäßigen Seilzug bodenfrei hergezogen. Durch die von einem Mann

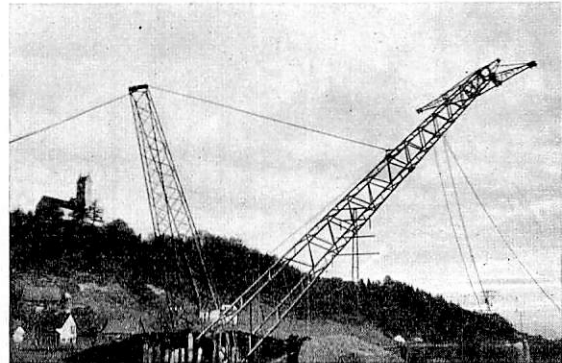


Abb. 22. Stellen eines Stahlrohrmastes.

zu bedienende Bremstrommel, die als Rotationshyperboloid ausgebildet mit drei Seilringen belegt ist, wird die Seiltrommel von der Zugspannung des Seiles entlastet (Abb. 23, 24 und 25). Zur Verhinderung des Aufdrallens der Aluminiumlagen des Stromseiles beim Ausziehen mit Vorseil wurde an der Verbindungsstelle zwischen Vorseil und Stalu-Seil ein der Drallkomponente entgegenwirkendes Bleigewicht angehängt. Die Seile werden gleich nach dem Ausziehen durch Einstellen des vorgeschriebenen Zugspannung entsprechenden Durchhanges unter Berücksichtigung der Temperatur ausgerichtet und eingeklemmt. Die Durchhänge wurden mit Askaniadurchhangmesser nachgeprüft. Die Wochenleistung der Seilzugkolonne schwankte je nach Länge der Abspannabschnitte zwischen 3 und 5 km Leitungstrecke einschließlich Verlegen eines Erdseiles auf der Stahlmaststrecke bzw. zweier Erdseile auf der Betonmaststrecke. Wie aus dem Arbeitsplan (Abb. 12) hervorgeht, mußte auf der Stahlmaststrecke mit Rücksicht auf den Baufortschritt der Maststellarbeiten, der wiederum

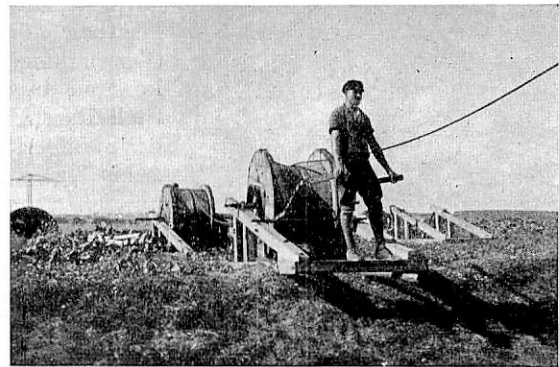


Abb. 23. Seiltrommel und Bremstrommel beim Seilzug.

von der Anlieferung der Maste abhing, die Seilzugkolonne zweimal umgesetzt werden.

Das Streichen der Stahlmaste begann gleich nach dem Maststellen und wurden unter Ausnützung der günstigen Jahreszeit so vorwärtsgetrieben, daß bis zum Seilzug der erste, teilweise auch schon der zweite Deckanstrich aufgebracht und getrocknet war. Der Farbton paßt sich dem Landschaftsbild gut an. Die verzinkten Querträger, welche sich noch hell vom Hintergrund abheben, werden erst gestrichen, wenn der Zinküberzug nach etwa einem halben Jahr durch Oxydation der Farbe eine bessere Haftfähigkeit gibt.



Auf der Fernleitung wurden eingebaut:  
884 t Stahlmaste, 2970 t Stahlbetonmaste, 9468 m<sup>3</sup> Betonfundamente, 295,5 t Stalu-Seil, 66,2 t Erdseil und 7660 Stück Isolatoren. Die Stofflieferungen waren verteilt auf 6 Liefer-

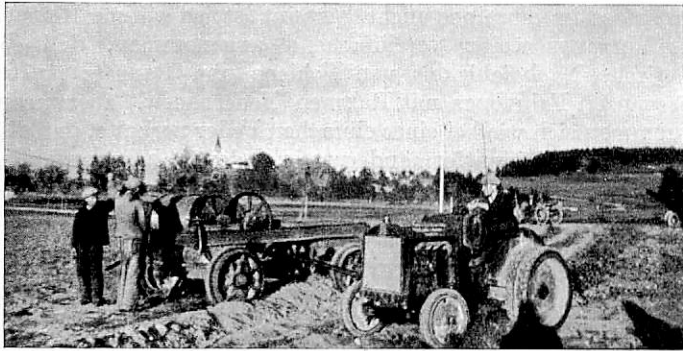


Abb. 24. Vorseilwinde mit Antrieb durch Kraftschlepper.

werke für Maste und Querträger, 14 für Gründungsbaustoffe, 4 für Anstrichmittel, 7 für Strom und Erdseile, 3 für Isolatoren und 6 für Klemmen und sonstige Kleinteile. Mit dem Gesamteinbau war die Firma Brown, Boveri & Cie. beauftragt, welche noch zwei Baufirmen und eine Anzahl von Fuhrunternehmern

aus dem örtlichen Bereich beschäftigte. Verkabelungen und Verlegungen fremder Leitungen führten die Stellen der Reichspost und die Überlandwerke aus, Ausholzungen und Rodungen in Wäldern die Forstämter, Gemeinden und Privatbesitzer. Die

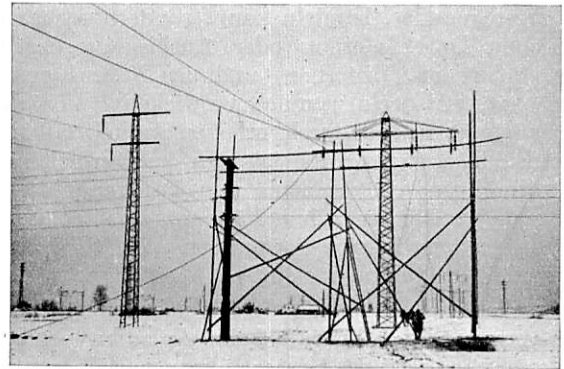


Abb. 25. Seilzug über Hochspannungsgerüst.

Einbauarbeiten beanspruchten einen Aufwand von rund 33000 Tagewerken, wobei 80 v. H. Notstandsarbeiter, welche ausschließlich durch die zuständigen Arbeitsämter aus der örtlichen Umgebung zugewiesen waren, nach den Richtlinien der Grundförderung beschäftigt wurden.

## Der Anlaufstoß bei Eisenbahnfahrzeugen.

Von W. Dauner, Direktor bei der Reichsbahn in Stuttgart, und E. Hiller, Reichsbahnrat in Tübingen.

### Inhalt.

Der Anlaufstoß von Eisenbahnfahrzeugen wird wie der Stoß einer gefederten Masse berechnet. Die für den Stoß maßgebende reduzierte Masse der Fahrzeuge wird ohne und mit Berücksichtigung der Schwerpunkthöhe ermittelt. Der Massenführungsdruck ergibt zusammen mit dem Reibungsführungsdruck den Gesamtführungsdruck, der auch den Raddruck des führenden Rades beeinflusst. Hiernach wird die Entgleisungsgefahr bei verschiedenen Anlaufwinkeln und Fahrgeschwindigkeiten an einem Beispiel untersucht.

Wenn im Gleisbogen oder in der Geraden ein Rad der führenden Achse eines Fahrzeugs gegen die Schiene anläuft, so tritt am anlaufenden Rad zwischen Spurkranz und Schiene ein Führungsdruck auf, der im allgemeinen aus zwei Teilbeträgen zusammengesetzt ist:

1. aus dem Reibungsführungsdruck  $P_r$  (statischer Teil), der die Reibung der einzelnen Räder des Fahrzeugs auf den Schienen bei der durch das Anlaufen bewirkten Schwenkung des Fahrzeugs quer zur Gleisachse überwinden muß,

2. aus dem Massenführungsdruck  $P_m$  (dynamischer Teil), der mit den bei der Schwenkung des Fahrzeugs (Drehen) auftretenden Massenkräften im Gleichgewicht steht.

### Massenführungsdruck $P_m$ .

Massenführungsdrücke treten immer dann auf, wenn das Fahrzeug seine Bewegungsrichtung unstetig ändert. Sie sind stets von Winkelbeschleunigungen um eine senkrechte Achse begleitet.

Die stetigen Richtungsänderungen beim Durchlaufen eines fehlerlos gekrümmten Gleisbogens ergeben hingegen keine Winkelbeschleunigungen. Sie bewirken nur eine gleichbleibende Massenkraft (Fliehkraft), von der hier nicht weiter die Rede sein soll; denn sie ist innerhalb eines Gleisbogens unveränderlich, ihre Größe ist leicht zu ermitteln und ihre Wirkung kann durch entsprechende Überhöhung des äußeren Schienenstranges ausgeglichen werden.

Ferner sollen hier auch die Massenkräfte der Lokomotiven, die von den bewegten Triebwerkteilen der Stangenlokomotiven

oder von den rotierenden Massen der elektrischen Fahrzeuge herrühren, nicht berücksichtigt werden.

Auch die von der Kegelform der Radreifen und von der Spurkranzhohlkehle herrührenden Erscheinungen sollen außer Betracht bleiben.

Es seien hier nur die unregelmäßigen Massenkräfte, wie sie bei Stößen, unruhigem Lauf, unvermittelten Ablenkungen usw. auftreten, betrachtet. Die Ursache solcher Massenkräfte liegt immer in Unstetigkeiten der Fahrzeugführung, die vom Gleis wie auch vom Fahrzeug selbst herrühren können. Z. B. Unstetigkeiten im Gleis, die innerhalb der für die Gleisunterhaltung zugelassenen Toleranzen liegen oder durch die darüber hinaus vorkommenden, mehr oder weniger großen Abweichungen der Gleislage bedingt sind (schlechte Stellen im Gleis); plötzliche Abweichungen in der Spurweite; Gleisknicke in der Geraden; Überschneidungswinkel in Weichen; unstetiger Krümmungsverlauf in Gleisbögen; ungenügende Übergangsbögen beim Bogenein- und -auslauf; Schrägstellung des Fahrzeugs innerhalb des Spurkranzspielraums infolge von Schlingerbewegungen. Alle diese Ursachen bewirken, daß das führende Rad unter einem Winkel  $\alpha$  gegen die Schienenflanke seitlich anläuft und dort in seiner Bewegungsrichtung gehemmt und abgelenkt wird. Dabei wird ein waagrechter, quer zum Gleis wirkender Gegendruck hervorgerufen, der das Fahrzeug in seine neue Richtung schwenkt und so die Winkelbeschleunigung des Fahrzeugs erzeugt.

Wenn die Winkelbeschleunigung ganz unvermittelt einsetzt und in sehr kurzer Zeit einen hohen Betrag erreicht, wenn also der Führungsdruck plötzlich sehr rasch ansteigt, dann hat man es mit einem Stoß im eigentlichen Sinn zu tun. Die Stoßkraft ist nichts anderes als der an der Schiene geweckte Gegendruck.

Während man aber sonst unter einem Stoß das Aufeinanderprallen zweier Massen versteht, wobei der Stoßpunkt, in dem sich die beiden Massen berühren, während des ganzen Stoßverlaufs der gleiche bleibt (z. B. zwei Kugeln), vollzieht sich der Anlaufstoß zwischen Rad und Schiene nicht in einem Punkt, sondern infolge der gleichzeitigen Rollbewegung

des Rades gleichsam in einer laufenden Punktreihe. Infolge der Drehung und Vorwärtsbewegung des Rades kommen immer wieder andere Punkte von Rad und Schiene miteinander in Berührung, so daß es sich beim Ablauf des Anlaufstoßes nicht um örtliche Eindrückungen, wie z. B. beim Stoß zweier Kugeln gegeneinander, handeln kann, sondern sozusagen um eine laufende Durchfederung oder Ausbiegung des Gleises (Schiene, Schwellen, Unterbau) und des Fahrzeugradsatzes, Rahmens usw. Also ein ziemlich verwickelter Vorgang, den man aber annähernd dadurch erfassen kann, daß man die örtlichen Eindrückungen, die ja auch im Vergleich zu den Biegeverformungen von Schiene und Fahrzeugteilen kaum nennenswerte Größen erreichen können, vernachlässigt und nur die federnden Biegeverformungen der Schienen- und Fahrzeugteile in Rechnung zieht.

Die vorliegende Untersuchung soll sich auf die Ermittlung des Größtwerts der Stoßkraft beim Anlaufen beschränken, der für den Größtwert des Gesamtführungsdrucks maßgebend ist. Dieser Größtwert wird für das Eintreten eines Gefahrzustandes am Spurkranz von ausschlaggebender Bedeutung sein. Ob im weiteren Verlauf des Stoßes das Rad wirklich hochsteigt, über die Schiene klettert und entgleist, oder ob es bei wiederabnehmender Stoßkraft wieder abrutscht und im Gleis bleibt, soll hier außer Betracht bleiben.

**Einzelachse.** Als einfachster Fall sei zunächst das Verhalten eines allein laufenden Radsatzes im Gleis untersucht.

Wenn ein einzelner Radsatz unter einem bestimmten Anlaufwinkel schräg gegen die Schiene anlauft, so wird dem Radsatz eine Richtungsänderung aufgezwungen, seine Masse wird aus der Bewegungsrichtung abgelenkt. An der Anlaufstelle entstehen Kräfte, deren Größe von den beteiligten Massen (Radsatz und Schiene), von ihrer elastischen Nachgiebigkeit, sowie von der Bewegungsänderung abhängt.

Ist die Fahrgeschwindigkeit vor dem Anlaufen  $v$  m sec<sup>-1</sup> und der Anlaufwinkel  $\alpha$ , so besteht beim Anlaufen eine Bewegung des Radsatzes quer zum Gleis mit der Geschwindigkeitskomponente  $v_1 = v \sin \alpha$  (Abb. 1). Die Längskomponente der Fahrgeschwindigkeit  $v_2 = v \cos \alpha$  ist, da es sich nur um

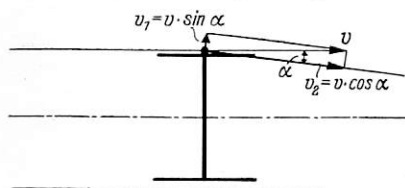


Abb. 1.

sehr kleine Winkel  $\alpha$  bis höchstens  $2^\circ$  handeln soll, nicht nennenswert kleiner als  $v$  und soll hier außer Betracht bleiben. Vergleicht man die kinetische Energie vor dem Stoß und nach dem Stoß, so ergibt sich eine Abnahme, die gerade gleich der Stoßenergie ist. Die Stoßenergie wird also aus der dem Fahrzeug innewohnenden Wucht entnommen. Man kann dies auf der fahrenden Schnellzuglokomotive wahrnehmen: Beim Befahren einer Unstetigkeit im Gleis empfindet man einen schwachen Längsstoß, der auch im Zugkraftdiagramm als mehr oder weniger starker Zacken deutlich zum Ausdruck kommt\*).

Zunächst sei vereinfachend angenommen, daß die Masse des Radsatzes in seinem Schwerpunkt konzentriert sei und daß der Schwerpunkt selbst in der Ebene der Schienenoberkanten liege, daß also das Kräftespiel in dieser Ebene vor sich gehe. Dann ergibt sich die kinetische Energie der Masse des Radsatzes zu  $\frac{1}{2} M v_1^2$ . Beim Anlaufen des Radsatzes gegen die Schiene werden Radsatz und Schiene um einen bestimmten Betrag elastisch nachgeben (Weg der Stoßkraft),

\*) Z. B. Dauner, Versuchsfahrten mit 2 C 1-Vierzylinder-verbund-Heißdampflokomotiven. Z. VDI 1911, S. 833 ff.

dessen Größe veränderlich ist und einerseits abhängt von den Nachgiebigkeitseigenschaften der aufeinanderstoßenden Körper (Radsatz und Schiene), andererseits von der Größe der an der Anlaufstelle auftretenden Stoßkraft  $P_m$  selbst. Da die elastische Nachgiebigkeit der Schiene sowohl wie die des Radsatzes im einzelnen nicht bekannt ist, so sei zur Klärung des Vorgangs weiter vereinfachend angenommen, daß die elastische Nachgiebigkeit von Schiene und Radsatz (später des ganzen Fahrzeugs mit Rahmen Federn usw.) zusammengekommen sich wie bei einer einfachen Feder verhalte, daß also zwischen der Gesamtformänderung und der sie hervorruhenden Kraft Proportionalität bestehe. Führt man für die elastische Nachgiebigkeit von Rad und Schiene zusammen die Elastizitätsziffer  $c$  m kg<sup>-1</sup> ein ( $\frac{1}{c} = \text{Federkonstante}$ ), dann ist die elastische Ausbiegung von Rad und Schiene zusammen oder aber, wenn die Masse des ganzen Schienenkomplexes samt Erdreich als unendlich groß angenommen wird, die Ausbiegung des Schwerpunktes der Fahrzeugmasse (Weg der anschwellenden Stoßkraft)  $y = c P_m$  und die dabei aufgenommene Formänderungsarbeit  $A = \frac{1}{2} y P_m = \frac{1}{2} c P_m^2$ . Der Größtwert der Stoßkraft ist dann erreicht, wenn die ganze kinetische Energie in Formänderungsarbeit umgesetzt ist (vollkommen elastischer Stoß). Dabei ist

$$\frac{1}{2} M v_1^2 = \frac{1}{2} y P_{m \max} = \frac{1}{2} c P_{m \max}^2$$

und hieraus die größte Stoßkraft

$$P_{m \max} = \frac{M v_1^2}{y} = v_1 \sqrt{\frac{M}{c}} = v \sin \alpha \sqrt{\frac{M}{c}} \dots 1)$$

Die größte elastische Ausbiegung quer zur Schiene ist

$$y_{\max} = c P_{m \max} = v_1 \sqrt{M c} = v \sin \alpha \sqrt{M c}$$

Solange also die Annahme zutrifft, daß zwischen der Formänderung, also zwischen der elastischen Ausbiegung und der Stoßkraft  $P_m$  Proportionalität besteht, wächst die Stoßkraft  $P_m$  nicht mit dem Quadrat der Geschwindigkeit, sondern nur linear mit derselben\*). Bei Verdoppelung der Masse  $M$  nimmt die Stoßkraft  $P_m$  nur den 1,4fachen Betrag an; da aber der Raddruck dabei aufs Doppelte steigt, so wird die Entgleisungssicherheit größer. Vergrößerung der elastischen Nachgiebigkeit auf das Doppelte, z. B. durch doppelt so weiche Rückstellfedern bei Lokomotivdrehgestellen, verringert die Stoßkraft auf das 0,7fache.

Der Stoß ist bei dieser Betrachtungsweise nichts anderes als die erste Hälfte einer Federschwingung, die nach dem Gesetz der harmonischen Schwingungen (Sinusschwingung) abläuft. Die Stoßdauer entspricht der halben Schwingungsdauer und beträgt  $\pi \sqrt{M c}$  (Stoßzeit). Die größte Stoßkraft tritt nach Ablauf der halben Stoßzeit, also nach der ersten Viertelperiode der Sinusschwingung auf.

**Zweiachsiges Fahrzeug.** Wenn ein solches mit der führenden Achse an einem Gleisknick unter einem Winkel  $\alpha$  gegen die Schiene anlauft, so wird durch die an der Anlaufstelle entstehende Stoßkraft  $P_m$  die Masse des Fahrzeugs aus ihrer Bewegungsrichtung abgelenkt. Auch hier sei zunächst angenommen, daß die Masse des Fahrzeugs in seinem Schwerpunkt konzentriert sei und daß dieser in der Ebene der Schienenoberkante liege, daß sich also das Kräftespiel in dieser Ebene vollziehe. Der Vorgang stellt dann im Grunde genommen einen exzentrischen Stoß auf das Fahrzeug quer zu ihm dar, bei dem gleichzeitig ein zentraler Stoß und ein Drehstoß zusammen wirken (Abb. 2).

\*) Vergl. auch Nordmann „Das Schlingern der Schienenfahrzeuge“, Glasers Ann. 1912, I, S. 211 und 236; II, S. 9.

Der Vorgang läßt sich wie der oben erörterte Fall eines zentralen Stoßes behandeln, wenn man die „reduzierte Masse“  $M_{red}$  in die Rechnung einführt, das ist die Masse, die man sich an der Anlaufstelle vereinigt denken muß, damit sich dieselbe Stoßwirkung ergibt, wie am wirklichen Fahrzeug, siehe auch Hütte 1931, I, S. 296 unten. Die dann geltenden Beziehungen lauten, entsprechend dem vorherigen Fall

$$P_{m_{max}} = \frac{M_{red} v_1^2}{y} = v_1 \sqrt{\frac{M_{red}}{c}} = v \sin \alpha \sqrt{\frac{M_{red}}{c}} \quad (2),$$

wobei die Elastizitätsziffer  $c$  unter Berücksichtigung des elastischen Aufbaues des Fahrzeugs neu anzusetzen wäre.

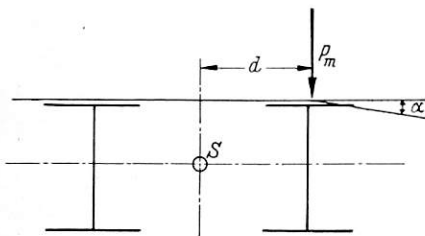


Abb. 2.

Zur Ermittlung der „reduzierten Masse“ ist zunächst die Drehachse zu suchen, um die sich das Fahrzeug unter der Einwirkung des Stoßes dreht. Dabei sollen vorerst die bei der Drehung (Schwenkung) des Fahrzeugs auftretenden Reibungswiderstände außer Betracht bleiben. Die auf das ganze Fahrzeug exzentrisch wirkende Kraft  $P_m$  wird einerseits ein Drehmoment  $P_m d$  ausüben, welches das Fahrzeug um den Schwerpunkt  $S$  verdreht und ihm dabei eine Winkelbeschleunigung  $\epsilon$  erteilt, die sich aus  $P_m d = J_d \epsilon$  zu

$$\epsilon = \frac{P_m d}{J_d} = \frac{P_m d}{M \varrho_a^2}$$

ergibt, wenn  $J_d = M \varrho_a^2$  das Trägheitsmoment

des Fahrzeugs bezogen auf die senkrechte Schwerpunktsachse,  $M$  die Masse des Fahrzeugs und  $\varrho_a$  der Trägheitshalbmesser ist (Abb. 3). Die Beschleunigung eines beliebigen Punktes des Systems im Abstand  $\pm r$  vom Schwerpunkt wäre dann  $b_r = \pm r \epsilon = \pm r \frac{P_m d}{J_d}$ . Andererseits wird aber durch die Kraft  $P_m$  auch noch eine Translationsbewegung des Fahrzeugs bewirkt, die für alle Punkte der Masse gleich groß ist und für die sich eine reine Querschleunigung ergibt:

$b_s = \frac{P_m}{M}$ . Jeder einzelne Punkt des Fahrzeugs erfährt somit eine verschiedene resultierende Beschleunigung:

$$b_{res} = b_r + b_s = \pm r \frac{P_m d}{J_d} + \frac{P_m}{M}$$

Da außer der Drehbewegung um den Schwerpunkt auch noch die Translationsbewegung der ganzen Masse auftritt, so wird die Drehachse, um die in Wirklichkeit die Drehung des Fahrzeugs unter der Wirkung der Stoßkraft  $P_m$  erfolgt, nicht in den Schwerpunkt fallen, sondern hinter diesen zu liegen kommen. Sie muß so liegen, daß die Gleichgewichtsbedingungen des ganzen Systems erfüllt sind. In unserer Rechnung ergibt sich der Punkt als Drehpunkt (Drehachse), dessen resultierende Beschleunigung null ist. Setzt man demnach

$$b_{res} = b_r + b_s = \pm r \frac{P_m d}{J_d} + \frac{P_m}{M} = 0,$$

so folgt als Abstand der Drehachse vom Schwerpunkt:

$$\mp r = \frac{J_d}{M d} = \frac{M \varrho_a^2}{M d} = \frac{\varrho_a^2}{d}.$$

Dieser Abstand der Drehachse vom Schwerpunkt werde mit  $e$

bezeichnet, dann ist  $e = \frac{\varrho_a^2}{d}$  und die Beschleunigung des Schwerpunktes beträgt  $b_s = e \epsilon = \frac{\varrho_a^2}{d} \epsilon$ .

Prüft man für die ermittelte Drehachse in Abb. 4 die Gleichgewichtsbedingungen, so erhält man:

1. Gleichgewicht der Kräfte:

$$P_m = M b_s = M \frac{\varrho_a^2}{d} \epsilon = M \frac{\varrho_a^2}{d} \frac{P_m d}{M \varrho_a^2} = P_m.$$

2. Gleichgewicht der Momente:

$$P_m d = J_d \epsilon = M \varrho_a^2 \epsilon = M \varrho_a^2 \frac{P_m d}{M \varrho_a^2} = P_m d.$$

Die Gleichgewichtsbedingungen sind also erfüllt.

Die Lage der Drehachse hängt für ein bestimmtes Fahrzeug nur von der Lage der Stoßstelle ab; die Drehachse liegt stets hinter dem Schwerpunkt und dabei um so näher beim Schwerpunkt, je weiter die Stoßstelle nach vorn rückt. Ihr Abstand vom Schwerpunkt  $e = \frac{\varrho_a^2}{d}$  könnte nur dann Null werden,

d. h. die Drehachse könnte nur dann durch den Schwerpunkt gehen, wenn  $d = \infty$  wäre, der Stoß also sehr weit vor dem Fahrzeug angreifen würde. Bemerkenswert ist, daß die Lage der Drehachse nicht von der Größe der Masse abhängt, sondern

nur von der durch  $\varrho_a$  gekennzeichneten Massenverteilung. Bei einem gedungen gebauten Fahrzeug, dessen Massen um den Schwerpunkt herumliegen ( $\varrho$  klein), ergibt sich die Drehachse ziemlich nahe beim Schwerpunkt;

bei einem Fahrzeug mit großem Überhang ( $\varrho$  groß) liegt die Drehachse ziemlich weit hinter dem Schwerpunkt. Die Drehachse ist diejenige Achse des Fahrzeugs, die vom Stoß gar nicht beeinflusst wird, die also die vor dem Anlaufen innegehabte Bewegung zunächst unverändert beibehält.

Die an der Anlaufstelle des führenden Rades wirksame „reduzierte Masse“ kann nun leicht wie folgt ermittelt werden. Es besteht die Beziehung  $P_m = M_{red} b_a$ ; hierin ist die Querschleunigung an der Anlaufstelle  $b_a = (e + d) \epsilon$ . Somit

$$M_{red} = \frac{P_m}{b_a} = \frac{M \frac{\varrho_a^2}{d} \epsilon}{(e + d) \epsilon} = \frac{M \varrho_a^2}{\varrho_a^2 + d^2} = \frac{M}{1 + \frac{d^2}{\varrho_a^2}} \quad (3)$$

(vergl. auch Hütte 1931 I, S. 296).

Die reduzierte Masse hat sich also, wie zu erwarten war, proportional der Fahrzeugmasse ergeben und hängt außerdem ab von der Lage der Anlaufstelle und von der Größe des Trägheitshalbmessers.

Bis jetzt war vereinfachend angenommen, daß sich der ganze Vorgang in einer durch die Anlaufstelle gelegten waagrecht Ebene, also annähernd in der Ebene der Schienenoberkanten abspiele, daß also die Massen und Kräfte in dieser Ebene lägen (ebener Stoß).

Auch beim Stoß auf den räumlichen Körper ändert sich grundsätzlich wenig an der vorstehenden Betrachtungsweise. Auch hier besteht wieder die Beziehung 2):

$$P_m = \frac{M_{red} v_1^2}{y} = v_1 \sqrt{\frac{M_{red}}{c}} = v \sin \alpha \sqrt{\frac{M_{red}}{c}}.$$

Zur Bestimmung von  $M_{red}$  braucht man nur die oben aufgestellten Ansätze und Formeln durch Hinzufügen der dritten Dimension zu erweitern.

Die Anlaufstelle, an der die Stoßkraft  $P_m$  auftritt, sei durch die Koordinaten  $d =$  Abstand von der senkrechten Querebene durch den Fahrzeugschwerpunkt und  $w =$  Abstand von der waagrechten Ebene durch den Schwerpunkt gegeben.

Die Kraft  $P_m$  wird dann eine Drehung des zunächst frei beweglich gedachten Fahrzeugkörpers um eine schräge Drehachse  $D-D$ , die in Abb. 5 in ihrer ungefähren Lage dargestellt ist, herbeiführen. Dabei wird  $P_m$  zwei um den Schwerpunkt des Körpers drehende Drehmomente  $P_m d$  und  $P_m w$  ausüben, die dem Körper gleichzeitig zwei Winkelbeschleunigungen  $\varepsilon_d$  und  $\varepsilon_w$  um eine senkrechte und eine waagrechte Achse erteilen. Diese Winkelbeschleunigungen ergeben sich aus

$$P_m d = J_d \varepsilon_d \text{ und } P_m w = J_w \varepsilon_w \text{ zu:}$$

$$\varepsilon_d = \frac{P_m d}{J_d} = \frac{P_m d}{M \varrho_d^2} \text{ und } \varepsilon_w = \frac{P_m w}{J_w} = \frac{P_m w}{M \varrho_w^2}.$$

Hierin sind  $J_d = M \varrho_d^2$  das Trägheitsmoment und  $\varrho_d$  der zugehörige Trägheitshalbmesser bezogen auf die senkrechte Schwerpunktsachse, sowie  $J_w = M \varrho_w^2$  das Trägheitsmoment und  $\varrho_w$  der zugehörige Trägheitshalbmesser bezogen auf die waagrechte durch den Schwerpunkt gehende Längsachse des Fahrzeugkörpers.

Die eine dieser beiden Drehbewegungen, die um die senkrechte Schwerpunktsachse, ist mit der oben für den Vorgang in der Schienenebene gefundenen Drehbewegung identisch

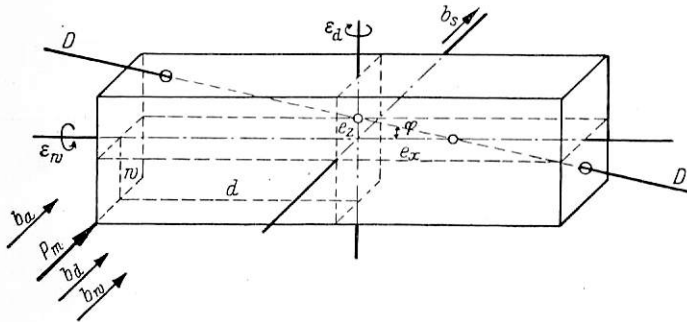


Abb. 5.

und soll als „Drehen“ im engeren Sinn bezeichnet werden; die andere um die waagrechte Längsachse sei als „Wanken“ bezeichnet. Als weitere Bewegung unter der Wirkung der Kraft  $P_m$  tritt wieder eine Translation hinzu, die für alle Punkte des Fahrzeugkörpers gleich groß ist und eine reine Querverschiebung des Schwerpunkts darstellt. Hierfür ist die Verschiebungsbeschleunigung in der Krafrichtung  $b_s = \frac{P_m}{M}$ .

An der Anlaufstelle wirkt neben der Verschiebungsbeschleunigung die aus dem „Drehen“ herrührende Beschleunigung

$$b_d = d \varepsilon_d = d \frac{P_m d}{M \varrho_d^2}$$

und die aus dem „Wanken“ herrührende Beschleunigung

$$b_w = w \varepsilon_w = w \frac{P_m w}{M \varrho_w^2}.$$

Damit ergibt sich die gesamte Querbeschleunigung an der Anlaufstelle

$$b_a = b_s + b_d + b_w = \frac{P_m}{M} + d \frac{P_m d}{M \varrho_d^2} + w \frac{P_m w}{M \varrho_w^2} = \frac{P_m}{M} \left( 1 + \frac{d^2}{\varrho_d^2} + \frac{w^2}{\varrho_w^2} \right).$$

Die an der Anlaufstelle wirkende reduzierte Masse erhält man aus der Beziehung  $P_m = M_{red} b_a$  zu

$$M_{red} = \frac{P_m}{b_a} = \frac{M}{1 + \frac{d^2}{\varrho_d^2} + \frac{w^2}{\varrho_w^2}} \dots \dots \dots 4)$$

Die Lage der Drehachse  $D-D$ , um die der Fahrzeugkörper unter der Wirkung der Kraft  $P_m$  gedreht wird, kann aus der Beschleunigung des Schwerpunkts  $b_s = \frac{P_m}{M}$  ermittelt werden.

Wenn mit  $e_x$  der waagrechte und mit  $e_z$  der senkrechte Abstand des Schwerpunkts von der Drehachse bezeichnet wird, dann ist

$$e_x \varepsilon_d = b_s = e_z \varepsilon_w$$

somit

$$e_x = \frac{b_s}{\varepsilon_d} = \frac{P_m M \varrho_d^2}{M P_m d} = \frac{\varrho_d^2}{d}$$

und

$$e_z = \frac{b_s}{\varepsilon_w} = \frac{P_m M \varrho_w^2}{M P_m w} = \frac{\varrho_w^2}{w}.$$

Die Richtung der Drehachse ergibt sich zu:

$$\text{tg } \varphi = \frac{e_z}{e_x} = \frac{\varrho_w^2 d}{w \varrho_d^2}.$$

Die Gleichung für  $M_{red}$  zeigt denselben Aufbau, wie die oben gefundene Beziehung für den ebenen Stoß, nur ist im

Nenner noch ein weiteres Glied  $\frac{w^2}{\varrho_w^2}$  hinzugekommen, das den

Einfluß des „Wankens“ um die waagrechte Schwerpunktsachse, d. h. den Einfluß der Höhenlage des Fahrzeugschwerpunkts auf die reduzierte Masse zum Ausdruck bringt. Dieser Einfluß ist ganz erheblich und darf bei der Ermittlung der reduzierten Masse nicht vernachlässigt werden. Im übrigen ist die reduzierte Masse wieder eine Funktion der Lage der Anlaufstelle zum Schwerpunkt sowie der beiden Trägheitshalbmesser.

Aus der entwickelten Beziehung wird sich die reduzierte Masse für jedes beliebige Fahrzeug berechnen lassen, sobald die Abstände  $d$  und  $w$  und die beiden Trägheitshalbmesser  $\varrho_d$  und  $\varrho_w$  bekannt sind, deren annähernd genaue Bestimmung verhältnismäßig einfach ist.

Dieser Rechnungsgang für den räumlichen Körper gilt streng genommen nur, wenn der Körper im indifferenten Gleichgewicht frei schwebt; er gilt auch noch wenigstens angenähert für den Fall, daß der Fahrzeugkörper durch verhältnismäßig weiche Tragfedern gestützt ist, deren Rückstellmoment, das bekanntlich dem seitlichen Ausschlag bei der Wankbewegung entgegenwirkt, gegenüber den anderen Kraftwirkungen vernachlässigt werden kann. Wenn eine solche Vernachlässigung nicht mehr verantwortet werden kann, dann wäre eine umständlichere Rechnung nötig, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Außerdem ist vereinfachend angenommen, daß die Fahrzeugmasse beim Beginn des Stoßes sich bezüglich der Wankbewegung in Mittelstellung befinde, daß also das Fahrzeug bei Stoßbeginn keine Wankbewegung weder nach der einen noch nach der anderen Seite hin ausführe.

Zur Ermittlung der Kraft  $P_m$  aus

$$P_{mmax} = \frac{M_{red} v_1^2}{y} = v_1 \sqrt{\frac{M_{red}}{c}}$$

wäre noch die unbekannte Elastizitätsziffer  $c$  zu bestimmen. Wie eingangs bemerkt, soll durch die Elastizitätsziffer  $c$  die elastische Nachgiebigkeit von Schiene und Fahrzeug zusammen zum Ausdruck kommen, die je nach der Bauart und dem Unterhaltungszustand von Schiene und Fahrzeug vermutlich sehr verschieden sein wird. Wie die Verformungen von Fahrzeug und Schiene im einzelnen aussehen, wird dabei nicht näher untersucht; es wird nur die elastische Gesamtverbiegung der Fahrzeugteile in waagrechter Richtung betrachtet und auch noch die Seitenelastizität der Schiene zur Fahrzeugfederung geschlagen und das Ganze durch die Federziffer  $c$   $\text{m kg}^{-1}$  ausgedrückt. Da eine Berechnung kaum Erfolg haben dürfte, so wären zuverlässige Werte durch Versuche zu ermitteln, denen für die Ermittlung des Massendrucks ebenso grundlegende Bedeutung zukäme, wie den Versuchen über den Reibungswert für die Berechnung des

Reibungsführungsdruckes. Solange solche Versuchswerte fehlen, muß man sich mit einer mehr oder minder treffenden Annahme auf Grund von Erfahrungswerten helfen.

Nur bei Fahrzeugen, die in der Richtung der Stoßkraft wirkende Rückstellfedern besitzen, z. B. führende Laufachsen oder Drehgestelle mit Rückstellfedern, wird die verhältnismäßig große elastische Nachgiebigkeit dieser Federn die elastische Nachgiebigkeit der übrigen Teile so sehr überragen und somit die gesamte Elastizität so stark beeinflussen, daß ihr gegenüber die Nachgiebigkeit der übrigen Teile vernachlässigt werden kann. Für solche Fälle kann dann c ziemlich genau festgelegt werden. Der Anlaufstoß selbst wird bei solchen Fahrzeugen durch die Wirkung der Rückstellfedern ganz erheblich abgeschwächt.

Man ist also in der Lage, für Fahrzeuge aller Art den Massenführungsdruck  $P_m$  für bestimmte Anlaufwinkel mehr oder weniger zuverlässig zu berechnen.

### Reibungsführungsdruck $P_r$ .

Der statische Teil des gesamten Führungsdruckes, der die Reibung der Räder auf den Schienen beim Schwenken des Fahrzeugs quer zum Gleis überwinden muß, kann in der üblichen Weise nach Dr. Ing. Uebelacker (Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1903), Dr. Ing. Heumann (Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1913) oder Jahn („Der Lauf von Eisenbahnfahrzeugen durch Gleiskrümmungen“, Berlin 1927) berechnet werden. Dabei ist aber zu beachten, daß der Reibungswert  $\mu$  nach der inzwischen durch die Versuche von Labrijn (Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1931, Heft 19) gewonnenen Erkenntnis nicht konstant ist, wie dies bisher meist angenommen wurde, sondern daß er in dem gerade für Eisenbahnfahrzeuge sehr wichtigen Bereich sehr kleiner Anlaufwinkel bestimmten Gesetzen folgend veränderlich ist. Er hängt nach diesen Versuchen im wesentlichen vom Verhältnis des Schlupfwegs zum Rollweg oder was dasselbe ist, der Verschiebegeschwindigkeit zur Rollgeschwindigkeit ab und steigt dabei vermutlich annähernd proportional diesem Verhältnis mit zunehmendem Anlaufwinkel (Schränkungswinkel) an von Null bis zur Erreichung des Reibungswertes der Gleitung.  $\mu$  ist von Labrijn für regelspurige Laufräder ermittelt worden. Für angetriebene oder gebremste Räder liegen bis heute nur die Ergebnisse von Versuchen vor, die Professor H. Baumann, Karlsruhe, an einem sehr genau gearbeiteten Modellfahrzeug vorgenommen hat\*). Dabei wurden erstmals die Reibungswerte in der tatsächlichen Gleitrichtung bestimmt und die Zusammenhänge geklärt, die zwischen  $\mu$ , dem Schränkungswinkel der Räder, der Richtung und Größe der Radumfangskraft (angetriebenes und gebremstes Rad), dem Raddruck und dem Schlupf bestehen. Bei ganz kleinem Schlupf sind die Reibungswerte der einzelnen Räder der im gleichen Rahmen festgelagerten Achsen annähernd proportional ihrem Abstand vom Reibungsmittelpunkt. Die Reibungswiderstände müssen daher für die einzelnen Räder des Fahrzeugs unter Berücksichtigung dieser Abstände besonders ermittelt werden, wobei sich der gesamte Reibungswiderstand (quer zum Gleis) nicht unerheblich kleiner ergeben wird, als bei der seither üblichen Annahme eines für alle Räder gleich großen Reibungswertes.

### Der gesamte Führungsdruck $Y$ ,

der für die Sicherheit des Laufes und für die Entgleisungsgefahr maßgebend ist, ist  $P_m + P_r$ . Bei ganz langsamer Fahrt ist der Reibungsführungsdruck allein wirksam. Bei rascherer Fahrt tritt zu diesem noch der Massenführungsdruck hinzu und zwar wirkt er um so stärker, je höher die Fahrgeschwindigkeit ist.

\*) Vorgetragen im Technischen Ausschuß des VMEV. in seiner Beratung in Interlaken 1934.

Bei der Addition von  $P_m$  und  $P_r$  ist angenommen, daß der Reibungsmittelpunkt nach Dr. Uebelacker („Pol“ nach Jahn) und die Drehachse identisch seien (Abb. 6). Diese Voraussetzung kann bei besonderer Massenverteilung und Laufwerksanordnung erfüllt sein, wird aber im allgemeinen nicht zutreffen. Reibungsmittelpunkt und Drehachse werden, wenn man sie getrennt ermittelt, verschiedene Punkte ergeben. In Wirklichkeit dreht sich aber das Fahrzeug unter dem Einfluß der Reibungs- und Massenkräfte nur um einen einzigen Punkt, der weder mit dem Reibungsmittelpunkt noch mit der Drehachse zusammenfällt, sondern wahrscheinlich zwischen beiden liegt. Seine Lage ließe sich aus den Gleichgewichtsbedingungen für gleichzeitig wirkende Reibungs- und Massenkräfte ermitteln, was allerdings nur in sehr umständlicher Weise möglich sein dürfte. Erst für diesen gemeinsamen Drehpunkt wären dann die zugehörigen Beträge des Reibungs- und Massenführungsdruckes zu errechnen; ihre Summe würde den Gesamtführungsdruck ohne Vernachlässigungen darstellen. Vermutlich wird aber für die praktische Beurteilung des Fahrzeuglaufs die näherungsweise Addition der getrennt ermittelten Einzelführungsdrucke genügen.

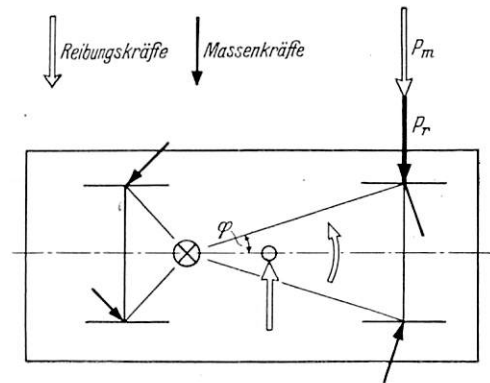


Abb. 6.

Für die Untersuchung des Einflusses der einzelnen Größen auf den Gesamtführungsdruck und damit auf die Laufsicherheit eines Fahrzeugs sei daher die näherungsweise gültige Formel

$$Y = P_r + P_m = P_r + v \sin \alpha \sqrt{\frac{M_{red}}{c}}$$

angesetzt.

Der Reibungsführungsdruck  $P_r$  ist abhängig von der Anordnung des Laufwerks, von den einzelnen Raddrücken und von den Reibungswerten  $\mu$  der einzelnen Räder.

Dabei ist noch zu beachten, daß die von Jahn aufgestellten Beziehungen für  $P_r$  für den Fall ermittelt sind, daß sämtliche Räder einschließlich des führenden auf der Schienenoberfläche aufliegen, also beim Schwenken Reibungswiderstände hervorrufen. In dem Augenblick aber, wo das führende Rad an der Schiene hochzusteigen beginnt, hört hier die für die Erzeugung des waagrecht wirkenden Reibungswiderstandes maßgebende Berührung zwischen Rad und Schiene auf. Das führende Rad wird dann keinen Reibungswiderstand in waagrechter Richtung mehr ausüben; sein Anteil, den Jahn in  $P_r$  mit eingerechnet hat, den er aber in ZdvDE 1928, S. 1175, Gl. 17) bei der Berechnung der für die Entgleisungssicherheit maßgebenden Faktoren ebenfalls abzieht, wäre also von  $P_r$  abzuziehen. Dieser Anteil beträgt, wenn  $Q$  die gesamte Radbelastung des anlaufenden Rades,  $x$  den Abstand der führenden Achse vom Reibungsmittelpunkt,  $\mu_1$  den Reibungswert der Räder dieser Achse und  $s$  den halben Laufkreisabstand ( $\sim 0,75$  m) bezeichnet:

$$\mu_1 Q \frac{x}{\sqrt{x^2 + s^2}}$$

Für den Augenblick des Aufsteigens des führenden Rades, der für die Beurteilung der Laufsicherheit ausschlaggebend ist, wäre demnach:

$$Y = P_r - \mu_1 Q \frac{x}{\sqrt{x^2 + s^2}} + P_m \dots \dots \dots 6)$$

Der Ausdruck  $\frac{x}{\sqrt{x^2 + s^2}}$ , der in den meisten Formeln für den Reibungsführungsdruck vorkommt, drückt lediglich die Querkomponente der im allgemeinen schräg gerichteten Reibungskraft aus, ist also gleich  $\cos \varphi$ , wenn  $\varphi$  den Winkel zwischen Fahrstrahl und Längsrichtung bezeichnet (Abb. 6). Für die vorn gelegenen Achsen ist  $\cos \varphi \sim 0,9$  und mehr, in der Nähe des Reibungsmittelpunkts ist  $\cos \varphi \sim 0,5$  und weniger.

Der Massenführungsdruck  $P_{m_{max}} = v \sin \alpha \sqrt{\frac{M_{red}}{c}}$  ist abhängig von  $M_{red}$  und  $c$ , die für ein bestimmtes Fahrzeug als konstant anzunehmen sind, sowie vom Anlaufwinkel  $\alpha$  und von der Fahrgeschwindigkeit  $v$ ; er wächst proportional mit  $v$  und mit  $\alpha$ .

Zur Beurteilung der Entgleisungsgefahr muß der so ermittelte Gesamtführungsdruck ins Verhältnis gesetzt werden zu dem senkrechten Raddruck des führenden Rades, der dem Aufklettern des Rades entgegenwirkt und so eine Entgleisung verhindern soll. Dabei ist jedoch zu beachten, daß bei dem wechselseitigen Spiel der Kräfte auch der Raddruck unter der Wirkung der Führungsdrucke einer Reihe von zusätzlichen Einflüssen unterliegt.

**Die Gesamtbelastung Q des führenden Rades**

setzt sich demgemäß aus folgenden Teilbeträgen zusammen.

Die Grundbelastung wird durch den statischen Raddruck  $Q_1$  gleich dem halben Achsdruck gebildet.

Dazu kommt ein zusätzlicher Druck  $Q_2$ , der durch den Reibungsführungsdruck  $P_r$  hervorgerufen wird. Der durch den Fahrzeugrahmen hindurchgeleitete Anteil von  $P_r$ , der zum Schwenken der nicht führenden Achsen dient und mit

$$P_r' = P_r - \mu_1 Q_v \frac{x}{\sqrt{x^2 + s^2}}$$

anzusetzen ist, worin  $Q_v$  den Achsdruck der vorderen Achse bezeichnet, wird durch die Achsmitte des führenden Radsatzes auf den Fahrzeugrahmen usw. übertragen und übt mit dem Hebelarm  $H$  (meist gleich Radhalbmesser) ein Moment  $P_r' H$  auf die führende Achse aus, welches das anlaufende Rad mit

$$Q_2 = \left( P_r - \mu_1 Q_v \frac{x}{\sqrt{x^2 + s^2}} \right) \frac{H}{1,5}$$

belastet, wenn der Schienenabstand 1,5 m beträgt (Abb. 7).

Ferner wird ein zusätzlicher Druck  $Q_3$  dadurch hervorgerufen, daß der gesamte Massenführungsdruck  $P_m$  ebenfalls durch die führende Achse hindurch auf das Fahrzeug übertragen wird, wobei wiederum ein Moment  $P_m H$  auftritt, durch welches das anlaufende Rad mit  $P_m \frac{H}{1,5} = Q_3$  belastet wird (Abb. 8).

Eine weitere Vermehrung des Raddruckes am führenden Rad ( $Q_4$ ) kann bei einer Wankbewegung der gefederten Teile durch die auf der einen Seite stärker belasteten Tragfedern hinzukommen; dieser Fall soll hier aber außer Betracht bleiben. Für die Entgleisungsgefahr wäre auch noch zu berücksichtigen, daß unregelmäßige Höhenlage, insbesondere windschiefe Lage der Schienen eines Gleises die Raddrücke wesentlich beeinflußt im günstigen oder ungünstigen Sinn. Auch davon soll hier nicht die Rede sein. Doch sei noch darauf hingewiesen, daß ein entgleisendes Rad beim Aufklettern um 20 bis 30 mm angehoben werden muß, ehe sein Spurkranz über die Schiene

hinwegkommt. Infolgedessen werden die Tragfedern am führenden Rad und zwangläufig auch an den diagonal gegenüberliegenden Rädern mehr eingedrückt, an den übrigen Rädern entlastet. Die so erzielte Raddruckvermehrung am führenden Rad wirkt immer günstig.

Die ganze in die Rechnung einzuführende Radbelastung des anlaufenden Rades beträgt somit beim Anlaufen

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_1 + \left( P_r - \mu_1 Q_v \frac{x}{\sqrt{x^2 + s^2}} \right) \frac{H}{1,5} + P_m \frac{H}{1,5} \dots 7)$$

Diesem Gesamtraddruck steht der gesamte waagrechte Führungsdruck im Augenblick des Hochsteigens des führenden Rades gegenüber

$$Y = P_r - \mu_1 Q \frac{x}{\sqrt{x^2 + s^2}} + P_m \dots \dots \dots 6)$$

Die beiden Werte sind für die Beurteilung der Sicherheit gegen Entgleisen in erster Linie maßgebend.

Die angegebenen Formeln von  $Y$  und  $Q$  gelten für ein zwei- oder mehrachsiges Fahrzeug, dessen sämtliche Achsen einschließlich der führenden in einem gemeinsamen Rahmen fest gelagert sind.

In den Gl. 6) und 7) ist nur die Größe  $P_m$  veränderlich, während alles übrige für ein bestimmtes Fahrzeug bekannt ist oder sich aus Abmessungen und Gewicht des Fahrzeugs berechnen läßt.

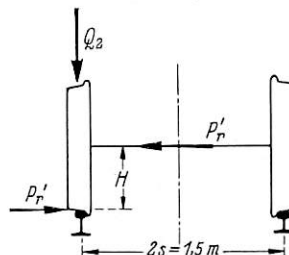


Abb. 7.

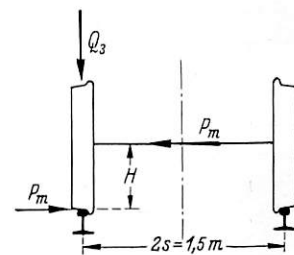


Abb. 8.

Da  $P_m = v \sin \alpha \sqrt{\frac{M_{red}}{c}}$ , so kann nunmehr der Einfluß der Fahrgeschwindigkeit und des Anlaufwinkels auf die Laufsicherheit eines solchen Fahrzeugs klar überblickt werden.

Am besten eignet sich hierzu eine bildliche Darstellung der Gl. 6) und 7), die den Einfluß der einzelnen Glieder der Gleichungen auf die Gesamtwerte  $Y$  und  $Q$  deutlich zum Ausdruck bringt. Als Beispiel sind in Abb. 9 die verschiedenen Werte für die Lokomotive der Reichsbahn-Bauartreihe 94<sup>1</sup> (E-Tenderlokomotive ehem. Württ. Bauart) in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit aufgetragen, wobei wegen der Seitenverschieblichkeit der ersten Achse die zweite Achse als führend angenommen ist. Die Laufwerksanordnung dieser Lokomotivgattung ist für die Aufnahme von Massenwirkungen besonders ungünstig, weshalb für die hier untersuchte ältere Anordnung auch nur 45 km/h Höchstgeschwindigkeit zugelassen waren.

Die stark strichpunktiierten Linien geben den Verlauf der Seitenkraft  $Y$  wieder, die stark ausgezogenen Linien den des Gesamtraddruckes  $Q$ . Beide Linien sind abhängig vom Verlauf des Massenführungsdruckes  $P_m$  und steigen deshalb mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit an. Durch den Schnittpunkt der beiden Linien ist diejenige Fahrgeschwindigkeit bestimmt, bei der  $Y = Q$  ist. Da  $P_m$  sowohl proportional mit der Fahrgeschwindigkeit wie auch proportional mit dem Anlaufwinkel steigt, so werden, der Größe von  $\alpha$  entsprechend, die  $Y$ - und  $Q$ -Linien mehr oder weniger steil ansteigen. In Abb. 9 sind dieser Linien für die Anlaufwinkel  $\alpha = 1^\circ, 1\frac{1}{2}^\circ$  und  $2^\circ$  eingetragen. Durch ihre Schnittpunkte sind dann die

zugehörigen kritischen Fahrgeschwindigkeiten bestimmt. Man sieht hieraus, daß die untersuchte Lokomotive mit seitenverschieblichen Endachsen sich nur für kleine Fahrgeschwindigkeiten eignet.

Bei Fahrzeugen mit führenden Drehgestellen oder führenden Laufachsen, die mit dem Hauptrahmen durch Rückstellfedern verbunden sind, ist zu beachten, daß zunächst nur das Drehgestell oder die Laufachse vom Anlaufstoß unmittelbar betroffen wird. Die im Hauptrahmen vereinigte Masse der Lokomotive wird zunächst nur durch die Vermittlung der Rückstellfedern seitlich geschwenkt und erst, wenn das Seitenspiel des Drehgestells oder der Laufachse erschöpft ist, oder aber, wenn die erste im Hauptrahmen festgelagerte Achse den Gleisknick befährt, wird ein neuer Anlaufstoß entstehen, der nunmehr auch die Hauptmasse der Lokomotive unmittelbar trifft. Die Untersuchung dieser Vorgänge soll einer besonderen Studie vorbehalten bleiben.

Bei dem vorstehend entwickelten Rechenverfahren mußten viele Vereinfachungen eingeführt werden, die den kritischen Leser vielleicht zunächst befremden mögen. Solche Vereinfachungen sind aber das einzige Mittel, um diese wichtigen aber ziemlich verwickelten Vorgänge dem allgemeinen Verständnis näher zu bringen und eine praktisch brauchbare Berechnungsmethode zu schaffen. Die einfache Rechnung erfährt das Wesentliche der Anlaufvorgänge und liefert wenigstens einigermaßen brauchbare Zahlenergebnisse, wenn auch viele Feinheiten und Nebeneinflüsse vernachlässigt wurden. Eine exakte Rechnung, wie sie z. B. Uebelacker in Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1930, S. 271 brachte, gibt wohl eine mathematisch genauere Darstellung der Vorgänge. Allein der Ingenieur, der konstruktive oder betriebliche Fragen entscheiden soll, wird in vielen Fällen lieber zum einfachen greifen, weil ihm die genauere Rechnung

zu umständlich ist oder die Zahlenunterlagen doch nicht zuverlässig zur Verfügung stehen. Auch wer nur die Stoß-

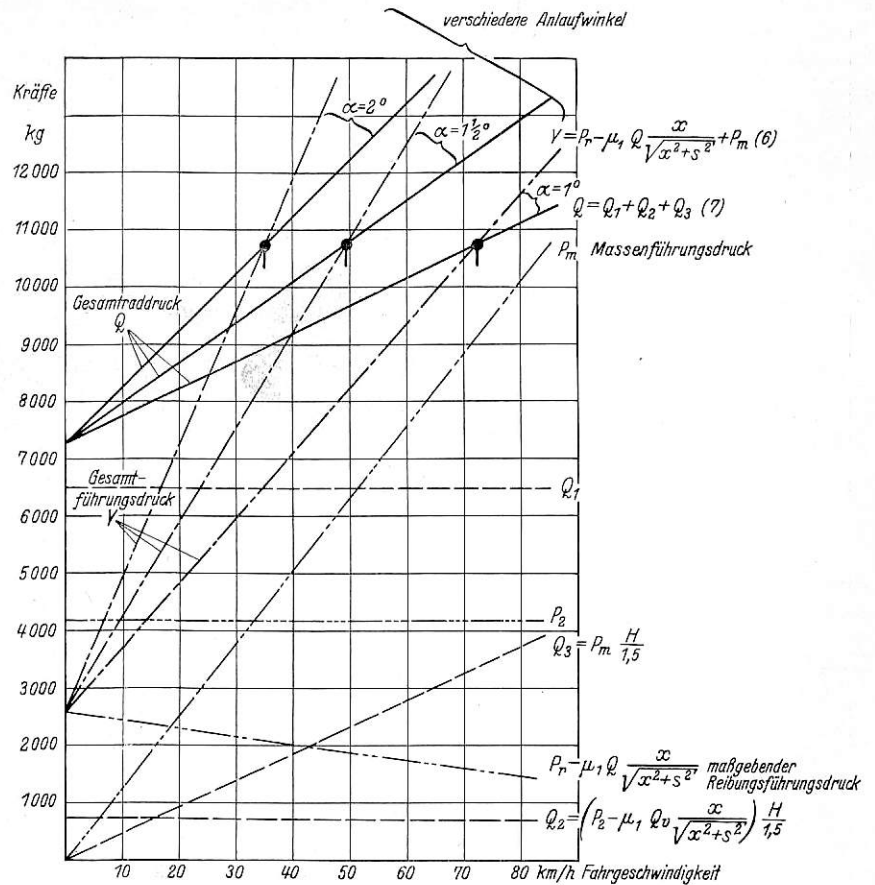


Abb. 9. Führungsdruck und Raddruck bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten und Anlaufwinkeln für E-Tenderlokomotive Reihe 94.

vorgänge näher kennenlernen will, wird aus der vereinfachten Betrachtungsweise das Wesentliche am besten erkennen.

### Belüftungsanlage für Triebwagen.

Auf Grund eines zwischenstaatlichen Wettbewerbes haben die Ägyptischen Staatsbahnen (ESR) der ungarischen Firma Ganz & Co. in Budapest den Auftrag auf Lieferung von zehn Stück vierachsigen Diesel-Triebwagen erteilt, deren Ablieferung Anfang Juli v. J. begonnen hat und im November beendet wurde.

Die Wagen sind mit je einem Ganz-Jendrassik-Dieselmotor ausgerüstet, dessen normale Leistung bei 1250 Umdr./Min. 220 PS beträgt und auf eine Höchstleistung von 275 PS gesteigert werden kann. Der Motor ist in einem wiegenlosen Drehgestell mit dem Achsstand von 3,95 m eingebaut, treibt mit Hilfe einer mechanischen Kraftübertragung der Bauart Ganz & Co. beide Achsen des Drehgestelles an; das ebenfalls wiegenlose Laufdrehgestell hat einen Achsstand von 3,4 m. — Die Federung beider Drehgestelle besteht ausschließlich aus Spiralfedern. Die eigene Bauart dieser Drehgestelle hat sich im Betrieb der bereits vorhandenen Schnelltriebwagen der Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen auf das allerbeste bewährt und die Drehgestelle zeichnen sich durch ihren ruhigen, schwingungsfreien Lauf besonders aus. Die mit den ersten ägyptischen Wagen auf den Strecken der Kgl. Ungarischen Staatseisenbahnen mit Geschwindigkeiten von 110 bis 120 km/Std. vorgenommenen Versuchsfahrten haben diese guten Laufeigenschaften der Wagen restlos bestätigt.

Abb. 1 stellt die äußere Ansicht der Wagen dar.

Diese Triebwagen weisen eine Reihe besonders interessanter Merkmale und neuer Einrichtungen auf, von denen hier die „Klimaanlage“ (Luftkonditionierungs-, Belüftungsanlage) beschrieben wird, mit der die Wagen, mit Rücksicht auf das tropische, also heiße und in den Küstengebieten feuchte und demnach durchaus lästige Klima Ägyptens ausgerüstet worden sind.

Anlagen solcher Art, die die im Wageninnern umgewälzte Luft zu filtrieren, abzukühlen und zu trocknen haben, sind in Amerika in großer Anzahl in die Pullmann-Wagen eingebaut. Wie bekannt, bestehen diese Anlagen im wesentlichen aus einer Kältemaschine, bei der das in einem Kompressor verdichtete Kühlmittel in einem Kondensator verflüssigt, in einem Verdampfer verdampft und aus diesem wieder durch den Kompressor angesaugt wird. Die zur Verdampfung nötige Wärmemenge wird der mittels Lüfter in Umlauf gehaltenen Luft entzogen und diese hierdurch abgekühlt. Infolge der Abkühlung wird ein Teil des Wasserdampfgehaltes niedergeschlagen und dadurch die Luft getrocknet. Die Erneuerung der Luft wird in der Weise bewirkt, daß die für den Betrieb des Motors nötige Verbrennungsluft aus dem Wageninnern abgesaugt und am Führerstand entnommen wird. Diese Vorkehrung hat sich für die im Wüstenklima verkehrenden

Wagen deshalb als nötig erwiesen, damit die Motoren vor Staub und Sand, der mit der Verbrennungsluft in das Innere der Zylinder gelangen könnte, geschützt werden. Diese Luftentnahme bedeutet gleichzeitig eine stetige Abführung der verbrauchten Luft aus dem Wageninnern, die durch die von außen über die Filter und Kühler angesaugte Frischluft ersetzt wird.

am Untergestell des Fahrzeuges aufgehängt ist. Der vom Drehgestell abgeleitete Kreuzgelenkantrieb treibt eine auf diesem Hilfsrahmen gelagerte Antriebswelle an, die mit Hilfe geeigneter Getriebe nicht nur den Bremskompressor und die Lichtmaschine, sondern auch den Kältekompressor der Belüftungsanlage, sowie zwei Paar von der Fahrtrichtung unabhängige, stets in derselben Drehrichtung umlaufender

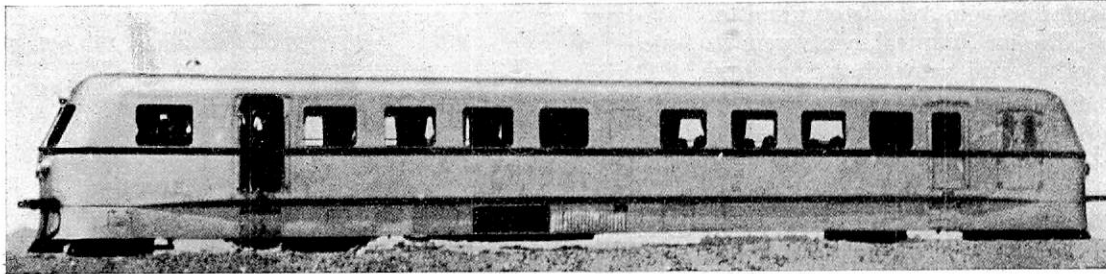


Abb. 1. Vierachsiger Schnelltriebwagen der Ägyptischen Staatsbahnen.

In den gewöhnlichen Eisenbahnwagen muß der Antrieb solcher Anlagen mittels besonderer Elektromotoren erfolgen, deren Leistung je nach der Leistung der Anlage zu bemessen ist. Der Energiebedarf einer Belüftungsanlage mit einer Kühlleistung von 12 bis 16000 kal./Std. beträgt ungefähr 18 bis 20 kW.

Die Stromversorgung der Motoren muß eine entsprechend bemessene, durch die Wagenachse betriebene Dynamomaschine, sowie eine reichlich bemessene Speicherbatterie übernehmen, deren Kapazität ausreicht, um für die Anlage während der Vorkühlung, wie auch während des Stillstandes den erforderlichen Antriebsstrom zu liefern. Außerdem ist für die Bedienung der Anlage auch eine Schalteinrichtung vorzusehen. Diese Schwierigkeiten entfallen natürlich bei Fahrzeugen, die über selbständige Kraftanlagen verfügen. Bei den für die ESR gebauten Schnelltriebwagen hat die Firma Ganz eine neue Anordnung eigener Bauart angewendet, die auf Abb. 2 veranschaulicht ist.

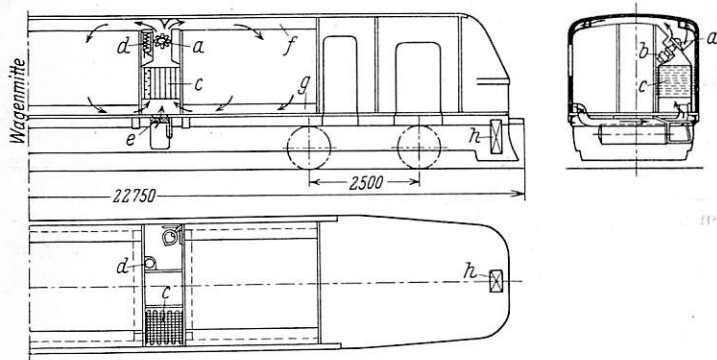


Abb. 2. Anordnung der Belüftungsanlage der Schnelltriebwagen.

- |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| a Lüfter            | e Ersatz-Luftzutrittskanal |
| b Motor des Lüfters | f Luft-Eintrittskanal      |
| c Verdampfer        | g Luft-Austrittskanal      |
| d Trinkwasserkühler | h Stirnkondensator         |

Das Wesen der Belüftungsanlage besteht darin, daß der Antrieb durch eine Achse des Wechselgetriebes erfolgt und die einzelnen Elemente, soweit als möglich, mit den sonstigen Hilfseinrichtungen der Triebwagen kombiniert werden.

Sämtliche Hilfsmaschinen und Hilfsgeräte des Triebwagens selbst, wie auch die wichtigsten Einrichtungen der Belüftungsanlage sind auf einem besonderen Hilfsrahmen angebracht, der zur Vermeidung von Erschütterungen elastisch

Ventilatoren antreibt. Diese Ventilatoren dienen zur Belüftung einerseits des Motorkühlers, andererseits des mit diesem zusammengebauten Kondensators, die ebenfalls auf diesem Hilfsrahmen angeordnet sind. Ein Teil des Kondensators ist an den Stirnseiten des Wagens unterhalb des Wagenstellens angebracht und wird durch den Fahrtstrom belüftet.

Abb. 3 zeigt die Anordnung des Hilfsrahmens mit sämtlichen auf demselben angebrachten Einrichtungen.

Der Verdampfer ist im Innern des Wagens in einem besonderen Abteil angebracht und besteht ähnlich, wie die Kondensatoren und Motorkühler aus einem System von Rippenröhren, die von dem verdampfenden Kältemittel durchströmt sind. Die Umwälzluft wird mittels eines elektrisch angetriebenen Ventilators zwischen den Rohrschlangen des Verdampfers durchgesaugt und durch oben längs der Seitenwände angeordnete Verteilungskanäle in das Innere des Wagens geführt. Das Absaugen der Luft des Wagens erfolgt durch an der unteren Seite längs der Seitenwände verlegte Luftkanäle. Als Kältemittel wird bei der Anlage Freon (Difluor-Dichlormethan,  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ) verwendet, ein Kältemittel, das völlig ungiftig und geruchlos ist und sich für den genannten Zweck am besten eignet.

Das Gesamtgewicht der Anlage mit allen Hilfsgeräten beträgt weniger als 2000 kg, was ungefähr 40% des Gewichtes ähnlicher Einrichtung für gewöhnliche Personenwagen bei gleicher Kälteleistung ausmachen dürfte. Selbstverständlich sind auch die Beschaffungskosten der Einrichtung wesentlich niedriger, wie auch die Unkosten der Wartung und Unterhaltung ähnlicher Anlagen, die in gewöhnlichen Personenwagen elektrisch bedient werden.

Die Außenwandung der Wagen erhält eine Isolierung aus Alfol und eine silbergraue Lackierung, was mit Rücksicht auf die intensive Sonnenstrahlung und hohe Außentemperatur an und für sich überaus wichtig ist.

Die Belüftungsanlage, deren Wirkungsweise vor dem Einbau der ersten Ausführung durch eigens für den Zweck angeordnete, die tatsächlichen Verhältnisse soweit wie möglich nachbildende Versuche überprüft worden ist, bewährt sich auch im Betrieb auf das Beste. Die Kälteleistung beträgt etwa 14 bis 16000 kal./Std. und es gelingt mit ihrer Hilfe bei einer Außentemperatur von  $35^\circ\text{C}$  das Wageninnere bei voller Besetzung des Wagens in ungefähr 20 bis 25 Min. um  $6$  bis  $7^\circ\text{C}$  abzukühlen und während der Fahrt stets auf dieser Temperatur zu halten, wobei die Trockenheit und Reinheit der Luft im Wageninnern auf die Reisenden besonders wohltuend wirkt.



Bei niedriger Außentemperatur tritt eine Selbstregelung des Temperaturunterschiedes ein, bei etwa 20 bis 22° C wird die

Es sei hier nur noch angeführt, daß die Wagen auf eigener Achse von ihrer Erbauungsstelle in Budapest nach Bremen

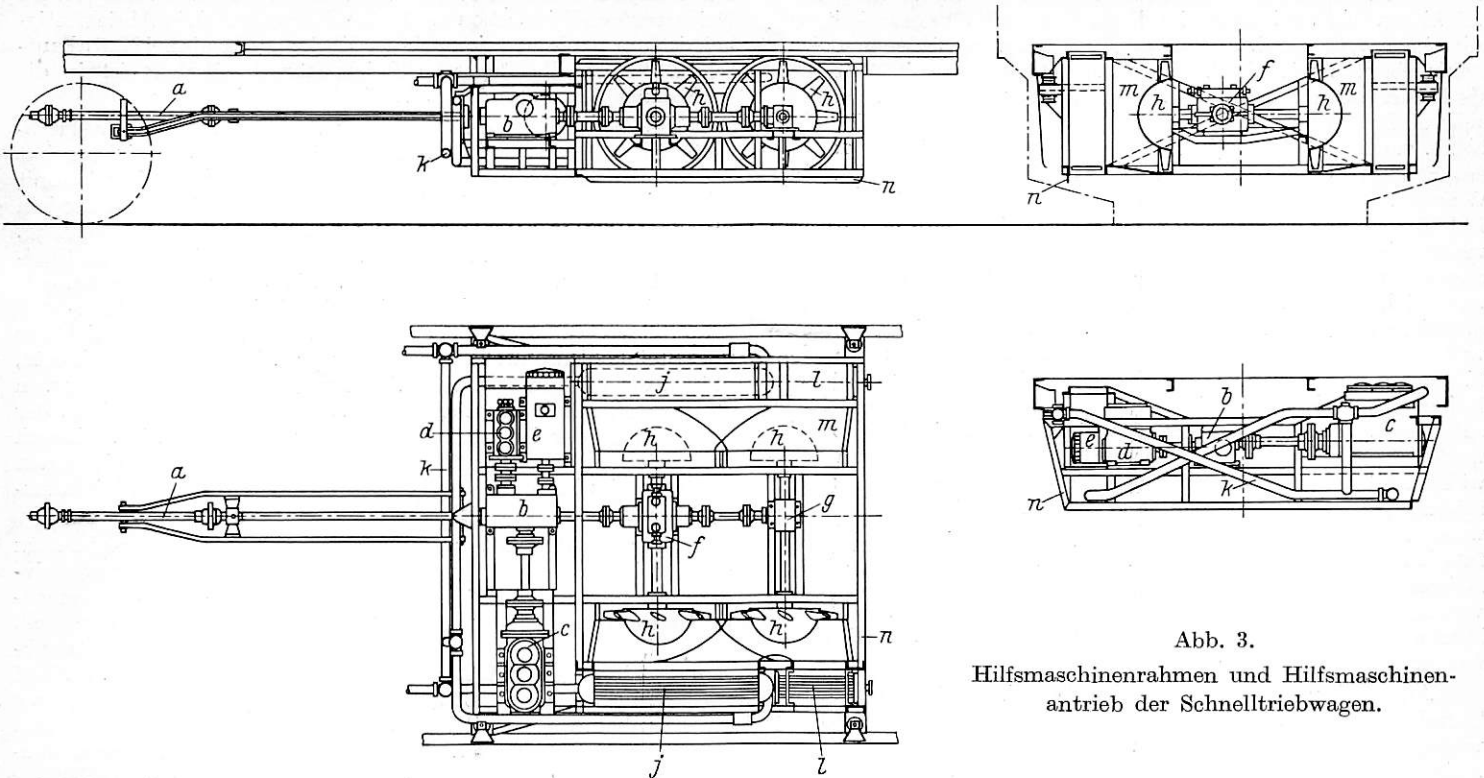


Abb. 3.

Hilfsmaschinenrahmen und Hilfsmaschinenantrieb der Schnelltriebwagen.

- a Kardanwelle vom Geschwindigkeits-Wechselgetriebe
- b Kegelradgehäuse für den Antrieb der Hilfsmaschinen
- c Freonkompressor der Luftauffrischungsanlage

- d Bremskompressor
- e Lichtmaschine
- f } Kegelradgehäuse für die Lüfter
- g }
- h Lüfter für den Motorkühler

- j Motorkühler
- k Kühlwasserleitung
- l Freonkondensator
- m Ventilatorverschaltung
- n Hilfsmaschinenrahmen

Innentemperatur im vollbesetzten Wagen bei geschlossenen Fenstern etwa der Außentemperatur gleich gehalten.

befördert, dort auf Frachtdampfer verladen und nach Port-Said gebracht wurden, wo deren Ausschiffung erfolgte. R—i.

## Rundschau.

### Allgemeines.

#### Internationale Automobil- und Motorrad-Ausstellung Berlin 1936.

Die Ausstellung fand vom 15. Februar bis 1. März statt. Der Gipfelpunkt dieser bisher größten deutschen Autoschau, die durch das 50jährige Jubiläum des Automobils eine besondere Bedeutung erhält, war die Ehrenhalle mit den Motoren und Fahrzeugen der Entwicklung des deutschen Automobils in den letzten 50 Jahren. Ein Vergleich in den Darbietungen in der Ehrenhalle und in der Schau gegenwärtigen Standes des Automobilfahrzeugbaus in den acht anderen Hallen und auf dem Freigelände ließ die gewaltige Arbeit erkennen, die in dieser Zeitspanne geleistet wurde und gerade in den letzten Jahren durch den Reichsautobahnbau, die neue Straßenverkehrsordnung und Umstellung auf einheimische Kraftstoffe kraftvolle Anregung erfuhr. Die Beteiligung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft an der Schau zeigte den Schnellreisewagen mit einem Fahrgestell der Firma Büssing-NAG. und Aufbau der Firma Westwaggon mit 25 Sitzplätzen, 7,5 t Gesamtgewicht, 6-Zyl. 90 PS. 95 km/h Höchstgeschwindigkeit, der auf den Reichsautobahnen München und Frankfurt a. M. eingesetzt ist. Die Deutsche Reichspost hatte einen Kraftpostkurswagen in Mercedes-Benz Ganzstahl Aufbau mit 150 PS-Dieselmotor in einer Gesamtlänge von 14 m und einen Kraftomnibus mit Allradantrieb, der auf der Strecke Berchtesgaden—Obersalzberg eingesetzt ist, ausgestellt. Die Industrie zeigte eine Reihe neuer Fahrgestelle und Motoren. Zu beachten war, daß der zweiachsige Wagen, der infolge der neuen Straßenverkehrsordnung als 6½ Tonner gebaut werden kann, gegenüber dem Dreiachsler

wieder mehr in den Vordergrund tritt. Daimler-Benz zeigte ein derartiges Fahrzeug, für das je nach Art des Betriebes ein 120 oder 150 PS-6-Zyl.-Dieselmotor vorgesehen ist. Der Typ hat eine Fahrgestelltragfähigkeit von 8000 kg. Auch die MAN. hat ein neues Zweiachs-Schwerlastwagen-Fahrgestell Typ F 4 mit 150 PS-6-Zyl.-Dieselmotor, 9 t Rahmentragfähigkeit, 5000 mm Normalradstand geschaffen, das für schwere Ferntransporte und hohe Durchschnittsgeschwindigkeiten auf den Autobahnen bestimmt ist. Die Vomag, Plauen, hatte ein Zweiachs-Schwerlastwagen-Fahrgestell für 6,3 t Nutzlast bei normalem Aufbau mit einem Radstand von 5,3 m, 140 PS, 14,4 l 6-Zyl.-Dieselmotor, 55 bis 61 km/h Geschwindigkeit ausgestellt, das für den Ferngüterverkehr mit schweren Anhängern, wie mit zwei zweiachsigen oder einem dreiachsigen Anhänger zu 20 t Gesamtnutzlast geeignet ist. Jede der Firmen im Schwerlastwagenbau hat ein derartiges Fahrzeug in ihr Bauprogramm aufgenommen, wenn auch der Dreiachsler, wie z. B. bei Daimler-Benz im Bauprogramm mit 150 PS, 6-Zyl.-Dieselmotor für 10 t Nutzlast als Großraumomnibus für bis zu 80 Personen Fassungsvermögen im Fernverkehr auf den Autobahnen neu aufgenommen ist. Ebenso hatten die Faunwerke Nürnberg für den Fernverkehr ein neues Dreiachsfahrgestell mit einer Tragfähigkeit von 10 t mit 150 PS-Dieselmotor, automatischer Einstellung der beiden angetriebenen Hinterachsen und am Rahmen aufgehängten Federn gegen Verwindungen ausgestellt.

Unter den Omnibussen findet jetzt größere Beachtung der sogenannte Trambus, bei dem der Wagenaufbau bis zur Kühlerfront nach vorn reicht und sich der Motor gas- und schalldicht

abgedeckt mit im Aufbau befindet. Dadurch wird für die Fahr-  
gäste Raum gewonnen und der Fahrer, der neben dem Motor sitzt,  
hat einen sehr guten Überblick über die Fahrbahn. Daimler-Benz  
hat hierzu das zweiachsige Drehgestell Lo P 3750 entwickelt, das  
mit einem 7,4 l 6-Zyl. ausgerüstet und mit verschiedenen Leicht-  
stahlaufbauten wie als Allwetter-Aussichtswagen mit 37 Sitzen,  
als Pullman-Omnibus mit 34 Sitzen zum Stadt- und Überlandver-  
kehr, als Pullman-Konferenzwagen versehen war. Auch die Büsing-  
NAG. zeigte einen 9,5 t Dreiachser Typ 900 G, bei dem der Sitz  
des Fahrers bis nach vorn an die Kühlerfront gerückt ist. Der  
Wagen war mit einem neuen stehenden Reihen-6-Zyl. 175 PS  
18 l-Dieselmotor ausgerüstet, der mit je zwei Einlaß- und Auslaß-  
ventilen je Zylinder und mit kühlwasserumspülten Zylinderbuchsen  
ausgestattet ist. Ein weiterer Schritt in der Bauart des Trambus  
war bei Büsing-NAG. der Typ 900 TU, bei dem man Motor und  
sämtliche anderen Antriebsaggregate ganz aus dem Fahrgastraum  
verbannt und unter den Aufbaufußboden verlegt hat. Büsing-  
NAG. hat hierzu einen 140 PS-Unterflurdieselmotor als liegenden  
Reihen-6-Zyl. mit einer in Rollenlagern laufenden Kurbelwelle  
entwickelt. Bei dem Aufbau ragt nichts, auch nicht die Schein-  
werfer, aus der glatten fließenden Form heraus, um dem Luft-  
widerstand keinerlei Angriffsmöglichkeiten zu bieten. Derartige  
luftstromgerechte Aufbauten, auch mit Verkleidung der Räder,  
waren mehrfach wie z. B. beim Fahrzeugbau Schumann, Waggon-  
fabrik Uerdingen, Krupp u. a. ausgestellt. An einem MAN. 80 PS-  
Reiseomnibus mit 27 Sitzen war ein neuartiger Freiblickaufbau  
von Auer, Stuttgart, mit gebogenen Scheiben in der Vorder- und  
Rückseite und ohne die sonst üblichen Deckrahmen der Oberlicht-  
fenster zu sehen.

Andere Firmen wie C. D. Magirus, Ulm, haben für diese  
Trambusbauart Boxermotoren, in Leistungen über 150 PS ent-  
wickelt. Diese Leistung ist die Grenze, bei der ausgehend von  
kleineren Motorenreihen über die Wahl der Vergrößerung der  
Zylinderabmessungen oder der Zylinderzahl zu entscheiden ist.  
Die Firma Magirus hat den letzteren Weg beschränkt und einen  
12-Zyl. 10,63 l herausgebracht, der bei 2000 Umdr./Min. und  
praktisch rauchfreiem Betrieb 164 PS erreicht. Das betriebs-  
fertige Gewicht beträgt 840 kg, also nur etwa 5 kg/PS. Die geringe  
Höhe gestattet, den Motor an jeder Stelle an den Fahrzeugrahmen  
unten anzubauen. Derartige Boxermotoren, deren Bauart von  
den luftgekühlten Krupp-Motoren und dem 180 PS Triebwagen-  
motor der Deutschen Werke, Kiel, bekannt ist, waren auch bei  
Deutz-Motorenbau, Köln, Vomag, Plauen, Henschel & Sohn, Kassel  
zu sehen. Letztere hatte zwei Dreiachs-Diesel-Fahrgestelle in der  
Verwendung für Lastkraftwagen wie Omnibusse ausgestellt, von  
denen das eine mit einem 300 PS 12-Zyl. 31 l-Boxermotor unter  
den Rahmenlängsträgern ausgerüstet war. Das Fahrzeug soll auf  
den Reichsautobahnen eine Geschwindigkeit von 125 km/h  
erreichen, was durch den Einbau von Hochganggetrieben und ent-  
sprechender Formgebung des Aufbaus durchaus möglich sei. Das  
Henschel-Dampfaggregat der zehn bei der Reichsbahn im  
Verkehr befindlichen Lastkraftwagen war auf ihrem Stand aus-  
gestellt. Die weitere Entwicklung der schweren Fahrzeuge auf den  
Autobahnen zeigte das Vomag-Modell eines 4-Achs-350 PS-  
Kontinent-Expreß für 40 bis 50 Personen, mit dem die Forde-  
rungen nach hoher Reisegeschwindigkeit bei Betriebszuverlässig-  
keit, hoher Fahrsicherheit und guten Fahreigenschaften, höchste  
Bequemlichkeit erfüllt werden sollen. Der 12-Zyl.-Boxermotor mit  
Kupplung, Gebläsekühlung liegt im Heck des Wagens und treibt  
über Vierganggetriebe die beiden Hinterachsen an. Die Länge des  
Aufbaus über alles ist 16,25 m. Diese Firma zeigte auch neue  
Vomag-Vorkammer-Dieselmotoren, die im Viertakt mit düsen-  
loser Einspritzung nach dem Verfahren „Thomas & Stühr“  
arbeiten. Der Fortfall federbelasteter Einspritzdüsen vereinfacht  
den Fahrzeugdiesel. Andere sehr beachtenswerte Neuheiten der  
Dieselmotoren waren zum Einbau in Personewagen und anderen  
leichten Fahrzeugen der Daimler-Benz-Diesel PKW 4-Zyl. 2,6 l  
45 PS bei 3000 Umdr./Min. und der Hanomag 4-Zyl.-Diesel  
1,64 l der bei 3500 Umdr./Min. 32 PS leistet. Beide Motoren  
arbeiten mit Vorkammereinspritzung, pneumatisch geregelten  
Bosch-Einspritzpumpen und guter Verwirbelung des Kraftstoff-  
Luftgemisches infolge sorgfältiger Ausbildung des Verbrennungs-  
raums. Eine nicht minder überraschende Neuheit war der luft-  
gekühlte Krupp-8-Zyl.-Vergasermotor in V-Form, 95 PS bei  
2500 Umdr./Min., durch Regler begrenzt und der synthetische  
Kautschuk „Buna“ der I. G. Farben-Industrie aus dem Flüssig-

gas Butadien, das aus Kalk und Kohle unter Mitwirkung des  
Stromes gewonnen wird. Der neue Kautschuk ist in vielfacher  
Hinsicht besser als der Naturkautschuk. Seine Vollwertigkeit als  
Reifenwerkstoff ist schon weitgehend erprobt. Die Abriebfestig-  
keit ist um 10 bis 30 % je nach der Marke besser als bei Naturkaut-  
schuk. Auch die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft ist in die  
Erprobung des Gummis als Werkmaterial eingetreten.

Die Verwendung einheimischer flüssiger wie gasiger Treib-  
stoffe im Fahrzeugbetrieb hat voll eingesetzt. Jede Firma hat  
Motoren, meist vom Dieselmotor ausgehend, für den Betrieb mit  
diesen geschaffen, die sich leicht auf Ursprungsbetrieb umwandeln  
lassen. Mehrfach beträgt der Leistungsabfall nur noch etwa 10 %.  
Die Gaserzeuger zur Vergasung von Holz und Holzkohle, Torf-  
koks, Anthrazit, Magerkohle usw. wie die Fabrikate Imbert,  
Wisco, Hansa erzeugen heute ein heizkräftiges, teer-, staub- und  
säurefreies Gas. Besonders beachtenswert war die Entwicklung  
der Steinkohlenschwefelkoks-Gaserzeuger wie bei Krupp, Deutz,  
Wisco, die mit aufsteigender Vergasung und zur Abspaltung von  
Wasserstoff mit Dampfzusatz zur Verbrennungsluft arbeiten, der  
automatisch der Belastung des Motors angepaßt wird. Durch  
geeignete Gestaltung des Füllraums der Gaserzeuger erreicht man  
heute bereits Fahrstrecken bis zu 350 km und mehr. Die anzu-  
schließenden Motoren gehen bis zu 130 PS Leistung.

Sehr beachtliches war auch beim Anhängerwagenbau zu  
sehen wie der neue 3 1/2 t-Gastell-Schwingachser mit Progressiv-  
federung für 80 bis 90 km/h, der dreiachsige EVA-Lastwagen-  
anhänger, 10 bis 11 t Tragkraft mit lenkbarem Doppelachsgestell,  
der Meiller-6-Rad-Rohr-Schwingachs-Anhänger mit zwei unab-  
hängig kippbaren „Meiller-Motor-Kipp-Aufbauten“ usw. Nicht  
unerwähnt seien das Straßenfahrzeug in Sattelschlepperbauart  
für Eisenbahnwagen mit Kippvorrichtung, 32 t Tragfähigkeit und  
das Schwerlaststraßenfahrzeug für 80 t der Deutschen Reichsbahn-  
Gesellschaft. Przygode VDI VDE.

### Die Technische Messe, Leipzig 1936.

Auch die diesjährige technische Messe gab einen umfassenden  
Überblick über die Leistungen der deutschen Industrie und führte  
insbesondere auch dem Eisenbahnfachmann Bemerkenswertes und  
Neues auf den verschiedensten Gebieten vor. In der Halle der  
Werkzeugmaschinen fand man zwar im Vergleich zum Vorjahr  
keine umwälzenden Neuerungen, aber bei genauerer Prüfung ließen  
sich doch Änderungen und Verbesserungen an vielen Maschinen  
feststellen. Mehr und mehr führt sich die Feinstbearbeitung,  
die man mit möglichst einfachen Mitteln zu erreichen sucht, ein.  
Die technischen Notwendigkeiten beim Bau derartiger Maschinen  
für Feinstbearbeitung liegen dabei nicht nur in konstruktiven  
Maßnahmen, die sich hauptsächlich in leichter Bedienung,  
schnellerer Arbeit, kürzeren Spann- und Nebenzeiten auswirken,  
sondern sie verlangen auch Verbesserungen in der Wahl der  
Werkstoffe und der genauen Bearbeitung der herzustellenden  
Maschinen. Die fortschrittliche Linie ist ferner gekennzeichnet  
durch die vermehrte Verwendung von Diamant- und Hartmetall-  
werkzeugen. Bei den Hobelmaschinen wurde erstmalig neben den  
mechanischen und Flüssigkeitsantrieben ein elektro-magnetischer  
Antrieb gezeigt, der eine besonders hohe Rücklaufgeschwindigkeit  
aufwies (47 m/min). Für die Genauestbearbeitung spielen auch  
die Flächenschleifmaschinen eine große Rolle, die erst in letzter  
Zeit wieder mehr in den Vordergrund des Interesses getreten sind.  
Bemerkenswert ist es, daß sowohl an diesen Maschinen, als auch  
an anderen hochwertigen Sonderwerkzeugmaschinen teilweise  
Meßgeräte gleich mit eingebaut waren. In einem Fall (bei einer  
Flächenschleifmaschine) war das Meßgerät zugleich Schaltgerät  
und beendete nach Erreichen des Sollmaßes auf optisch-elek-  
trischem Weg den Arbeitsgang. Die Einführung neuer Werkstoffe  
(besonders der heimischen Kunstharzpreßstoffe) hat auch auf dem  
Gebiet des Pressenbaues viele beachtliche Neuerungen bewirkt;  
es waren daher auch auf der Messe viele derartige Maschinen zu  
sehen.

Das Gebiet der Schweiß- und Schneidtechnik breitet  
sich mehr und mehr in Klein- und Kleinstbetrieben aus. Die  
führenden Firmen zeigten aus diesem Grunde verschiedene  
neue Schweißgeräte (Kleinschnabel-Punktschweißzange, autogene  
Kleinbrenner für dünne Bleche usw.). Unter den Elektroschweiß-  
maschinen fiel eine Doppelpunktschweißmaschine auf, mit der  
dünne Bleche von 0,2 bis 2 mm auf gleichstarke metallene Unter-

lagen aufgebracht werden können. Großes Interesse fand ferner die vorgeführte Punktschweißung einer Waggonseitenwand, bei der an Stelle der bisher üblichen Lichtbogenschweißung wegen der geringeren Verziehungsfahrer die Punktschweißung angewendet wird. Um bequemer an alle Schweißstellen heranzukommen, war die Zange an einer beweglichen Vorrichtung befestigt, die ein Bestreichen der gesamten Waggonwand gestattete.

Für die Punkt- und Rollnahtschweißmaschinen findet man vielfach die Bauweise mit Stromrichtersteuerung. Diese ermöglicht eine ideale Regelung der Schweißzeiten, die bekanntlich je nach Blechstärke und Werkstoff sehr verschieden sein müssen. Während früher die Beherrschung nur bis zu Zeiten von etwa  $\frac{1}{10}$  Sek. abwärts gelang, kann man jetzt Schweißzeiten bis herab zu  $\frac{1}{1000}$  Sek. zugrundelegen. Damit werden aber die Punktschweißmaschinen für die Verarbeitung von Leichtmetallen gut brauchbar.

Die Erfolge der neuzeitlichen Schweißtechnik waren vor allem an Maschinen und Bauteilen zu sehen. Den Eisenbahnfachmann wird dabei besonders die in der Halle 7 gezeigte geschweißte Feuerbüchse aus Izett-Stahl einer Schnellzuglokomotive der Reihe 03 interessiert haben. In derselben Halle waren u. a. die Werkstoffschau, sowie die Erzeugnisse der Kugellagerfabriken untergebracht. Von den letzteren hatte ein Werk eins der Rollenslager ausgestellt, die bei der Schnellfahrlokomotive 05 002 eingebaut worden sind.

Im Hause der Elektrotechnik war die Fülle der gezeigten altbewährten oder neuentwickelten Maschinen, Bauteile und Geräte besonders groß. Im Schaltanlagenbau beherrschen die Expansionschalter, die für die Entwicklung der Schaltgeräte mit selbsterzeugtem Löschmittel kennzeichnend sind, das Feld. Neu waren auf diesem Gebiet Schalter mit Druckluftantrieb für 30 kV Betriebsspannung, die sogenannten Ratschenantrieb haben und bequemes Schalten von Hand gestatten. Die für den Überspannungsschutz wichtigen Kathodenfallableiter zeigten eine beachtliche Steigerung der Stromaufnahmefähigkeit, so daß man dazu übergeht, auch Anlagen für höhere Betriebsspannungen (bis zu 100 kV) durch diese Geräte zu schützen.

Während auf der Messe 1935 nur vereinzelt Muster von Aluminiumkabeln gezeigt wurden, beherrschte dieses Jahr das Aluminiumkabel die Kabelausstellungen der Messe. Wichtig ist die Feststellung, daß es gelungen ist, die Schwierigkeiten, die bisher bei der Verbindung von Al-Kabelleitern bestanden, durch richtiges Löt-, Schweiß-, Gießen oder Pressen zu beheben. Die Herstellung von Höchstspannungskabeln, die auch schon in Betrieben der Deutschen Reichsbahn Verwendung gefunden haben (z. B. Kabelstück für 60 kV Einphasenstrom beim Reichsbahn-Kraftwerk Muldenstein) wurde weiter entwickelt. Eine Ölkabelausrüstung zeigte den gegenwärtigen Stand dieser Technik. Die Vielgestaltigkeit der Elektrohandwerkzeuge nimmt von Jahr zu Jahr zu. Diese Geräte finden nicht nur in Klein- oder Sonderbetrieben Anklang, sondern beweisen ihre Nützlichkeit ebenso in großen Werkstätten. Auch bei den Reichsbahn-Ausbesserungswerken werden Elektrohandwerkzeuge wegen ihrer vielen Vorzüge gegenüber normalen Handwerkzeugen in steigender Zahl benützt.

Auf dem Gebiet der Beleuchtungstechnik wurden die Natrium- und Quecksilberdampflampen, sowie solche für Mischlicht mit eingebauten Zusatzgeräten (Drosselspulen, Heiztransformator) für Straßen- und Industriebeleuchtung (auch für Bahnhofsbeleuchtung vereinzelt schon eingeführt) besonders beachtet.

In der Halle Wärmekraftmaschinen herrschte der Verbrennungsmotor vor. Auf diesem Gebiet vollzieht sich nach und nach eine gewisse Umstellung in der Richtung, daß der Schweröl-(Diesel-)Motor nicht mehr die ausschlaggebende Stellung einnimmt, die er bisher inne hatte. Zwar ist gerade in letzter Zeit das An-

wendungsgebiet des Dieserverfahrens durch seine Einführung bei Motoren kleinster Leistung (bis herab zu 5 PS) erweitert worden, aber bei den größeren Einheiten findet man schon bedeutend mehr Gas- oder Wechseltriebmaschinen als in den früheren Jahren. Gerade der Wechselmotor für Öl- oder Gasbetrieb scheint recht beliebt zu werden. Bei einem derartigen Motor erfolgt die Umstellung auf die eine oder andere Betriebsart durch Auswechseln verschiedener Teile, wie Zündkerzen gegen Einspritzventile, Boschmagnet mit Antrieb gegen Brennstoffpumpe, Austausch der Arbeitskollben oder Verlängern der Treibstange usw. Alle diese Umstellungsarbeiten sind in kurzer Zeit ausführbar. Bei Gasbetrieb ist dann natürlich die Verwendung eines inländischen Kraftstoffes (Leuchtgas, Erdgas, Generatorgas) möglich. Aber auch die Verwendung deutscher Schweröle sucht man zu fördern. Das zeigten die beachtlichen Fortschritte an Motoren, die für die Verwendung deutschen Steinkohlenteeröles eingerichtet sind. Erst im letzten Jahre gelang es, die Schwierigkeiten, die in der schweren Entzündbarkeit der genannten Teeröle liegen, zu überwinden. Auch bei Kraftfahrzeugen, Triebwagen, Kleinlokomotiven werden für den Antrieb oft heimische Kraftstoffe genommen. Als Anwendungsbeispiele konnte man auf der Messe u. a. eine Feldbahn-Gaslokomotive mit Anthrazit-Gaserzeuger sehen.

Bei den mittleren und Großmotoren war ferner vielfach die Forderung nach Leistungssteigerung durch Aufladung erfüllt. Auch bei einem Groß-Dieselmotor, der in seiner Ausführung dem Motor der neuen 1 C 1-Reichsbahn-Diesellokomotive ähnelt, war das angebaute Aufladegeräte zu sehen. Erwähnt sei ferner ein Sechszylinder-Dieselmotor von 400 PS Leistung, der für ein Bodensee-Fahrgastschiff der Reichsbahn mit Voith-Schneider-Antrieb bestimmt ist.

Von den verschiedenen Kupplungen, die zwischen Motor und Stromerzeuger oder Getriebe (z. B. bei Triebwagen) geschaltet werden, sind die Flüssigkeitskupplungen zur Zeit besonders beachtet. Auf der Messe war allerdings nur die Bauart Voith-Sinclair zu finden. Die Knorr-Bremse A. G. zeigte das mechanische, für beliebige Drehzahlbereiche brauchbare Wälzgetriebe „Zadow“, das auch bei Kleinlokomotiven schon eingebaut wurde. Dieselbe Firma hatte ferner eine Kessel-Vorbund-Speisepumpe mit Tolkien-Steuerung und Knorr-Schwimmerstoßdämpfer ausgestellt. Derartige Speiseanlagen sind zuerst für Lokomotiven entworfen worden, finden aber jetzt auch im ortsfesten Kesselbau Eingang.

Das Gebiet der Dampfturbinen und Kolbendampfmaschinen ist auf der Messe immer nur schwach vertreten, trotzdem es auch hier, wie einige gute Modelle zeigten, beachtliche Spitzenleistungen (100 at-Dampfmaschine von 6000 PS, Gegendruckdampfmaschine für Kompressor von 3100 PS) gibt.

Bei den Transportmitteln fiel besonders die Weiterentwicklung der Speicherfahrzeuge auf, die in bezug auf Gestaltung und Leistung große Fortschritte gemacht haben. Ein neuartiges Kleinfahrzeug (Ivo-Karren) ist mit einem Verbrennungsmotor ausgerüstet und zeichnet sich trotz dieses Antriebs durch kräftige Bauart, große Wendigkeit und vielseitige Ausnutzungsmöglichkeit (verschiedene Aufbauten) aus. Für den Fernlastverkehr spielen auch Schlepper eine große Rolle. Durch Leistungssteigerung (bis 100 PS), Erhöhung der Geschwindigkeit (45 km/h), Riesenluftbereifung, sowie bequem ausgestattete Führerhäuser hat man die Fahrzeuge vielseitiger gemacht.

Auch in diesem Jahre gab die Technische Messe Veranlassung, eine Reihe von Tagungen und Vorträgen in dieser Zeit abzuhalten. Ferner hatte die Deutsche Reichspost erstmalig einen Fernseh-Sprechverkehr zwischen dem Leipziger Messegelände und Berlin eingerichtet, dessen Durchführung im In- und Auslande berechtigtes Aufsehen erregte. Rbm. E. Wohllebe VDI.

## Bücherschau.

**Technisches Denken und Schaffen.** Eine leichtverständliche Einführung in die Technik. Von Dipl.-Ing. Georg v. Hanffstengel. 5. Auflage. Berlin: Julius Springer. Gebunden *R.M.* 6,60.

Das Buch ist bereits vor 15 Jahren erstmals erschienen und wird jetzt in der fünften Auflage, die im großen ganzen gegen die früheren Auflagen nicht verändert ist, im einzelnen jedoch neuen Erkenntnissen und Forschungsergebnissen sich anpaßt, der Öffentlichkeit übergeben. Darin liegt schon eine Empfehlung und eine Beantwortung der Frage, ob ein solches Werk ein Bedürfnis ist.

Es wendet sich nicht an den Ingenieur und Techniker von Beruf, sondern an den großen Kreis der Nichttechniker, die bei der übertragenden in alle Lebensgebiete eindringenden Entwicklung der Technik sich einen Einblick verschaffen wollen in ihre Eigenart und ihre Gedankengänge. Damit natürlich nicht zuletzt auch an die Jünger der Technik, die sich ihr als Beruf widmen wollen und die zuvörderst eine erste Bekanntschaft mit dem neuen Arbeitsfeld machen wollen. Diese Aufgabe, die der Verfasser wohl als erster in Angriff genommen hat, erscheint wohl gelungen. — Es wird in dem

Buch zuerst der Kraftbegriff erörtert und die überraschende Weise, wie der Ingenieur dem Zusammenhang der Kräfte in verwickelten Gebilden nachspürt. Dann wird der Grundbegriff der Arbeit am Beispiel einer Dampfmaschine erläutert, die Grundlagen für das Verständnis der elektrischen Maschinen schließen sich an. Die Ausnutzung der Energieformen und damit den wichtigen Begriff des „Wirkungsgrades“ behandelt der zweite Abschnitt, während der dritte sich der praktischen Gestaltung der Ingenieurgebilde zuwendet und daher den Werkstoff, und wie ihn modernen Untersuchungsmethoden bis ins Innerste ergründen, in den Vordergrund stellt. Mit einem Überblick auf die Art der Berufstätigkeit des Ingenieurs schließt das Buch. Das Werk kann warm empfohlen werden, vor allem der heranwachsenden Jugend, der damit auch allgemeinbildende Werte vermittelt werden. Ue.

**Funktechnik I.** Allgemeine Einführung mit besonderer Berücksichtigung des Rundfunks. Von Professor L. Hermann. Dritte neubearbeitete Auflage, Sammlung Göschen. Berlin-Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1936. Gebunden *R.M.* 1,80.

Das Bändchen behandelt in drei Abschnitten die Grundlagen der Funktechnik: im ersten Abschnitt Schwingungskreis und elektromagnetische Wellenüberlagerung und Modulation, im zweiten die Glühkathodenrohre und im dritten Abschnitt den Funkbetrieb.

Bei der Bedeutung, die der Rundfunk im Haus und in Betrieben zu Gemeinschaftsempfang errungen hat, werden viele, die sich näher für diesen neuesten Zweig der Technik interessieren, gerne zu einem Werkchen greifen, das ihnen, trotz der nicht einfachen Verhältnisse, in leicht faßlicher Weise das Wissenswerteste vermittelt. Für mathematisch geschulte Leser sind übrigens auch die mathematischen Formeln angegeben, die ein tieferes Erfassen ermöglichen. Ue.

Wir erhalten folgende

### Zuschrift

zu dem Aufsatz von Dipl.-Ing. Blomberg im Heft 9 des „Organ“ vom 1. Mai 1935: „Beitrag zur Frage der Erkaltungs- und undichtigkeit von Stehbolzen in der Lokomotiv-Feuerbuchse“, die wir — infolge Raummangels leider verspätet — hiermit bekanntgeben.

„Dem angeführten Aufsatz liegen genaue Messungen der Spieländerungen zwischen einem die Wand ersetzenden Ring und einem Bolzen bei einer Erwärmung bis auf 400° C zugrunde. Abgesehen davon, daß die Versuchsanordnung die Vorgänge in der Feuerbuchse nur unvollkommen nachahmt, ist bei der Beurteilung außer acht gelassen worden, daß das zwischen den drei Teilen eines Versuchsstückes vorhandene Ausgangsspiel, von welchem der Beginn der Verformung abhängt, sehr starke Schwankungen aufweist. Ferner leidet die Auswertung der Ergebnisse darunter, daß die Änderung des zwischen dem Außen- und dem Zwischenring vorhandenen Spiels nicht berücksichtigt wurde. Der eiserne Außenring soll im Versuch die unfreie Wärmeausdehnung eines Stehbolzenwandfeldes unter der Wirkung der Nachbarfelder nachahmen. Ein Spiel und damit eine Spieländerung ist aber in der Feuerbuchse wegen der festen und unabänderlichen Verbindung der Wandfelder untereinander nicht vorhanden.

Berücksichtigt man die plastische Verformung zwischen Außen- und Zwischenring und errechnet aus der Tabelle I bei Blomberg die bei 400° C entstandene Gesamtverformung  $(d_A - D_z) + (d_z - D_B)$ , so ergibt sich für die vergleichbaren Versuchsreihen B bis J folgendes Bild (siehe nebenstehende Tabelle).

Danach entsteht in vorzüglicher Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Praxis die geringste plastische Verformung bei Anwendung eiserner Bolzen in Kuprodurewand; dann folgt mit einigem Abstand der kupferne Bolzen in Kuprodurewand, während der mangankupferne Bolzen in kupferner Wand an letzter Stelle steht.

Daß eine gegenüber der Wand geringere Ausdehnungsziffer des Bolzenbaustoffes auf die Abdichtung einen günstigen Einfluß ausübt, ist zweifelsfrei und durch die hervorragende Bewährung der seit 1930 bei der Reichsbahn erprobten Kupferpanzerstahl-

**Die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Dampflokomotive durch konstruktive Maßnahmen zur Senkung des Brennstoffverbrauchs.** Von Dr. Ing. Wolfgang Lübsen. Berlin: Julius Springer 1935.

Das Buch stellt sich die Aufgabe, auf knappem Raum (104 Seiten) eine Übersicht über die neueren Bestrebungen zu geben, die Lokomotive über den thermischen Gütegrad hinauszubehoben, der in einer Heißdampf-Zwillingslokomotive mit einem thermischen Gesamtwirkungsgrad am Radumfang von 7% gegeben sein soll, übrigens also einer schlechten Lokomotive. Behandelt sind hauptsächlich die mechanische Beschickung, die Kohlenstaubfeuerung, Feuerbüchswasserkammern, Mittel- und Hochdrucklokomotiven, Verbundlokomotiven, Ventilsteuerungen, Turbinenlokomotiven und Vorwärmer. Diese Zusammenfassung ist erstmalig, und es ist auch manches Urteil abgegeben, dem man beipflichten wird. Aber dem stehen doch auch erhebliche Mängel gegenüber; Schrifttum und Erkundigung sind unvollständig benutzt, mit spürbarer Abneigung gegen Berlin. Bei der Wirtschaftlichkeit als Thema müßte der Anteil der reinen Wirtschaftlichkeit richtig angegeben sein und müßte man mehr wirkliche Zahlen über Unterhaltungskosten finden. Eingehende Versuche der Reichsbahn, z. B. mit Kohlenstaub-, Mitteldruck- und Verbundlokomotiven sind im Schrifttum übersehen oder nicht verwertet; bei der Stokerfeuerung, die nach Auslandsversuchen empfohlen wird, berücksichtigt der Verfasser nicht, daß der kilometrische Kohlenverbrauch dabei wesentlich höher liegt, als bei etwa gleichartigen, im Buch selbst behandelten deutschen Lokomotiven mit Handfeuerung u. a. Ich bedaure, mich einer kürzlich erschienenen recht günstigen Beurteilung nicht anschließen zu können. Gewiß ist die Zusammenfassung zu loben, aber der Zahlenstoff entbehrt der Zuverlässigkeit, die man bei einer solchen Arbeit verlangen muß. Nordmann.

Versuchsreihe	Werkstoffe			Gesamtverformung der Versuchsstücke nach Erwärmung auf 400° C, in $\mu$ $(d_A - D_z) + (d_z - D_B)$
	Außenring	Zwischenring	Bolzen	
J	Eisen	Kupr	Eisen	2
H	„	„	Ku	14
D	„	Ku	Eisen	17
C	„	„	Kupr	25
G	„	Mnku	Mnku	25
F	„	„	Ku	31
B	„	Ku	Ku	36
E	„	„	Mnku	47

(K. P. S.) und Stahlstehbolzen in Kuprodurewand bei hochbeanspruchten Lokomotiven erwiesen. Zu dieser Erkenntnis führte schon damals die Überlegung, daß die Feuerbuchse sich im Betriebe nur unfrei ausdehnen kann, und der dabei im Gewindemantel entstehende Lochleibungsdruck mit abnehmender Ausdehnungsziffer des Bolzenbaustoffes geringer wird.

Bei den ganzen Versuchen darf jedoch die wichtige Tatsache nicht vergessen werden, daß die durch die Stehbolzenverbiegung in der Feuerbuchse ausgelösten Reaktionskräfte entscheidend zu den Verformungen und damit zu den Undichtigkeiten beitragen, und daß deshalb weiche Wandbaustoffe in der obigen Zahlentafel wesentlich besser abschneiden, als den Erfahrungen in der Praxis entspricht.“  
Dr. Ing. Tross.

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

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