

# ORGAN

für die

## FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

in technischer Beziehung.

Fachblatt des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Neue Folge. XLVIII. Band.

Die Schriftleitung hält sich für den Inhalt der mit dem Namen des Verfassers versehenen Aufsätze nicht für verantwortlich. Alle Rechte vorbehalten.

10. Heft. 1911. 15. Mai.

### Wasserschlag in Lokomotivdampfzylindern.

Von Dr.-Ing. M. Osthoff, Regierungs-Baumeister in Hattingen, Ruhr.

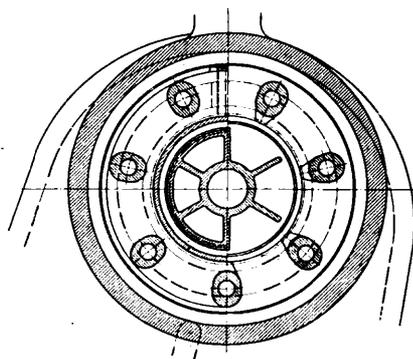
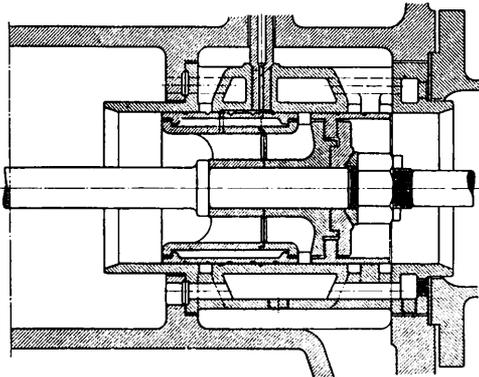
(Fortsetzung von Seite 153.)

#### V 2. Kolbenschieber ohne federnde Dichtungsringe.

Als Steuerungsteil für Heißdampflokomotiven ist der Flachschieber nicht brauchbar. Bei der hohen Wärme des Heißdampfes bis  $350^{\circ}\text{C}$  verlieren auch die besten Schmieröle derart an Schmierfähigkeit, daß sich der mit der Schieberkasten-spannung belastete Schieber einfrisst. Bei Heißdampflokomotiven sind daher von Anfang an völlig entlastete Kolbenschieber angewendet worden.

In Textabb. 19 ist der bisher übliche Kolbenschieber mit

Abb. 19.



ungefederten, geschlossenen Ringen für Heißdampflokomotiven dargestellt. Da dieser Schieber zur Vermeidung größerer Dampfverluste in seiner Büchse nur mit sehr geringem Spiele,  $0,065\text{ mm}$  bei neuen Schiebern, gleiten darf, so kann Wasser wegen der viel größeren Reibung als der des Heißdampfes zwischen Büchse und Schieber auch nach starker Abnutzung in nennenswerter Menge nicht hindurchtreten. Somit liegen die Verhältnisse bezüglich Wasserschlages für die Heißdampf-Kolbenschieberlokomotiven besonders ungünstig:

Erstens wirkt die Einschaltung der üblichen einen Wasser-sack bildenden Rauchkammer- und Rauchröhren-Überhitzer mit ihren großen Rauminhalten in Verbindung mit der Vergrößerung der Zylinderinhalte verstärkend auf das Überreißen von Wasser beim Anfahren.

Zweitens neigen die Heißdampflokomotiven wegen der

größeren Zylinderdurchmesser mehr, als die Nafsdampflokomotiven, zu dem gefährlichen Schleudern, wobei viel Wasser aus dem Kessel übergerissen, und etwa bereits im Überhitzer befindliches Wasser durch die starke Dampfströmung weiter in die Zylinder mitgerissen wird.

Drittens können der ungefederte Kolbenschieber und die eng bemessenen Sicherheitsventile dem eingeschlossenen Wasser keinen genügend raschen Ausfluß ermöglichen.

Daher sind an Heißdampflokomotiven zahlreiche Beschädigungen der Triebwerksteile wie Kreuzkopf- und Schubstangen-Keil, Kurbelzapfen, Triebachse, Rahmen, Zylinderdeckel und Zylinder selbst vorgekommen. Brüche der aus Flußstahl hergestellten Kolben nach schwedischer Bauart sind dem Verfasser bisher nicht bekannt geworden.

Man sah diese Brüche zunächst wohl als Folge der Vergrößerung der Heißdampf-Zylinder gegenüber den Zylindern ähnlicher Nafsdampflokomotiven, also als Folge zu geringer Abmessungen der Triebwerksbaustoffe an. Wenn in dieser Beziehung auch

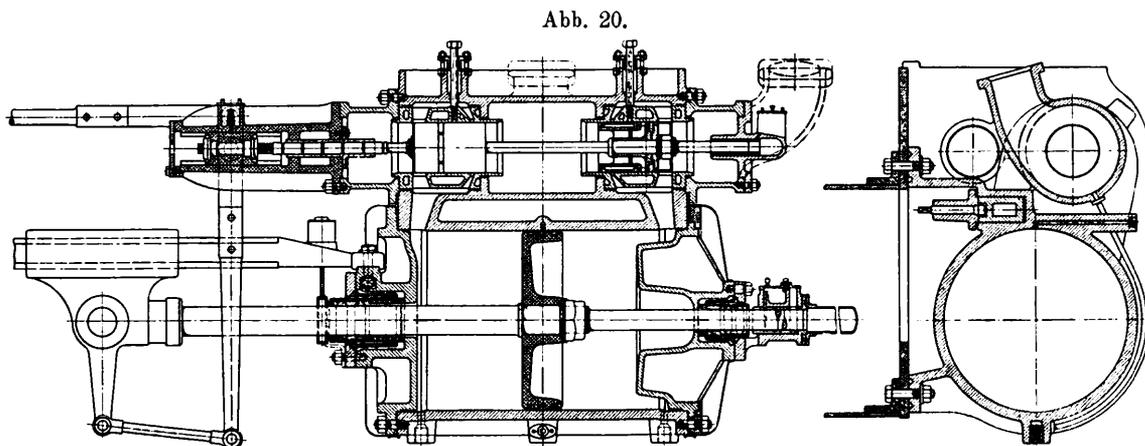
Fehler vorgekommen sein mögen, so ist doch anzunehmen, daß die Lokomotivbauanstalten den größeren Kolbenkräften gleich von vornherein durch entsprechende Verstärkung des Triebwerkes Rechnung getragen haben. Daß beispielsweise Brüche der Kurbelzapfen bei Heißdampflokomotiven nicht durch die größer gewordenen Kolbenkräfte, sondern wahrscheinlich durch Wasserschlag veranlaßt werden dürften, zeigt Zusammenstellung I, in der die größten Biegungsspannungen eines Kurbelzapfens angegeben sind, und zwar für den Fall der Wirkung der größten Kolbenkraft in seiner Mittelebene, welcher dann eintritt, wenn sich der Kurbelzapfen beim Anfahren in der Totlage befindet, die Kuppelstangen also keine Kräfte aufnehmen.

Demnach müssen unvorhergesehene, sehr große Kräfte die Brüche verursachen. Man hat nun die Triebwerkteile bei

## Zusammenstellung I.

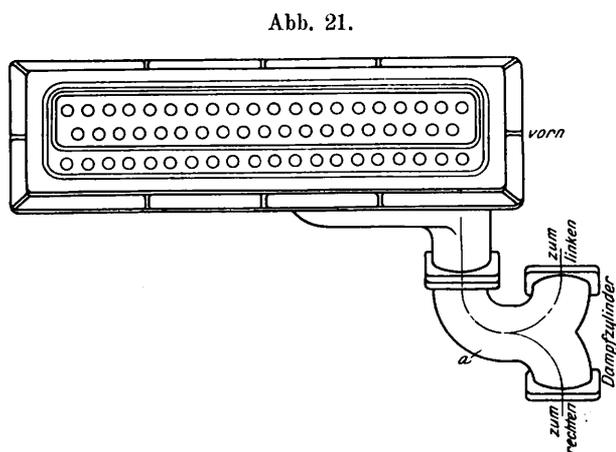
Gattung Lokomotive	Spannung kg/qcm
2 B-Verbund-Personenzug, Preußen . . . . .	1900
2 C-Zwilling-Personen- und Güterzug, Argentinien	1875
1 B-Verbund-Personenzug, Preußen . . . . .	1735
C-Zwilling-Tender, Preußen . . . . .	1590
1 C-Verbund-Güterzug, Preußen . . . . .	1490
D-Zwilling-Güterzug, Preußen . . . . .	1345
D-Heißdampf-Zwilling-Güterzug, Preußen, vor der Verstärkung . . . . .	1250
Dieselbe nach der Verstärkung . . . . .	1075

häufigerm Auftreten von Brüchen der Reihe nach verbessert und verstärkt mit dem Erfolge, daß die Brüche dann an dem nunmehr schwächsten Teile auftraten. Für den Sitz der Bruchstelle ist es nicht einerlei, ob der Wasserschlag vor oder hinter dem Kolben eintritt. Im letztern Falle erfolgt wohl stets ein Deckelbruch. Der hintere Deckel (Textabb. 20) hat wegen seiner ebenen



Gestalt ein nur geringes Widerstandsmoment und wird außerdem noch durch den Kreuzkopfdruck ungünstig beansprucht. Der vordere Deckel (Textabb. 20) hat dagegen ein sehr großes Widerstandsmoment. Daher werden sehr selten Brüche an diesem Deckel vorkommen. Bei Wasserschlag vor Kolben treten die Triebwerksbrüche vielmehr an den Zylindern, Kurbelzapfen, Triebachsen und Rahmen auf.

Bei Lokomotiven mit Rauchkammerüberhitzer, deren Einströmröhre sich nach Textabb. 21 mit einem Krümmer an den



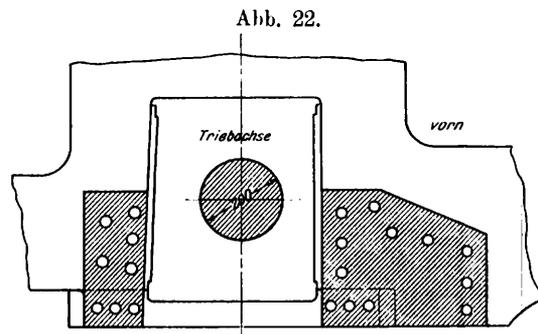
linken Dampfsammelkasten ansetzen, kommen die Brüche vorwiegend im rechten Triebwerke vor. Hierauf machte den Verfasser Herr Werkmeister Artmann in Dortmund aufmerksam, der diese, von ihm zuerst beobachtete Tatsache damit erklärt, daß die Wassermassen durch den Krümmer a stark nach rechts abgelenkt werden und so durch ihre Trägheit vorwiegend in das rechte Einströmröhr gelangen.

Meist tritt an den Triebachsen und Rahmen nicht sofort völliger Bruch ein, sondern es entstehen zunächst Anbrüche. Ein glatter Bruch dieser Teile würde einen sehr erheblichen und stoßweise auftretenden Wasserschlag erfordern. Aus dem Bezirke Münster sind dem Verfasser zwei Fälle bekannt, in denen Triebachsen mit noch nicht verstärkten Abmessungen an  $G_8$ -Lokomotiven mit Rauchkammerüberhitzer vor dem Zuge gebrochen sind. Beim Abpressen der Räder von den übrigen Achsen zeigten sich bei mehreren Achsen Anbrüche, oder es trat völliger Bruch ein. Ähnliches ist auch an russischen Heißdampflokomotiven beobachtet. Dort hat ein besonderer Regierungsausschuß unter dem Vorsitze des Wirklichen Staatsrates B. B.

Ssuschinsky als Ursache\*) der Achsbrüche festgestellt:

- I. Nicht vollständig richtiges Verhältnis zwischen Abmessungen der Achsen und Spannungen des Baustoffes.
- II. Wasserschlag durch Überreifen von Niederschlagwasser aus dem Rauchröhrenüberhitzer von Schmidt.

An  $S_4$ - und besonders an  $S_6$ -Heißdampflokomotiven sind Anbrüche der Rahmen in den oberen Ecken der Ausschnitte für die Triebachslager beobachtet worden. Das Weiterschreiten der Brüche kann in vielen Fällen durch Aufsetzen von Flickern verhindert werden. An den ersten  $S_6$ -Lokomotiven haben sich übrigens auch Brüche in den Ecken der Rahmnausschnitte für die Achslagerstege gezeigt. Man hat daraufhin gleich beim Neubaue dieser Lokomotiven alle Rahmen durch Aufsetzen von Blechen nach Textabb. 22 verstärkt.



\*) „Zeitschrift des Allgemeinen Bureaus der Eisenbahnversammlungen“ St. Petersburg, 1909, Nr. 3. — Vergleiche auch Mitteilungen des Zentralamtes 1909, Nr. 488, wo über Achsbrüche an  $G_8$ -Lok. des Kölner Bezirkes berichtet wird.

Neuerdings treten bei den Heißdampflokomotiven der preussisch-hessischen Staatsbahnen\*) Brüche vorwiegend an den hinteren Zylinderdeckeln und den Zylindern hinten und vorn ein. Bei gelindem Wasserschlage erleidet der Deckel meist nur einen Anbruch, der mitunter erst nach einiger Zeit bemerkt wird. Bei stärkerem Wasserschlage zerbricht der Deckel in mehrere Stücke, dann zeigt auch der Zylinder häufig Risse im Flansche und zwar meist an der engsten Stelle, wo der Zylinderflansch in den Schieberkastenflansch übergeht, oder die Verstärkungstege in den Dampfeinströmkanälen reißen ab. Ist der Wasserschlag noch stärker, so platzt der Zylinder meist in seinem untern Teile in zwei Längrissen auf, ja, die Gewalt des Wasserschlages kann sich bei hoher Kolbengeschwindigkeit so steigern, daß große Stücke des Zylinders fortgeschleudert werden, wie beispielsweise bei der  $S_4$ -Lokomotive 404 Elberfeld. Die Form der Längsrisse ist in der Regel ein Dreieck mit dem Zylinderflansche als Grundlinie. Sind die Risse klein und liegen sie günstig, so wird der Zylinder durch Aufschrauben von aufgepalsten Lappen oder durch Schweissen geflickt, wo dies nicht möglich ist, ist der Einbau eines neuen Zylinders, dessen fertig bearbeitetes Gufstück rund 1000 M kostet, erforderlich.

An der  $G_8$ -Lokomotive 4814 Essen (Textabb. 23) brachen seinerzeit Zylinder und hinterer Deckel, als sie, ganz neu von der Abnahmeprüfung zurückgekehrt, auf dem Werkstättenbahnhofe Dortmund eine kalte Lokomotive verschieben sollte. Da der Regler beim Verschieben etwas zu früh geschlossen wurde, liefen die beiden Lokomotiven nicht weit genug. Der

Abb. 23.



Führer öffnete daher nach Schließen der Druckausgleichkanäle den Regler wieder ein wenig, dann, als keine Bewegung eintrat, weiter. Ohne daß sich die Lokomotive von der Stelle bewegte, trat plötzlich Schleudern mit etwa einer Radumdrehung ein, und mit lautem Knalle zersprangen Deckel und Zylinder. Zufällig waren sachkundige Zeugen zugegen, die alle bekundeten, daß die Ablaßventile während der ganzen Zeit geöffnet waren. Bei deren geringem Durchflußquerschnitte\*\*) dürfte dieser Umstand übrigens ziemlich belanglos sein. Die Untersuchung der Lokomotive ergab ferner, daß der rechte Kreuzkopfkeil durchgedrückt war. Sonst wurde an der Lokomotive, deren Zylinder-Sicherheitsventile bei etwa 12 at abbliesen, und deren Regler dicht war, nichts Außergewöhnliches gefunden.

In einem ähnlichen Falle auch in Dortmund wollte der Lokomotivführer das tatsächlich festgestellte Vorliegen eines Wasserschlages anfangs garnicht anerkennen. Die Lokomotivführer suchen zu vermeiden, daß Wasserschlag als Ursache der Brüche festgestellt wird, da sie sonst wegen unvorsichtiger Be-

handlung der Lokomotive bestraft werden können. Aus diesem Grunde, und weil die Lokomotivführer in den meisten Fällen die einzigen anwesenden Sachkundigen sind, wird vermutlich eine große Zahl von Beschädigungen, die tatsächlich durch Wasserschlag veranlaßt sind, anderen Ursachen zur Last gelegt.

Eine Erklärung für das Auftreten der Deckelbrüche will man\*) in der bei Heißdampflokomotiven höheren Beanspruchung der Deckel\*\*) durch den Kreuzkopfdruk gefunden haben. Bei der  $G_7$ -Nafsdampflokomotive beträgt die größte Kolbenkraft  $P_n$  etwa 25450 kg. Bei dem Verhältnisse des Kurbelhalbmessers zur Schubstangenlänge von  $\lambda = 1 : 9$  ist der größte lotrechte Kreuzkopfdruk  $N_{ngr} = P_n \cdot \lambda = 2830$  kg. Bei der  $G_8$ -Heißdampflokomotive ist  $P_n = 33900$  kg,  $\lambda = 1 : 8,65$  und  $N_{ngr} = 3920$  kg, also um 1090 kg oder 39% größer als  $N_{ngr}$ . Hierzu kommt noch, daß der Heißdampf-Zylinderdeckel einen größeren Durchmesser, also größere frei tragende Länge hat als der Nafsdampf-Zylinderdeckel. Selbstverständlich tragen diese beiden Umstände dazu bei, daß der hintere Heißdampf-Zylinderdeckel mehr zu Brüchen neigt. Die Hauptursache der Brüche ist aber der Wasserschlag, durch den, wie das Rechnungsbeispiel auf Seite 154 zeigt, der Deckel ganz übermäßig beansprucht wird. Am Besten geht dies mittelbar daraus hervor, daß auch im vordern Teile des Zylinders, wo keine zusätzliche Beanspruchung durch den Kreuzkopfdruk auftritt, Beschädigungen durch Wasserschlag vorkommen. Hier bricht zwar nicht der vordere Deckel, der ein sehr großes Widerstandsmoment hat, wohl aber erhält der Zylinder Risse.

Auch auf Durchbiegung des Rahmens hat man die Brüche der hinteren Deckel zurückzuführen gesucht. Sollte das wirklich der Fall sein, so müßten sich die Rahmen doch jedenfalls schon ziemlich bedeutend durchbiegen, was wohl wieder nur bei Wasserschlag eintreten könnte.

### V. 3. Folgen der Triebwerksverstärkung.

Durch das schrittweise Verstärken der schwächsten Teile des Triebwerkes ist keine Verminderung der Anzahl der Wasserschläge selbst eingetreten, wohl aber ist eine Erhöhung der Gemischspannung und damit der Triebwerksbeanspruchung gegenüber früheren gleich starken Wasserschlägen bewirkt worden. Eine Verminderung der Anzahl der Triebwerksbrüche kann daher nur dann eintreten, wenn die Bruchfestigkeit des nunmehr schwächsten Teiles bedeutend größer ist als die des gebrochenen Teiles vor der Verstärkung. Da die Ursachen des Wasserüberreifens nicht behoben sind, und dem Wasser auch keine genügend große Öffnung zum raschen Ausfließen geboten wird, so läßt sich durch Verstärkung des Triebwerkes keine völlige Betriebsicherheit erreichen, man müßte denn dem Triebwerke so gewaltige Abmessungen geben, daß es der Kraft standhält, die der Erzielung der Ausflußgeschwindigkeit  $v = c \cdot F : f$  des Wassers entspricht.

Die Höhe der Erneuerungskosten und das Gewicht setzen übrigens den Verstärkungen des Triebwerkes eine gewisse

\*) Dingers Polytechnisches Journal 1909, S. 620 und 764.

\*\*) Die hinteren Deckel werden neuerdings aus Flußeisenguß hergestellt.

\*) Mitteilungen des Zentralamtes 1909, Nr. 428.

\*\*) S. 138.



schnitte F von 1018 qcm entsprechend 360 mm Durchmesser ergibt sich hier f zu nur  $\frac{1}{350}$  F.

Bei ihrer Einführung im Bezirke Hannover ist an diesen Lokomotiven anfänglich ein Abscheeren oder Durchdrücken der Kreuzkopfkeile aufgetreten. Auch der im oberen Teile von Textabb. 26 dargestellte „Marinekopf“ der Hochdruckschubstange hat im Bezirke Münster zu Anständen Anlaß gegeben. Diese Kopfbauart ist daher seiner Zeit verlassen und an ihrer Stelle der im unteren Teile von Textabb. 26 dargestellte Bügel nach Bauart Grafenstaden eingeführt. Bei beiden Köpfen nehmen die Zugschrauben die volle Kolbenkraft auf. Bei Wasserschlag längen sich diese oder reißen ab, wie auch bei ortsfesten Maschinen beobachtet ist. In letzterem Falle können noch weitere gefährliche Brüche des Triebwerkes entstehen. Bei dem Bügel Grafenstaden sind die Schrauben, die anfangs grobes Whitworth-Gewinde hatten, durch Verwendung feinen Gasgewindes verstärkt worden. Im Bezirke Essen wendet man an den S<sub>7</sub>-Lokomotiven auch den offenen Kopf mit entlasteter Schraube nach Textabb. 18 an.

Vor allem aber ist an diesen stark mit Wasser arbeitenden S<sub>7</sub>-Lokomotiven eine große Anzahl von Brüchen der hinteren Hochdruckzylinderdeckel vorgekommen, im Bezirk Essen bei 16 Lokomotiven etwa 14. Das ist sehr viel, auch wenn man nur etwa die Hälfte der Brüche als durch Wasserschlag verursacht rechnet. An den S<sub>9</sub>-Lokomotiven sind ebenfalls bereits mehrfach Zylinderdeckel gebrochen, ob allerdings größtenteils durch Wasserschlag ist unbekannt. Bei Wasserschlag vor Kolben\*) wird an den S<sub>7</sub>-Lokomotiven meist der Kreuzkopf durch

\*) S. 170.

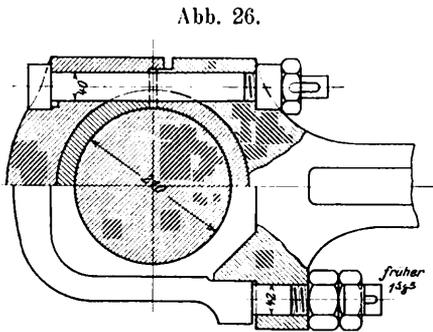


Abb. 26.

das Hineinpresse des kegelförmigen Kolbenstangenkopfes beschädigt, oder der Kolben wird von seiner Stange abgepreßt, wie beispielsweise an der S<sub>7</sub>-Lokomotive 702 Essen. Brüche der S<sub>7</sub>-Hochdruckzylinder von nur 360 mm Weite dürften wegen ihrer im Verhältnisse zu den übrigen Triebwerksteilen sehr großen Festigkeit wohl kaum vorkommen.

An ausländischen Nafsdampflokomotiven haben die Kolbenschieber meist sehr große Durchmesser. Man rechnet dort vielfach, so in Ungarn, nicht mit der Abwicklung der Schieberbüchse als Dampfeinlaßkanal, sondern nur mit deren gerader Ansicht. Die größten Durchmesser bis 400 mm haben wohl die Vaucrain-Kolbenschieber der amerikanischen Vierzylinderlokomotiven, die für Hoch- und Niederdruckzylinder aus einem Stücke bestehen. Erfahrungen über Wasserschläge an den ausländischen Nafsdampflokomotiven mit großen Kolbenschiebern liegen dem Verfasser leider nicht vor. Zu bedenken bleibt aber, daß diese Lokomotiven wegen Fehlens des Überhitzers weniger zu Wasserschlägen neigen, als Heißdampflokomotiven, und daß etwa vorgekommene Triebwerksbeschädigungen irrtümlich anderen Ursachen zur Last gelegt sein mögen, als dem Wasserschlage.

Bei amerikanischen Nafsdampflokomotiven hat der Kolbenschieber sehr große Verbreitung gefunden. An diesen Maschinen kommen nun häufig Brüche der dort üblichen Barrenrahmen vor, und zwar vorwiegend an den Stellen zwischen Zylinder und Triebachslager.\*\*) Demnach scheint der dem Blechrahmen an Festigkeit unterlegene Barrenrahmen der schwächste Teil des Triebwerkes zu sein. In amerikanischen Veröffentlichungen werden diese Brüche auch bereits auf Wasserschlag zurückgeführt.\*\*\*) Ferner läßt der Umstand auf das Vorkommen von Wasserschlag schließen, daß über Festigkeitsversuche\*\*\*) an Lokomotivzylindern aus Stahlgufs berichtet wird. Ohne Not werden gerade die Amerikaner nicht an Stelle der gusseisernen die zwar festeren aber bedeutend teureren Stahlgufszylinder verwenden.

\*) Garbe, Dampflokomotiven S. 146.

\*\*) Vaughan, Railroad Gazette 1904, S. 134.

\*\*\*) Stahl und Eisen 1909, S. 1022.

(Schluß folgt.)

## Ein Beitrag zur Lehre von den Gegengewichten der Lokomotive.

Von J. Jahn, Professor an der Technischen Hochschule zu Danzig.

(Fortsetzung von Seite 163.)

### II. Untersuchung auf ein Triebwerk beschränkt.

#### II. A. Gegengewicht zum Ausgleich der hin- und hergehenden Gestängemasse nicht vorhanden.

##### A. 1. Schwebende Lokomotive.

Bei der schwebenden Lokomotive ist

$$\text{Gl. 4) } \dots \dots \dots L = P',$$

denn außer L und P' greifen am Rade der schwebenden Lokomotive keine Kräfte an, und die Achse befindet sich, auf die Masse der ganzen Lokomotive bezogen, in Richtung dieser Kräfte in Ruhe.

Setzt man Gl. 4) in Gl. 1) ein, so erhält man  $K = P - P'$  und mit Benutzung der Gl. 3)

$$K_s = P - \left( P - \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi \right).$$

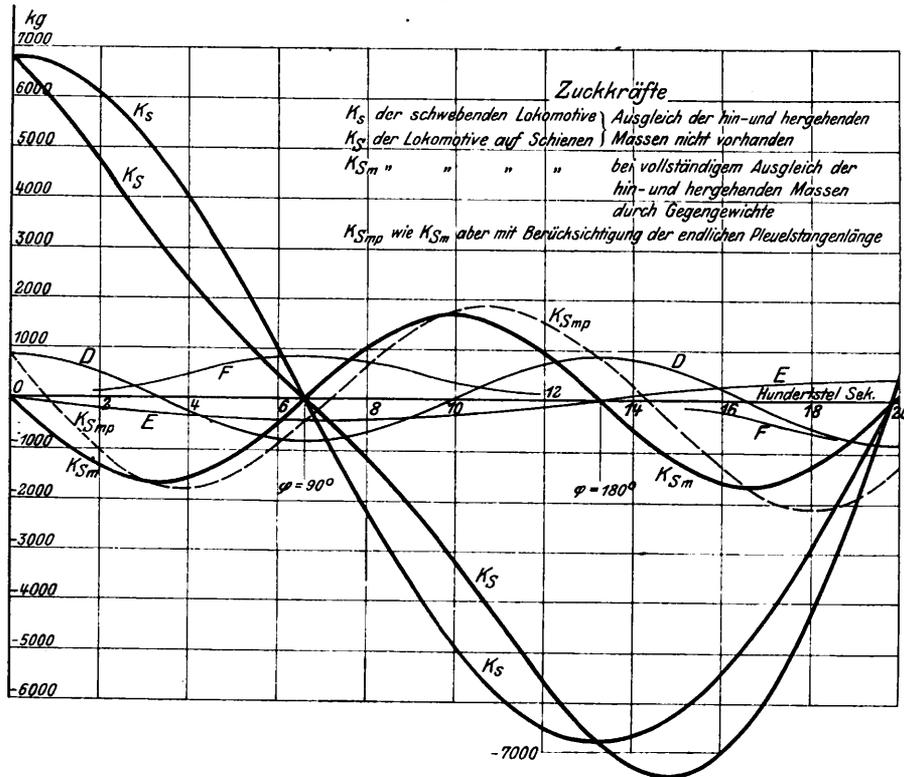
$$\text{Gl. 5) } \dots \dots \dots K_s = \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi.$$

Der Dampfdruck P kommt in dieser Gleichung nicht mehr vor. Dies ist selbstverständlich, denn ein freischwebender Körper kann durch eine innere Kraft nicht in Bewegung gesetzt werden.

Die Gleichung kann auch unmittelbar aus dem Grundsatz von der Erhaltung der Schwerpunktslage abgeleitet werden, denn es handelt sich um einen schwebenden Körper, der keine Kräfte nach außen abgeben und keine Stützdrucke von dort empfangen kann.

In Textabb. 2 ist die K<sub>s</sub>-Linie nach Gl. 5) eingetragen. Sie ist eine Sinuslinie, die mit ihrem Höchstwerte  $\mathfrak{M} \frac{v^2}{r} = 6800 \text{ kg}$  zur Zeit  $t = 0$  beginnt.

Abb. 2.



A. 2. Lokomotive auf Schienen.

Jetzt verteilt sich die am Triebstangenende wirkende Kraft  $P'$  aus Gl. 3) auf Lager und Radumfang (Textabb. 1) nach den Gleichungen

$$L = P' \frac{R - r \sin \varphi}{R} \text{ oder}$$

Gl. 6)  $L = P - P \frac{r \sin \varphi}{R} - \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi + \mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi$

und  $U = P' \frac{r \sin \varphi}{R}$  oder

Gl. 7)  $U = P \frac{r \sin \varphi}{R} - \mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi.$

Auf den Rahmen wirkt nach Gl. 1)  $K = P - L$ , also nach Gl. 6)

Gl. 8)  $K_s = P \frac{r \sin \varphi}{R} + \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi - \mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi.$

Im Gegensatz zu Gl. 5) erscheint also jetzt  $P$  in der Gleichung, denn die Lokomotive wird durch den Dampfdruck fortbewegt.

Setzt man in Gl. 8)  $P = 0$ , so erhält man die Störungskräfte für die ohne Dampf laufende Lokomotive

Gl. 9)  $K_s = \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi - \mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi.$

Das erste Glied stimmt mit dem einzigen Gliede der Gl. 5) überein, das zweite ist neu hinzugekommen. Danach kann man also feststellen, daß das erste Glied, weil es schon bei der schwebenden Lokomotive vorkam, den Einfluß der Schwerpunktsverschiebung, daß das zweite den Einfluß der Abstützung auf den Schienen darstellt. Dies wird noch deutlicher, wenn man den Ausdruck für  $U$  in Gl. 7) betrachtet.

Setzt man in diesem  $P = 0$  ein, so erhält man  $U = -\mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi,$

also das zweite Glied der Gl. 9). Durch wagerechte Abstützung der Lokomotive auf den Schienen wird also ein gewisser Teil der Massenkraft nach außen abgeleitet. Um diesen je nach dem Werte von  $\sin 2 \varphi$  abwechselnd positiven und negativen Anteil erscheint also der Lagerdruck und mit ihm die Kraft  $K_s$  der auf Schienen laufenden Lokomotive gegenüber der schwebenden vermindert oder vermehrt. In Textabb. 2 ist dieses zweite Glied der Gl. 9) als Linie  $K_{Sm}$  eingetragen. Warum schon diese Teilkraft die Bezeichnung  $K_{Sm}$  führt, während Zeiger in doch Massenausgleich durch Gegengewicht bezeichnet, wird sich im nächsten Abschnitte zeigen. Die  $K_{Sm}$ -Linie ist eine Sinuslinie, die bei  $t = 0$  mit Null beginnt, während das erste Glied der Gl. 9) eine Cosinuslinie ist. Ihre Wellenlänge ist wegen des doppelten Winkels  $2 \varphi$  nur halb so groß, wie die des ersten Gliedes. Durch Zusammenzählen der Höhen der Linien  $K_s$  und  $K_{Sm}$  entsteht nach Maßgabe der Gl. 9) die Linie  $K_s$ . Das durch die Abstützung auf den Schienen neu hinzukommende Glied

$\mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi$  ist stets erheblich kleiner als das erste, denn sein Höchstwert beträgt nur den  $r : 2R$  ten Teil des Höchstwertes des erstern.  $r : 2R$  hat bei Lokomotiven, die große Zugkraft bei nicht allzu hoher Geschwindigkeit ausüben sollen, etwa den Wert 0,5, bei hohen Geschwindigkeiten und mäfsigen Zugkräften 0,333; also ist  $r : 2R = 0,25$ , beziehungsweise 0,167. Die  $K_s$ -Linie in Textabb. 2 ist für  $r : 2R = 0,25$  gezeichnet.

Die Gl. 9) kann im Gegensatz zu Gl. 5) nicht aus dem Grundsatz von der Erhaltung der Schwerpunktslage abgeleitet werden. Das Glied  $\mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi$  stellt den Fehler dar, den man hierbei begehen würde. Dieser Fehler ist um so größer, je größer  $R : r$  ist\*).

II. B. Gegengewicht zum Ausgleich der hin- und hergehenden Masse ist vorhanden.

Daß man nur einen Bruchteil der hin- und hergehenden Massen auszugleichen pflegt, bleibe, weil für die hier zu durchlaufenden Gedankengänge belanglos, unberücksichtigt.

Triebwerk und Gegengewicht liegen in verschiedenen Ebenen. Dies ist für die vorliegenden Ermittlungen gleichgültig. Beide sollen in einer Ebene liegend angenommen

\*)  $r : R$  kann bei gewöhnlichen Lokomotiven aus bekannten Gründen den eben angegebenen Grenzwert von 0.5 nicht wesentlich überschreiten. Es wäre aber denkbar, daß Lokomotiven oder ähnliche Maschinen für besondere Zwecke mit größeren Werten von  $r : R$  gebaut würden. Man denke sich beispielsweise, daß  $r : R = 1$  oder  $> 1$ , und durchlaufe die eben angegebenen und die folgenden Gedankengänge für diese hohen Werte nochmals. Man wird dann zu höchst eigentümlichen Ergebnissen gelangen und finden, daß die ältere Betrachtungsweise, die lediglich auf der Schwerpunktsverschiebung fußt, vollständig versagt, besonders wenn etwa auch noch außergewöhnliche Kurbelversetzungswinkel hinzukommen.

werden, so daß sich für jedes Triebwerk nur ein Gegengewicht ergibt.

Das Wesen des Ausgleiches einer hin- und hergehenden Masse durch eine umlaufende ist dieses: Die vom Kurbelzapfen wagerecht hin- und hergeschobene Masse übt auf diesen Beschleunigungskräfte  $\mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi$  aus.

Das Gegengewicht, das die Masse  $\mathfrak{M}'$  haben und sich ebenso wie der Zapfen in der Entfernung  $r$  von der Wellenachse befinden möge, übt eine Fliehkraft  $\mathfrak{M}' \frac{v^2}{r}$  in Strahlrichtung aus (Textabb. 3).

Soll Ausgleich in wagerechter Richtung vorhanden sein, so muß die wagerechte Seitenkraft dieser Fliehkraft gleich  $P'$  sein. Es muß also

$$\mathfrak{M}' \frac{v^2}{r} \cos \varphi = \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi,$$

also  $\mathfrak{M}' = \mathfrak{M}$  sein. Wenn sich das Gegengewicht weiter als um  $r$  von der Wellenachse befindet, so ergibt sich die sinn-gemäße Änderung leicht.

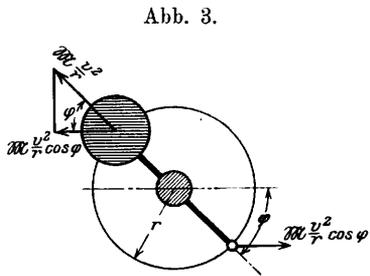


Abb. 3.

B. 1. Schwebende Lokomotive.

Aus den Gl. 1) bis 4) und den zugehörigen Bemerkungen folgt:

Gl. 10) . . . . .  $K = P - L.$

Gl. 11) . . . . .  $L = P' + \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi,$

$L$  ist also gleich dem wagerechten Drucke auf den Triebzapfen vermehrt um den Massendruck, den das Gegengewicht hervorruft, weil es außermittig zur Wellenachse liegt: das ist eben die wagerechte Seitenkraft seiner Fliehkraft (Textabb. 3).

Ferner folgt durch Einsetzen von Gl. 3) in Gl. 11)

$$L = P - \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi + \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi = P$$

und mit Gl. 10)

Gl. 12) . . . . .  $K_{sm} = 0.$

Der Dampfdruck ist wieder, wie zu Gl. 5) bemerkt, aus der Gleichung verschwunden und wieder hätte, wie dort, das Ergebnis auch aus dem Grundsatz von der Erhaltung der Schwerpunktslage abgeleitet werden können. Also ist für die schwebende Lokomotive in wagerechter Richtung vollständiger Massenausgleich erreicht.

In lotrechter Richtung wirkt die lotrechte Seitenkraft der Fliehkraft und übt Kräfte auf die Achse und durch Vermittlung der Federn auf den Lokomotivrahmen aus, die entsprechende Auf- und Niederbewegungen der Achse an der schwebenden Lokomotive hervorrufen würden.

Ein Moment kann die Fliehkraft auf das Rad nicht ausüben, denn ihre Richtung geht durch die Drehachse.

B. 2. Lokomotive auf Schienen.

Die Entwicklung geht ähnlich, wie die der Gl. 6) bis 9) vor sich. Die am Triebstangenende wirkende Kraft

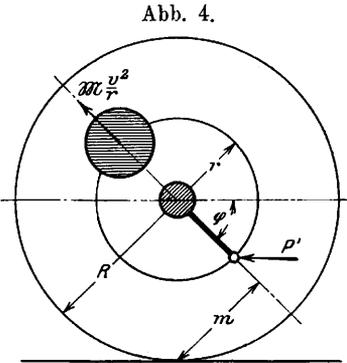


Abb. 4.

$P' = P - \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \cos \varphi$  und die

Fliehkraft des Gegengewichtes

$\mathfrak{M} \frac{v^2}{r}$  verteilen sich nach Text-

abb. 4 gemäß der Gleichung

$$L = P' \frac{R - r \sin \varphi}{R} + \mathfrak{M} \frac{v^2}{r} \frac{m}{R}$$

und nach Einsetzung von Gl. 3) und mit  $m = R \cos \varphi$

Gl. 13) . . . . .  $L = P - P \frac{r \sin \varphi}{R} + \mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi.$

Auf den Rahmen wirkt nach Gl. 1)  $K = P - L$ , also mit Benutzung von Gl. 13)

Gl. 14) . . . . .  $K_{sm} = P \frac{r \sin \varphi}{R} - \mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi.$

In dieser Gleichung erscheint wieder der Dampfdruck  $P$ . Die auf Schienen rollende Lokomotive wird durch den Dampfdruck fortbewegt. Diese Gleichung enthält aber außerdem ein Glied, das die Masse  $\mathfrak{M}$  enthält: Der Massenausgleich ist nicht vollkommen gelungen.

Setzt man  $P = 0$ , so erhält man

Gl. 15) . . . . .  $K_{sm} = - \mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi.$

Vergleicht man Gl. 15) mit Gl. 9) und beachtet die dazu gemachten Ausführungen, so sieht man, daß es nur gelungen ist, das erste von der Schwerpunktverschiebung herrührende Glied durch das Gegengewicht zu beseitigen. Das zweite von der Abstützung auf den Schienen herrührende ist nicht beeinflusst worden.

Die Ursache dieser Erscheinung tritt wieder, wie in den Gl. 9) und 7) deutlich hervor, wenn man den Wert für die Umfangskraft  $U$  ableitet. Zur Berechnung von  $U$  ist die Wellenachse als Drehachse anzunehmen; da die Fliehkraft des Gegengewichtes durch diese Wellenachse hindurch geht, so erscheint sie nicht in dem Ausdrucke für  $U$ . Man erhält

$$U = P' \frac{r \sin \varphi}{R} = P \frac{r \sin \varphi}{R} - \mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi$$

und für  $P = 0$

Gl. 16) . . . . .  $U = - \mathfrak{M} \frac{v^2}{2R} \sin 2 \varphi.$

Der Zusammenhang zwischen Gl. 15) und 16) ist nun dieser: Gl. 15) sagt aus, daß eine störende Kraft übrig geblieben ist, obwohl wegen vollständigen Massenausgleiches keine Schwerpunktverschiebung stattfindet. Das ist nur möglich, wenn eine Abstützung vorhanden ist und im Abstützungspunkte die störende Kraft als Stützdruck erscheint. So ist es in der Tat, denn ein Vergleich der Gl. 15) und 16) zeigt, daß  $K = U$  ist.

Gl. 15) wird durch die schon bei Darstellung der Gl. 9) benutzte Linie  $K_{sm}$  in Textabb. 2 wiedergegeben, wie ein Vergleich der Gl. 15) und des zweiten Gliedes der Gl. 9) ergibt. Ein Vergleich der Linien  $K_s$  und  $K_{sm}$  für die Lokomotive ohne und mit Ausgleich der hin- und hergehenden

Massen durch Gegengewichte und ihrer Höchstwerte zeigt, daß ein Rest von etwa 23% der störenden Kräfte nicht ausgeglichen werden kann. Ist  $r : R < 0,5$ , so wird auch jener Rest kleiner.

Eine Ableitung der (Gl. 15) aus dem Grundsatz von der Erhaltung der Schwerpunktlage ist unmöglich.

Eine häufig erörterte Frage ist die, ob die Gegengewichte an der Bildung von Schlaglöchern schuld seien. Soweit diese Wirkung durch eine Steigerung der Umfangskraft erzeugt werden soll, ist sie ausgeschlossen, denn nach S. 164 und 175 kann die Fliehkraft des Gegengewichtes, weil in Richtung des Radhalbmessers und durch den Radstützpunkt im Lager ver-

laufend, keine Umfangskräfte hervorrufen. Die Wirkung könnte auch durch die freien Fliehkkräfte der Gegengewichte hervorgerufen werden, indem der Radreifen mit wechselnden Drücken auf die Schienen geprefst wird. Dann müßten aber Lokomotiven, bei denen die hin- und hergehenden Massen, wie heute vielfach bei Heißdampflokomotiven, nicht ausgeglichen sind, und die daher keine freien Fliehkkräfte haben, auch keine Schlaglochbildung aufweisen\*).

\*) Über eine andere Ursache der Schlaglochbildung siehe Jahn: „Der Antriebsvorgang bei Lokomotiven“, Abschnitt III, Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1907, S. 1046.

(Fortsetzung folgt.)

## Die im Zuge der Fogaras-Brassóer Eisenbahnlinie ausgeführten Eisenbeton-Hochbrücken.

Von Dr.-Ing. J. Kossalka, Königlicher Baurat und Privatdozent in Budapest.\*)

Hierzu Zeichnungen Abb. 1 bis 30 auf Tafel XXI.

Die zwischen Fogaras und Brassó, Kronstadt, erbaute 60 km lange Eisenbahnlinie schneidet zwischen km 29 und 31 zwei Täler, die nur im Falle ständigen Regenwetters größere Wassermengen führen. Demgemäß waren im ursprünglichen Entwurfe an diesen Stellen hohe Dämme mit gewölbten Durchlässen von 4,00 m Weite vorgesehen.

Im Laufe der Bauausführung entschloß sich jedoch der Hauptbauunternehmer der Eisenbahn, M. Schiffer, beide Täler mit Hochbrücken zu überspannen.

Mit den Entwürfen beauftragte Herr Schiffer das technische Bureau des Professors Dr.-Ing. Zielinszki, und nach Aufstellung der Entwürfe erbat er vom ungarischen Handelsministerium die Erlaubnis, die Brücken ganz aus Eisenbeton herzustellen, die am 22. April 1907 erteilt wurde. Der Verfasser wurde beauftragt, behufs Geltendmachung der vom Ministerium als zutreffend anerkannten Berechnungs- und Konstruktions-Grundlagen an der Ausarbeitung der Baupläne teilzunehmen.

### A. Die erste Hochbrücke.

#### A. I. Allgemeine Anordnung.

Die von der Station Fogaras 29,3 km entfernte, 167,3 m lange, größere Brücke, die in der Folge als »Erste« bezeichnet werden soll, befindet sich in unmittelbarer Nähe der Station Ujsinka.

Ihre allgemeine Anordnung ist aus Abb. 1 bis 6, Taf. XXI ersichtlich. In einem Gefälle von 15‰ ist sie durch zwei je 5 cm weite Fugen in drei selbständige Teile geteilt.

An das die Fahrbahntafel mittels Säulen tragende Bogen-trägerpaar der mittlern Öffnung von 60,0 m Spannweite schließt sich an beiden Seiten je ein mit seinen Stützen steif verbundener durchlaufender Träger an.

Das Tragwerk der Mittelöffnung bilden zwei eingespannte Bogen von 0,6 m Breite, 1,35 m Scheitelstärke und 3,20 m Kämpferstärke. Um die Seitensteifigkeit zu erhöhen sind beide Bogen mit dem Queranlaufe 1 : 10 geneigt und mit einem Kopfgurte von 0,3 m Stärke und 1,20 m Breite versehen, der eine durch eine Wagerechte beschriebene Zylinderfläche bildet.

Die Kämpfer der Bogen und die beiden auf ihnen

ruhenden kräftigen Säulen sind in 7,2 m lange und 2,0 m breite Eisenbetonklötze eingespannt, die auf den im tragfähigen Boden liegenden Betonwiderlagern aufgebaut sind.

Die beiden Bogen sind durch Querverbindungen von T-Querschnitt verbunden. Die Gurtplatten der Querverbindungen, deren Stege rechtwinkelig zum Bogen stehen, liegen mit den Kopfgurtungen der Bogen in derselben Zylinderfläche und bilden mit diesen den Windverband des mittlern Brückenteiles.

Auf die beiden Bogen stützen sich in deren Ebenen Säulen von rechteckigem Querschnitte, die mit wagerechten Querverbindungen zu Jochen vereinigt sind. Auf die Säulen stützt sich die aus Querträgern, zwei Reihen Längsträgern und der Fahrbahnplatte gebildete Fahrbahntafel mit der von zwei Eisenbetonwänden begrenzten Bettung.

An die Mittelöffnung schließen sich an der Seite von Fogaras fünf, an der von Brassó vier Seitenöffnungen an, an ersterer Seite geht die Linie in eine Krümmung von 250 m Halbmesser über. Daher bilden dort die durchlaufenden Längsträger im Grundrisse ein Vieleck mit den Ecken in den Ebenen der Joche.

Die fahrbahntragenden Joche der Seitenöffnungen sind aus je zwei Säulen mit dem Anlaufe 1 : 10 gebildet und durch entsprechende Querbalken verbunden. Diese Säulen sind 80 × 50 cm, über den Kämpfern 100 × 40 cm stark; sie stehen auf Sohlplatten, die mit je einer Rippe versteift sind und auf den im tragfähigen Boden liegenden Betonklötzen ruhen.

Die Längsträger der Seitenöffnungen liegen unmittelbar über den Jochsäulen, auf die über den Bogen angeordneten Jochen aber wird die Last durch Querträger übertragen. Alle Öffnungen haben dieselbe Anordnung der Fahrbahnplatte und Bettung.

Da die Grundlagen des Vorentwurfes bei der Ausarbeitung der Baupläne in mehreren Punkten nicht unwesentlich geändert werden mußten, bestehen zwischen beiden erhebliche Verschiedenheiten, deren wesentlichste darin besteht, daß das Bauwerk in drei Teile geteilt ist, während es ursprünglich so

\*) Aus dem Ungarischen übersetzt von Ingenieur F. Thoma in Budapest.

geplant war, daß die Fahrbahnplatte mit den Längsträgern ohne Unterbrechung durch die ganze Länge laufen sollte und dementsprechend über den Bogenkämpfern statt zweier nur je ein Joch stand. Ferner waren im Vorentwurfe die Bogen ohne Kopfgurte ausgebildet und die Stege der Bogenquerverbände nicht rechtwinkelig, sondern senkrecht angeordnet.

Die Teilung der Fahrbahntafel in drei selbständige Teile ist mit Rücksicht auf Wärmeschwankungen von  $\pm 25^{\circ}$  vorgenommen.

Die Wärmespannungen des durchlaufenden Bauwerkes erreichten eine bedenkliche Höhe.

## A. II. Die Anordnung der Eiseneinlagen und Einzelheiten.

### II. a) Die Bogen. (Abb. 7 bis 27, Taf. XXI.)

Die in die Bogen gelegten Eisen können in zwei Gruppen eingeteilt werden, in die des eigentlichen Bogen ohne den Kopfgurt und in die der Gurtungen des Windverbandes im Kopfgurte.

Die Längseinlagen des Bogens sind überwiegend im oberen und unteren Teile des Querschnittes vereinigt (Abb. 12, Taf. XXI). Da der Bogen aber verhältnismäßig hoch ist, sind auch seine Seitenflächen mit schwächeren Längseinlagen versehen, die mit den Querbügeln an diesen Flächen ein Netz bilden.

In den Stößen der oberen und unteren Einlagen übergreifen sich die Enden der Stücke um 2,0 m und sind außerdem auf 1,0 m Länge um  $45^{\circ}$  in den Betonkörper abgebogen (Abb. 7, Taf. XXI). Die seitlichen Eiseneinlagen des Bogens sind nicht abgebogen, ihre Enden wurden 1 bis 2 cm tief gespalten. In einem Querschnitte wird nur je ein oberer und ein unterer Stab gestoßen. Den inneren Kräften entsprechend ändert sich die Anzahl der Längstäbe im Zuge des Bogens. In den Abb. 8 bis 10, Taf. XXI ist die genaue Verteilung der Längseinlagen abgewickelt dargestellt.

Die Längseinlagen sind in 40 bis 50 cm Teilung rechtwinkelig zur Bogenmittellinie durch Bügelgruppen verbunden (Abb. 7, Taf. XXI).

Die dem Kopfgurte angehörigen im Rande des vorspringenden Teiles angeordneten und an den Enden mit kleinen Haken versehenen Eiseneinlagen sind ebenfalls den inneren Kräften angepaßt und mit einfacher Überdeckung gestoßen. Die Bügel des Kopfgurtes sind in der halben Teilung der Bügelgruppen des Bogens angeordnet.

Die Einlagen der T-förmigen Querverbindungen der Bogen sind aus Abb. 16, Taf. XXI ersichtlich. Die Gurtplatten dieser Querbalken schlossen sich mit sanftem Übergange an die des Bogens an, wie die Längstäbe der Quergurtplatte (Abb. 15, Taf. XXI).

### II. b) Die Kämpfer und Widerlager der Bogen.

Die Breite des Bogens wächst in der Nähe der Kämpfer von 60 cm auf 90 cm, dann auf 2,0 m; mit diesem verstärkten Auslaufe, der als Sohle des Bogens betrachtet werden kann, ist der Bogen auf die 7,2 m hohe und 2,0 m breite Auflagerfläche des Betonwiderlagers gesetzt. In diese Bogensohle ragen die Längseisen des Bogens hinein, deren untere Enden sich

auf einen aus  $50 \times 3$  mm starken Flacheisen gebildeten Rost stützen.

Unter diesem sind in beiden Richtungen Rundeiseneinlagen derartig angeordnet, daß deren drei mit 30 mm Durchmesser und größerer Länge als die übrigen um den ganzen 2,0 m hohen unteren Teil der Bogensohle herumführen (Abb. 7, Taf. XXI).

Jede Bogensohle ruht auf einem eigenen Betonwiderlager von 3,22 m Breite, 3,26 m Höhe und 8,0 m Länge.

Der Baugrund besteht unter allen Bogenwiderlagern aus Schiefer-Schichten.

### II. c) Die Bogensäulen und die Fahrbahntafel.

Die auf dem Bogen stehenden Säulen von  $60 \times 40$  cm enthalten je sechs 22 mm starke Längseisen und 6 mm starke Bügel in 25 cm Teilung.

Die Längseisen sind zur Erhöhung des Haftwiderstandes an beiden Enden rechtwinkelig abgebogen. Die Längseisen der  $100 \times 40$  cm starken Endsäulen haben 28 mm Durchmesser und sind aus je zwei Teilen gestoßen (Abb. 7, Taf. XXI). Die Einlagen der wagerechten Querträger und Querverbindungen der Säulen sind in Abb. 17, Taf. XXI, die der Längsträger und der Fahrbahnplatte in Abb. 22 bis 24, Taf. XXI dargestellt.

Die Längseisen der Längsträger sind aus mehreren Teilen so gestoßen (Abb. 22, Taf. XXI), daß deren Stöße immer über die Querträger trifft; deren Ausführung ist dieselbe, wie die bezüglich der Bogen beschrieben wurde; die Abbiegungen ragen entweder in den Steg des Trägers, oder wo dies nicht möglich ist, in die Platte hinein.

### II. d) Die Seitenöffnungen nach Brassó.

Die Einlagen der Jochsäulen in den Seitenöffnungen nach Brassó besteht aus acht 25 mm starken Längseisen und in 30 cm Teilung angeordneten, 6 mm starken Bügeln. Das untere Ende der Längseisen steht nach Abb. 18, Taf. XXI auf einem aus  $40 \times 3$  mm starken Flacheisen gebildeten Roste; das obere Ende ist rechtwinkelig abgebogen. Die Einlagen der mit einer Rippe versteiften Sohlplatte des Joches, die die beiden Säulen zusammenfaßt, ist ebenfalls in Abb. 18, Taf. XXI dargestellt.

Die Säulen des Endjoches von Brassó weichen von den übrigen der Seitenöffnungen ab (Abb. 19 und 27, Taf. XXI). Die Verschiedenheit liegt nicht nur in der größeren Breite des Säulenschaftes und der größeren Anzahl der Längseisen, sondern hauptsächlich darin, daß die Längseisen der Säule eine Fortsetzung der oberen Balkeneinlagen bilden und das untere Ende der Säule ganz umfassen. Diese Ausbildung der Einlagen in der letzten Säule ist durch die an der Säule angreifenden großen Biegemomente bedingt.

Das andere, auf den Bogenkämpfer gestützte Endjoch der Anschlußöffnungen wurde in ähnlicher Weise ausgebildet, wie das Endjoch der Fahrbahn über dem Bogen (Abb. 7, Taf. XXI).

Die Längsträger der Seitenöffnungen und ihre Einlagen sind in Abb. 25 bis 27, Taf. XXI dargestellt. Die Durchbildung der Fahrbahnplatte ist dieselbe, wie die des mittlern Brückenteiles.

## II. e) Die Seitenöffnungen nach Fogaras.

Die Seitenöffnungen nach Fogaras zu sind ebenso durchgeführt, wie die oben geschilderten. Ein Unterschied ergibt sich nur aus der Anzahl der Öffnungen und daraus, daß das Gleis über diesen Seitenöffnungen in einer Krümmung liegt. Der Linienzug der Längsträger dieses Teiles ist eine in der wagerechten Ebene gebrochene Gerade. Daher mußte Vorsorge getroffen werden, daß die an den Eckpunkten der durchlaufenden Längsträger entstehenden wagerechten Seitenkräfte die Längsbewehrung nicht aus dem Beton herausreiße. Zu diesem Zwecke sind die 28 mm starken Einlagen der oberen Querbalken mit halbkreisförmigen Klammern versehen, die einerseits die Längseisen der beiden Längsträger, andererseits mit Hilfe der kurzen, wagerechten, zu diesem Zwecke angeordneten Eisenstäbe von 28 mm Durchmesser, die äußere Bewehrung der Jochsäule umfassen (Abb. 20 und 21, Taf. XXI).

### A. III. Die Berechnung.

#### III. a) Belastungen und zulässige Inanspruchnahmen.

Als Grundlage der Berechnung diente ein Lastenzug aus zwei Lokomotiven und einer einseitig angekuppelten Lastwagenreihe. Die beiden Gattungen, deren unvorteilhaftere zu wählen war, und der Lastwagen sind in Abb. 28, Taf. XXI) angegeben. Im Übrigen waren für die Berechnung die Vorschriften der neuen Brückenverordnung für eiserne Eisenbahnbrücken des ungarischen Handelsministeriums vom Jahre 1907 maßgebend.

Dieser Verordnung gemäß mußte jedes Bauglied zweifach untersucht werden, und zwar war:

1. der Einfluß der ständigen Belastung und der in der unten angegebenen Weise vergrößerten beweglichen Last festzustellen;
2. der Einfluß der ständigen Belastung, der nicht vergrößerten beweglichen Last, der aus der Bremswirkung entstehenden wagerechten Kraft, des Winddruckes und der Wärmeänderungen zu berechnen.

Die unter 1. erwähnte Vergrößerung der Verkehrslast wird durch

$$n = 1,5 + 0,0007 \cdot (20 - l)^2$$

bestimmt, worin  $l$  die Spannweite des Bauwerkes in m bedeutet. Das zweite Glied hat nur für Bauwerke unter 20 m Weite Bedeutung; für die Säulen und die Bogen ist also bei  $l > 20$  m  $n = 1,5$ . Die wagerechte Bremswirkung ist in der Verordnung für eiserne Brücken mit 10% des Achsdruckes festgesetzt.

Obwohl das Bauwerk nicht aus Eisen besteht, daher die bekannten Vorzüge in der Lastaufnahme besitzt, glaubte der Verfasser, die Bremswirkung nicht in geringerm Betrage in Betracht nehmen zu dürfen, weil es an Erfahrungen in dieser Richtung noch mangelt, und weil diese geringe Erhöhung der Sicherheit bei der Berechnung der verhältnismäßig hohen Säulen in den Anschlußöffnungen, die allein durch die Bremskraft wesentlich beeinflusst werden, wohl begründet erscheint.

Der Winddruck ist für die Angriffsfläche der belasteten

Brücke zu 150 kg/qm, für die der unbelasteten Brücke zu 250 kg/qm angenommen.

Bei der Bestimmung der in Betracht zu ziehenden Grenzen der Wärmeänderung hat der Verfasser vorausgesetzt, daß die Schwankungen im Beton mit den Schwankungen der täglichen Durchschnittswärme übereinstimmen. Nach Beobachtungen in der Umgegend der beiden Brücken wurden als Grenzen der Schwankungen  $\pm 25^\circ$  C angenommen.

Um diese Annahme nachträglich zu überprüfen, sind in einige 0,3 bis 1,2 m starke Bauteile der ersten Hochbrücke fünf die Grenzstellungen anzeigende Thermometer eingelegt worden.

Als größte Beanspruchungen wurden zugelassen:

in den Eiseneinlagen auf Zug und Druck	1200 kg/qcm	
in den Eiseneinlagen auf Schub	960	»
im Beton auf Druck	50	»
im Beton auf Zug	0	»

Im Beton war eine Begrenzung der Beanspruchung auf Schub nicht nötig, da die eingebauten Querbügel allein für die Aufnahme der Scherkräfte genügen. Eine Ausnahme bildet nur die Fahrbahnplatte, in der gar keine Bügel angeordnet sind; die Querkräfte werden hier durch die aufgebogenen Eiseneinlagen aufgenommen. Für die zwischen Beton und Eisen auftretende Haftspannung wurde keine Grenze bestimmt. Die zulässige Spannung wurde mit Rücksicht auf die Gestaltung der Eiseneinlagen von Fall zu Fall festgestellt. Ihren Größtwert erreicht die Querkraft in den über den Bogen liegenden Querträgern, in denen ungefähr 8,5 kg/qcm Haftspannung auftreten sollte.

Diese Beanspruchung ist deshalb so hoch, weil die bewegliche Last vergrößert in Rechnung gestellt wurde; mit dem statischen Werte der beweglichen Last sinkt sie auf 6 kg/qcm, was annehmbar erscheint, da einerseits die Bewehrung mit dicht aneinander gereihten Bügeln umschlossen ist, andererseits die um  $90^\circ$  abgelenkten Enden der Eiseneinlagen in den Beton der Säulen hinein ragen, außerdem in den Anschlußecken der Querträger und der Säulen 50 cm lange, starke Versteifungseisen angeordnet sind, deren Einfluß vernachlässigt wurde.

Die Annahmen bezüglich der Spannungsverteilung im Querschnitte waren die allgemein üblichen. Es wurde vorausgesetzt, daß der Beton keine Zugspannung erleide, daß ferner dessen Elastizitätsmaß unveränderlich gleich dem fünfzehnten Teile des Elastizitätsmaßes des Eisens ist.

Bei der Berechnung der statisch unbestimmten Kräfte und der Verschiebungen ist der ganze Querschnitt der Glieder in Rechnung gezogen und der Widerstand des Beton gegen Zug nicht außer Acht gelassen, das Elastizitätsmaß des Beton ist auch bei diesen Berechnungen wie oben angenommen.

Der Baugrund ist bis zu 4 kg/qcm belastet.

#### III. b) Der mittlere Teil der Hochbrücke.

Bei der Berechnung der Fahrbahnplatte ist vorausgesetzt, daß sich der Achsdruck auf die ganze Breite der Schotterbettung verteilt und in der Längsrichtung der Brücke eine Lastenverteilung auf  $a + \frac{1}{3}$  (Abb. 29, Taf. XXI) stattfindet,

worin  $l$  die Teilung der Längsträger bedeutet. Wo sich jedoch diese Länge als größer erwies als der Achsstand, wurde letzterer für die arbeitende Plattenlänge in Rechnung gezogen. Bei der Berechnung der Momente wurde die Platte als freiaufliegender Kragträger betrachtet.

### III. c) Die Längsträger.

Die über der Mittelöffnung liegenden 5,00 m weit gespannten Längsträger sind als durchlaufende Träger berechnet, die gelenkig auf unnachgiebigen Querträgern ruhen. Nachträglich sind auch die aus den Senkungen der Querträger mit den Bogen entstehenden Momente annähernd unter der Annahme ermittelt, daß die Stützpunkte der Längsträger die lotrechten Durchbiegungen der unter ihnen liegenden Bogenpunkte mitmachen.

Bei dieser Voraussetzung ergibt sich für das Moment  $M_1$  des Längsträgers und das Moment  $M_2$  des Bogens die Beziehung

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{ds \cdot J_1}{dx \cdot J_2},$$

worin  $dx$  das Differenzial der wagerechten,  $ds$  das der Bogenlänge, ferner  $J_1$  das Trägheitsmoment des Längsträgers und  $J_2$  das des Bogens an der betrachteten Stelle bedeutet.

Aus dieser Gleichung konnte  $M_1$  berechnet werden, wenn  $M_2$  aus der Berechnung des Bogens bekannt war. Die Belastung, die in einem Querschnitte des Längsträgers das größte Moment  $M_1$  erzeugt, ist im Allgemeinen nicht dieselbe, wie die im entsprechenden Querschnitte des Bogens das größte oder kleinste Moment bei unnachgiebigen Stützpunkten erzeugende. Zur Berechnung der Längsträger mußte demnach die Laststellung ermittelt werden, die im untersuchten Querschnitte im Ganzen das größte Moment verursacht.

### III. d) Die Querträger.

Die Querträger sind als frei aufliegende Träger berechnet, da die über den Bogen stehenden Säulen verhältnismäßig schwach und hoch sind, so daß ihre steife Verbindung mit den Querträgern nur geringe negative Momente zur Folge hat. Untersucht ist nur der 80 cm hohe Träger, die höheren erhielten dieselbe Bewehrung.

### III. e) Die über den Bogen stehenden Joche.

Von den über den Bogen stehenden Zwischensäulen sind nur die höchsten berechnet, die übrigen sind gleich stark gemacht.

Außer den Stützenkräften aus den ständigen und beweglichen Belastungen sind auch die Spannungen in Rechnung gezogen, die einerseits aus der steifen Verbindung zwischen Säule und Querträger, andererseits aus den Windkräften und den Wärmewechseln entstehen. Letztere wurden nach dem unten angeführten Verfahren nur annähernd ermittelt, da die genaue Berechnung mit kaum zu überwindenden Schwierigkeiten verbunden ist.

Bei der Berechnung des Einflusses der steifen Ecke zwischen Säule und Querträger wurde vorausgesetzt, daß der Querträger und der oberste zwischen den Querträger und den

ersten Querverband fallende Abschnitt der beiden Säulen einen nach unten offenen Rahmen bilden, dessen untere Enden in den ersten Querverband vollkommen eingespannt sind.

Die Windkräfte sind von dem längs der Bogengurtplatte angeordneten Windverbände aufzunehmen. Die auf dem Bogen stehenden Joche waren also so zu entwerfen, daß sie die auf den Lastenzug, auf die Fahrbahnplatte und auf die Joche selbst wirkenden Windkräfte nach unten übertragen können. Die Joche wurden als an ihren unteren Enden in den Bogen eingespannte Träger betrachtet. Ist  $H$  (Abb. 30, Taf. XXI) die wagerechte Mittelkraft der Winddruckkräfte, die an dem an der Querverbindung B-D liegenden Querschnitte I-I angreift,  $P_1$  und  $P_2$  je eine unbekannte Seitenkraft von  $H$  an den Säulenabschnitten A-B und C-D, so wurde zur Ermittlung von  $P_1$  und  $P_2$  vorausgesetzt, daß  $P_1$  durch die Mitte der Säulenachse A-B,  $P_2$  durch die Mitte der Strecke C, D geht.

Diese Voraussetzung, die der Verfasser zuerst im Jahre 1903 angewendet hat, ist zwar vollkommen willkürlich, jedoch in Fällen, wo die Querverbindungen im Verhältnisse zu den Säulen genügend steif sind, genügend sicher. Wenn man nämlich die Querverbindungen genügend kräftig ausbildet, verläuft die Formänderung der Säule nach dem Grundsatz der kleinsten innern Arbeit so, daß in den einzelnen Säulenabschnitten und den Querverbindungen Wendepunkte der elastischen Linie entstehen. Die Willkür der Voraussetzung besteht also bloß darin, daß diese Wendepunkte ohne Begründung in die Mitte des Säulenabschnittes und der Querverbindung gelegt sind.

Da aber schon die Feststellung des Winddruckes willkürlich ist, kann der aus jener Voraussetzung stammende Fehler vernachlässigt werden. Hierdurch sind Richtungslinien der angreifenden Kräfte  $P_1$ ,  $P_2$  für jeden Säulenabschnitt gegeben, da je ein Punkt dieser Richtungslinien im Halbierungspunkte der Mittellinie des Säulenabschnittes, ein anderer gemeinsamer im Schnittpunkte der Mittellinie des Joches mit der Kraft  $H$  bekannt ist. Danach sind nicht nur die Momente der Säulen, sondern auch die der Querverbindungen bekannt.

Bei der Ermittlung der Wärmespannungen in den auf den Bogen stehenden Säulen wurde vorausgesetzt, daß die unteren Enden der Säulen im Bogen vollständig eingespannt sind.

Bezüglich der Verschiebung des obern Säulenendes sind zwei Grenzfälle angenommen, dann ist der Mittelwert der diesen entsprechenden Spannungen als maßgebend betrachtet.

Den einen Grenzfall ergab die Voraussetzung, daß die Fahrbahnträger schlaff seien, den andern die Annahme völliger Starrheit. Im ersten Falle kann sich das Oberende der Säule bei wagerechter Bewegung des Fahrbahnträgers durch Wärmewechsel frei drehen, im letzten Falle ist jede Drehung ausgeschlossen. Als Mittelwert aus beiden Fällen ergibt sich für das größte Moment der Säule

$$M = \frac{4,5 EJ}{h^2} \delta,$$

worin  $\delta$  die der Wärmeänderung entsprechende wagerechte Verschiebung des obern Säulenendes,  $h$  die Säulenhöhe,  $J$  deren Trägheitsmoment und  $E$  das Elastizitätsmaß bedeutet.

So sind auch die  $100 \times 40$  cm starken Endsäulen des mittlern Brückenteiles berechnet, deren Querschnitt mit dem der nächsten Stützen der Seitenöffnungen übereinstimmt.

### III. f) Die Bogen.

Bezüglich der Bogen ist völlige Einspannung der Kämpfer vorausgesetzt.

Als Mittellinie wurde die Seillinie der ständigen Belastungen eingeführt.

Die ungünstigsten Laststellungen für die untersuchten Querschnitte wurden mittels der Einflußlinien für die Kerngrenzenmomente festgestellt. Die Auflagerkräfte wurden für jede Laststellung aus ihren Einflußlinien ermittelt. Die den Bogenquerschnitt beanspruchende Mittelkraft ergab sich aus der Zusammensetzung dieser Auflagerkräfte mit den entsprechenden Lasten nach dem von Professor A. Kherndl der technischen Hochschule in Budapest eingeführten Verfahren.

Die Spannungen im Kopfgurte des Bogenträgers als Gurtung des Windverbandes sind unter der Voraussetzung ermittelt, daß der räumliche Windverband an seinen beiden Enden in die Kämpfer des Bogens eingespannt sei. Da der Windverband keine Schrägen hat, fällt diese Gurtkraft nicht in die Mittellinie des Bogenkopfgurtes, sondern schneidet letztere, so daß im Kopfgurte bedeutende Biegemomente entstehen, die durch die hervorspringenden Teile des Kopfgurtes aufgenommen werden sollen.

Diese Momente sind nur bei der Berechnung des Windverbandes in Betracht gezogen. Beim Untersuchen des Bogens selbst sind sowohl die erwähnten Momente, als auch die hervorspringende Verstärkung des Kopfgurtes außer Acht gelassen. Der Querschnitt des Bogens ist also rechteckig vorausgesetzt, und die den Windkräften entsprechende Gurtkraft mit der Mittellinie des Kopfgurtes zusammenfallend angenommen.

Die Wirkung des Winddruckes auf den Lastzug wurde in der üblichen Weise durch Vergrößerung der Raddrücke in Rechnung gezogen.

Die wagerechte Bremskraft wurde als im Scheitel des Bogens wirkend vorausgesetzt.

Die Wirkung der Bremskraft und der Wärmeänderung auf den Bogen ergab sich als so gering, daß sie auf die Feststellung der Abmessungen gar keinen Einfluß hatte.

Nach den Ergebnissen des geschilderten Rechnungsverfahrens treten die an den einzelnen Bogenquerschnitten angreifenden Mittelkräfte aus dem Kerne heraus, so daß die Längseisenlagen bedeutende Zugspannungen erleiden.

### III. g) Der Windverband.

Die Kopfgurte der Bogenträger und ihrer Querverbindungen bilden einen räumlichen Windverband ohne Schräge. Dieselbe Gestaltung haben aber auch die fahrbahntragenden Joche. Demnach können die an den Gurtabschnitten angreifenden

Kräfte des Windverbandes mit Hilfe des Verfahrens berechnet werden, das zur Berechnung der an den einzelnen Abschnitten der Jochsäulen wirkenden Kräfte  $P_1, P_2$  (Abb. 30, Taf. XXI) verwendet ist.

Einen Punkt der im Gurtabschnitte wirkenden innern Kraft bildet auch in diesem Falle der Halbierungspunkt der betrachteten Gurtmittellinie, einen zweiten der in der senkrechten Mittelebene liegende Punkt der wagerechten Mittelkraft.

Durch die an den Gurtabschnitten wirkenden Momente sind auch die an den Gurtplatten der Querverbindungen, als Ständer des Windverbandes, angreifenden Momente bekannt.

Die aus den Windkräften entstehende Kraft in der Gurtachse ist schon bei der Berechnung des Bogens beachtet, so daß bei der Berechnung des Kopfgurtes nur der Umstand zu berücksichtigen ist, daß die Gurtkraft mit der Mittellinie des Gurtabschnittes nicht zusammenfällt, sondern diese schneidet.

### III h) Die seitlichen Teile der Brücke.

Die Fahrplanplatte ist über den Seitenöffnungen ebenso gebildet, wie über dem mittlern Teile, daher sollen hier nur die Längsträger und die Joche besonders geschildert werden. Längsträger und Joche sind als zusammenhängend betrachtet worden, die Joche als unten eingespannt. Außerdem ist vorausgesetzt, daß die Zusammendrückung der Säulen durch Längskraft gegenüber den Verbiegungen vernachlässigt werden kann.

Die Spannungen dieses durchlaufenden Trägers sind zeichnerisch nach einem vom Verfasser an der technischen Hochschule in Budapest im Schuljahre 1907/8 vorgetragenen Verfahren ermittelt worden.

Die Wärmeschwankungen und die Bremskraft hatten auf die Abmessungen der Längsträger keinen Einfluß, die ungünstigsten Beanspruchungen ergaben sich aus der Zusammenwirkung der ständigen Belastung mit der vergrößerten Nutzlast.

Bedeutenden Einfluß hingegen übten die Wärmeschwankungen und die Bremskraft auf die Säulen der Joche aus. Für die Endjoch der Hochbrücke haben die aus diesem Einflusse stammenden Momente sogar die Bewehrung bestimmt.

Bei der Berechnung des durchlaufenden Trägers ist Krümmung der Achse des Längsträgers im Grundrisse außer Acht gelassen. Nachträglich wurde der Einfluß dieser Abweichung von der Geraden jedoch untersucht und die Bewehrung den entsprechenden Kräften gemäß ergänzt, um zu verhindern, daß die unteren Längseisen des Längsträgers aus dem Beton seitwärts ausweichen\*). Ebenso ist bei der Berechnung der Längsträger der Einfluß der Fliehkraft berücksichtigt.

Der Einfluß der Windkräfte auf die Joche ist ebenso verfolgt, wie bei der Fahrbahn der Mittelöffnungen.

\*) Vergleiche die Berechnung der Seitenöffnungen nach Fogaras, Abb. 20 und 21, Taf. XXI.

(Schluß folgt.)

## Nachruf.

### Georg Knorr †.

Georg Knorr wurde 1859 als Sohn eines ostpreussischen Gutsbesitzers geboren. Er besuchte das Gymnasium, arbeitete dann praktisch in einer Eisenbahnwerkstatt und studierte an der technischen Hochschule in Braunschweig. Nach beendetem Studium trat er als Techniker bei der Eisenbahnverwaltung in Crefeld ein, wo er Gelegenheit hatte, mit Carpenter bekannt zu werden, der den vielversprechenden Ingenieur in seine Dienste nahm. 1884 trat er in das Geschäft von Carpenter ein und wurde dort bald Oberingenieur. Hier hat Knorr bei der Einführung der Carpenter-Luftdruckbremse bei den preussischen Staatsbahnen mitgewirkt und auch die Vorbereitungen und Vorversuche der elektrisch gesteuerten Carpenter-Bremse geleitet, die bei den im Jahre 1887 in Burlington in Nord-Amerika vorgenommenen Versuchen mit durchgehenden Güterzugbremsen den Sieg davontrug. Auch war er an der Ausarbeitung der im Jahre 1890 herausgegebenen Dreikammer-Bremse beteiligt. Im Jahre 1893 übernahm Knorr das von J. F. Carpenter gegründete, inzwischen in die offene Handelsgesellschaft Carpenter und Schulze umgewandelte Unternehmen. Da sich in dieser Zeit grade der Übergang von der Zweikammer- zur Einkammer-Bremse vollzog, so ging auch Knorr zu letzterer über, und nachdem er bereits mehrere Formen der Einkammer-Bremse auf den Markt gebracht hatte, gelang es ihm um 1900 mit seiner neuen Schnellbremse die Aufmerksamkeit der maßgebenden Kreise zu erregen. Diese in Preußen allein an etwa 13 000 Fahrzeugen angebrachte Bremse wird gekennzeichnet durch das Führerventil mit Flachschieber, besonderer Mittelstellung, Ausgleichschieber und unmittelbarer Beaufschlagung der Lokomotiv- und Tender-Bremszylinder, sowie durch ein außerordentlich einfaches Steuerventil. Nachdem sich Knorr dann längere Zeit der Schnellbahnbremse gewidmet und auch für diese eine neue eigenartige Lösung gefunden hatte, galten die letzten Jahre seines Lebens der Aufgabe der durchgehenden Güterzugbremse. Die von ihm erfundene Einkammer-Güterzug-

bremse ist von den preussisch-hessischen Staatsbahnen in längeren Versuchsfahrten erprobt und sehr günstig beurteilt worden. Es ist mit der Knorr-Güterzugbremse gelungen, einen Zug bis zu 200 Achsen in der Ebene und bis 150 Achsen im Gefälle von 1 : 30 sicher zu fahren.

Bekannt und bewährt ist auch der von Knorr erfundene Prefsluft-Sandstreuere.

In Fachkreisen ist Knorr auch durch seine Veröffentlichungen bekannt geworden. Sein Werk »Fünf und zwanzig Jahre im Dienste der Luftdruckbremse«, das leider nicht im Buchhandel erschienen, sondern nur für den großen Kreis seiner Freunde und Gönner bestimmt ist, wird von Fachleuten als ein außerordentlich wertvoller Beitrag zur Geschichte der Luftdruckbremse geschätzt.

Nachdem Knorr sein Unternehmen über ein Jahrzehnt hindurch noch unter dem alten Namen Carpenter und Schulze fortgeführt hatte, wandelte er es im Jahre 1905, als die neue Schnellbremse von den preussisch-hessischen Staatsbahnen eingeführt wurde, in eine G. m. b. H. »Knorr-Bremse« um und verlegte sein Werk von Britz nach Boxhagen-Rummelsburg in einen mit allen neuzeitlichen Einrichtungen für Massenerzeugung ausgestatteten Neubau. Hier hat er die letzten Jahre seines Lebens gewirkt, bis seine zunehmende Kränklichkeit ihn im Jahre 1910 veranlaßte, die Leitung seines Unternehmens niederzulegen. Er selbst trat in den Aufsichtsrat über und blieb in dieser Körperschaft, als die G. m. b. H. mit 1911 in eine Aktiengesellschaft umgewandelt wurde. Die letzten Monate hat er in Davos zugebracht, wo er Heilung von seinem Leiden suchte. Auch von dort aus hat er sich trotz seiner schweren Krankheit noch immer mit allen Aufgaben und Entwürfen der von ihm gegründeten Gesellschaft rege beschäftigt.

Knorr hat nur ein Alter von 52 Jahren erreicht. Seine Verdienste um das Eisenbahnwesen wurden unter anderm auch durch die Verleihung des Roten Adlerordens IV. Klasse anerkannt.

## Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

### Allgemeine Beschreibungen und Vorarbeiten.

#### Die russisch-persisch-indische Bahnverbindung.

(Daily Mail, 13. Nov. 1910.)

Die Erbauung einer für Rußland wichtigen Bahnverbindung von Baku, dem Südende des russischen Bahnnetzes, durch Persien, Afghanistan und Beludschistan über Nuski zum Anschlusse an das bestehende englisch-indische Bahnnetz soll in Erwägung gezogen werden. Die Bahn dürfte durch Seistan, an der Grenze von Persien und Afghanistan geführt werden, und Abzweigungen nach Teheran und, was besonders wichtig wäre, nach dem persischen Golfe erhalten. Die russischen Banken sollen dem Plane sehr günstig gegenüberstehen und im Falle der Verwirklichung ihre tatkräftige Hilfe zugesagt haben. Übrigens will man Bau und Verwaltung der Bahn, da die Wirtschaft vieler Staaten berührt wird, einem zwischen-

staatlichen Ausschusse übertragen. Die Länge dieses Verkehrsweges beträgt rund 2580 km, die Kosten werden mit 420 Millionen M angegeben. Nach Fertigstellung der Bahn würde die Reise von London nach Bombay etwa acht Tage dauern, und der Fahrpreis 67 % des derzeitigen betragen. Von Baku aus könnte Indien in einem Tage erreicht werden. Die große Bedeutung dieser Bahn leuchtet ein; der russische Einfluß wüchse zu Ungunsten Englands um ein Beträchtliches und der Kanal von Suez verlöre einen Teil des Verkehrs. 1908 machte der Plan des Ausbaues des russischen Bahnnetzes von Merw über Herat in Afghanistan nach Kandamar und der Anschlusse an das bestehende Netz der indischen Bahnen Aufsehen, doch hat man diesen Plan fallen lassen. G. W. K.

### Neue Bahnen in Indien.

(Railway Gazette, Dezember 1910, S. 591.)

Indien hat 1910 eine Anleihe von 80 Millionen *M* für neue Bahnlinien, den Ankauf der indischen Midland-Bahn und Auszahlung der Schuldbestände der Madras-Bahn aufgenommen, die beiden letzteren Zwecke werden aber diese Mittel wohl größtenteils verlangen. An neuen Linien sind geplant: 22 km von Dhakia an der Moradabad-Chandausi-Bahn nach Sambhal mit 1675 mm Spur. von Satora nach Koregaon an der Poona-Eisen-Bahn. 80 km von der Oudh- und Rohilkhand-Bahn nach Buidaon. 67 km von Umao an der Cawnpore-Bahn nach Madhoganj an der Madaoganj-Bahn. 87 km von Rajhat an der Aligarh-Flügelbahn nach Gasganj an der Cawnpore-Achnera-Teilstrecke der Rajputana-Malwa-Bahn, 16 km von Koregaon an der Madras- und Süd-Mahratta-Bahn über Mahuli nach Satara, und 9 km als Ausbau der Mizagam-Sinor-Linie nach Malsar.

G. W. K.

### Die Madras- und Süd-Mahratta-Bahn in Indien.

(Railway Age Gazette 1910, Dezember, S. 587.)

Die Madras- und Süd-Mahratta-Bahn hat 5029 km im Betriebe, davon 72 km zweigleisig mit Breitspur, 1605 km ein-gleisig mit Breitspur, der Rest mit 1 m Spur. Als im Jahre 1907 der Vertrag mit der alten Madras-Eisenbahn abgelaufen war, wies die Regierung der Süd-Mahrattabahn deren Strecken mit Breitspur zu, und diese vereinigten Netze übernahmen die Linien von Katpadi nach Gudur und von Pakala nach Dharmavaram mit 1 m Spur von der Südindischen Gesellschaft, so daß jede Bahngesellschaft ein in sich abgerundetes und von anderen Bahnen nicht durchzogenes Verwaltungsgebiet erhielt.

Während des mit Juni 1910 endenden Halbjahres beliehen sich die Ausgaben des Breitspurnetzes auf 7,34 Millionen *M*, die Einnahmen auf 6,32 Millionen *M*. Das Netz mit 1 m Spur erforderte 6,74 Millionen *M* und brachte 12,66 Millionen *M* Einnahmen.

Im Vergleich mit dem ersten Halbjahre 1909 betrug die Steigerung der Einnahmen des ganzen Netzes etwa 2,23 Millionen *M*. Die Gewinnverteilung erreichte 3,5%. G. W. K.

## Bahn-Unterbau, Brücken und Tunnel.

### Wasserdichter Seifenbeton.

(Beton und Eisen 1911, Heft 1, Januar, S. 15; Zentralblatt der Bauverwaltung 1911, Nr. 4, Januar, S. 23; Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 1911, Nr. 4, Januar, S. 158.)

Die chemische Untersuchung der gangbarsten Dichtungstoffe hat in den meisten Fällen als wirksames Mittel Kaliseife, Schmierseife, ergeben. Zur Gründung eines im Bereiche des Donauhochwassers liegenden Getreide- und Mehl-Speichers wurde wasserdichter Seifen-Beton verwendet. Auf eine 9 cm dicke Schicht feinkörnigen Stampfbetons aus 400 kg Zement auf 1 cbm Beton bei 120 l Wasserzusatz kam eine 1 cm starke Schicht aus Zementmörtel 1 : 3 mit feinem Donausande. Die Korngröße des gesiebten Betonschotters war höchstens 15 mm, statt reinen Wassers wurde für beide Schichten eine Kaliseifenlösung verwendet, wobei 3 bis 4 kg Seife auf 1 cbm Beton oder Mörtel kamen.

Die Kosten der für die Wasserdichtung verwendeten Seife sollen nur 10% der der meisten patentierten Dichtungsmittel betragen haben.

Bei einem kurz nach der Vollendung eingetretenen Hochwasser hat sich die Schicht als vollkommen dicht erwiesen.

Die Wirkung der Kaliseife beruht, wie angenommen wird, darauf, daß der freie Kalk des Zementes das Kali aus seinem fettsauren Salze verdrängt, um wasserunlösliches, fettsaures Kalziumoxyd zu bilden, das die Fugen verschlammmt. — k.

### Otis-Unterlegplatten für Schienenbefestigung mit Schwellenschrauben.

(Electric Railway Journal, 24. Dezember 1910, Bd. XXXVI, S. 1246. Mit Lichtbildern.)

Die Spencer Otis Gesellschaft in Chicago walzt Unterlegplatten für die Regelquerschnitte amerikanischer Schienen, die überall gleiche Dicke haben, daher schräge Schienenkappung erfordern, unten mit zwei quer zur Faserrichtung stehenden Schneiden in die Schwelle greifen, außen oben eine schmale dreieckige Rippe als Gegenlager für die Kante des Schienenfußes tragen, und außerhalb jedes der vier runden Schraubenlöcher mit einem schmalen nach außen an Höhe zu-

nehmenden Polster versehen sind, dessen Neigung der Neigung der Oberfläche des Schienenfußes und der Unterfläche des Kopfes der Schwellenschraube entspricht, so daß der Schraubenkopf innen auf dem Schienenfusse, außen auf dem Polster voll aufsitzt und bei festem Anziehen somit nicht krumm gebogen wird. Klemmplatten werden bei diesen ziemlich weit verbreiteten Unterlegplatten nicht verwendet, die Schienenbefestigung beruht allein auf den vier Schwellenschrauben.

### Niete aus Nickelstahl.

(Génie Civil, Nr. 20, September 1910. Mit Zeichnungen.)

Der von der kanadischen Bundesregierung ernannte technische Ausschuss für die Wiederherstellung der Quebeck-Brücke\*) über den St. Lorenz-Strom, die aus Nickelstahl hergestellt werden soll, hat über die Festigkeit von Nietten aus Nickelstahl Versuche anstellen lassen.

Die Versuche wurden auf Zug und auf Zug und Druck mit einer Prüfmaschine für 300 t an verschiedentlich zusammen-genieteten Blechen vorgenommen. Letztere waren aus Stahl mit 0,282 (0,126)% Kohle, 0,007 (0,010)% Phosphor, 0,69 (0,41)% Mangan, 0,024 (0,022)% Schwefel und 3,24 (3,23)% Nickel. Die eingeklammerten Werte gelten für den weichen Stahl der Niete. Vorher angestellte Versuche ergaben die Grenze geradlinigen Dehnungsgesetzes bei 4086 (3156) kg/qcm und 5931 (4812) kg/qcm Zugfestigkeit. Die Verlängerungen betragen 20% und 33,5%.

Die Versuche auf Zug wurden an 18 verschiedenen Verbindungen vorgenommen, von denen jede dreimal mit Pressen und zweimal mit Preßluft-Handhämmern hergestellt war. Im Vergleich mit früher erhaltenen Werten bei Zerreißversuchen mit denselben Vernietungen aus Kohlenstahl mit 4218 (3515) kg/qcm Zugfestigkeit ergab sich, daß die zum Zerstören der Nickelstahlverbindungen erforderlichen Beanspruchungen im Mittel um 16,7% höher sind. Alle Zerstörungen erfolgten durch Abscheren der Niete, während bei Kohlenstahl auch andere Ursachen maß-

\*) Organ 1906, S. 21.

gebend waren. Es ergab sich für den Nietquerschnitt beim Eintreten des Bruches eine Beanspruchung von 36,5 bis 50 kg/qmm bei Maschinennietung und 37 bis 42 kg/qmm bei Handhammer-nietung. Der Widerstand der Niete nahm mit ihrer Länge ab. Die Beanspruchungen der Niete auf Abscheren, bis ein geringes

Gleiten der Platten um 0,06 mm eintrat, betragen bei kurzen Nieten 715 kg/qcm gegenüber 1415 kg/qcm bei Kohlenstahl, und bei langen Nieten 1030 kg/qcm gegenüber 430 kg/qcm.

Versuche mit anderen Verbindungen auf Zug und Druck lieferten fast gleiche Ergebnisse. Schr.

## Bahnhöfe und deren Ausstattung.

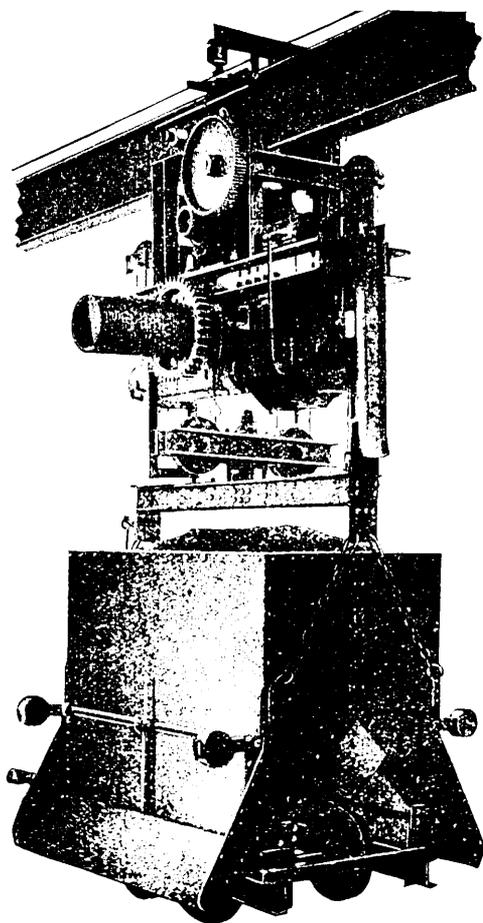
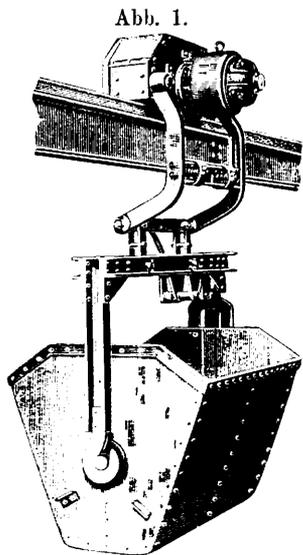
### Elektrische Hängebahnen für Massengut-Förderung, von C. Schenck in Darmstadt.

Die Fahrbahn der elektrischen Hängebahnen für Massengut-Förderung besteht aus  $\perp$ -Trägern, aus  $\perp$ -Trägern mit aufgenieteten oder aufgeschraubten Fahrschienen, oder aus Doppelkopfschienen, die an den Untergurten von Fachwerkträgern durch Gehänge befestigt sind. Bei den  $\perp$ -Trägern ohne aufliegende Fahrschienen laufen die Fahrwerke auf dem untern Flansche. Diese Ausführung kommt jedoch fast nur bei kleinen und einfacheren Anlagen in Frage, weil die Laufwerke weniger gut zugänglich sind und das Auf- und Abbringen der Fahrzeuge mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

Die Weichen werden als Klappweichen, als Verschiebeweichen oder als Hubweichen ausgebildet. Letztere werden durch besondere Windwerke gehoben und gesenkt. Durch Ausheben eines Fahrbahnstückes und Einlegen eines andern werden verschiedene Wege für die Fahrzeuge hergestellt. Diese Bauart ist der Eisengießerei und Maschinen-Bauanstalt C. Schenck, G. m. b. H. zu Darmstadt, patentrechtlich geschützt.

Bei großen Entfernungen zwischen Aufgabe- und Verbrauch-Stelle und größeren stündlichen Leistungen wählt man einen

ununterbrochenen Ringbahnbetrieb, da stets mehrere Fahrzeuge in Bewegung sind. Bei kleineren Leistungen und kurzen Entfernungen genügt ein Fahrzeug, das zwischen den Endpunkten der Bahn in bestimmten Zeitabschnitten verkehrt. Die Länge dieses Pendelbetriebes läßt sich

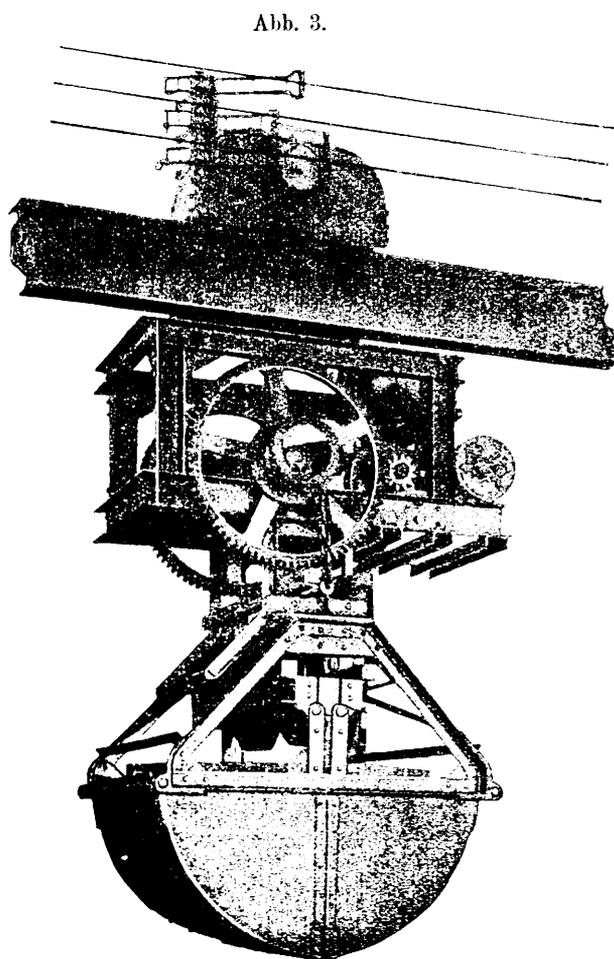


durch Verschieben der selbsttätigen Endumschalter nach Bedarf ändern.

Eine Ringbahn wird in Blockstrecken zerlegt, die durch besondere Schalter selbsttätig gesteuert werden. Außerdem kann man die Bewegung der einzelnen Fahrzeuge von einem bestimmten Punkte aus beherrschen. Zur Regelung der Fahrgeschwindigkeit werden Widerstände in die Stromzuleitung eingeschaltet. Die Sicherung der Weichen und Drehscheiben erfolgt ähnlich, wie die Blockung der Strecke.

Der Wagenkasten wird zum Kippen eingerichtet (Textabb. 1) oder erhält seitliche Klappen (Textabb. 2). Zum Feststellen der Kübel und zum Verriegeln der Klappen werden besondere Vorrichtungen benutzt. Die Kübel hängen in Bügeln, die an die Fahrwerkrahmen beweglich angelenkt sind. Das Fahrwerk besteht aus Stahlgufs-Laufrollen mit gefrästen Stirnrädern, die durch eine staub- und wasserdicht gekapselte Triebmaschine angetrieben werden.

Zur Überwindung größerer Höhen werden Hebewerke angewendet, oder man benutzt zum Heben des Fördergutes einen Becherförderer und lädt aus einem hoch liegenden Behälter in die in Höhe der Entladestelle laufenden Fahrzeuge über.





stellung I enthaltenen Ergebnisse dieser Versuche zeigen, daß die Entfernungen der Ortsignale und selbsttätigen Zugbremsen von den Kreuzungspunkten ohne Gefahr vermindert werden könnten. Von den vier Wagen des Versuchszuges der »Charing Cross, Euston und Hampstead«-Bahn waren zwei Triebwagen. Die Versuche Nr. 1 und 4 des Bakerloo-Zuges, Nr. 2 und 4 des Piccadilly-Zuges, Nr. 3 und 4 des Charing-Cross-Zuges wurden unter den gewöhnlichen Fahrbedingungen ausgeführt, wobei der Strom an den weiß bezeichneten Stellen ausgeschaltet wurde. Bei den übrigen Versuchen wurde der volle Strom bis zum Anschlagen des Bremsahnes beibehalten. Bei Versuch Nr. 3 des Charing-Cross-Zuges waren Geschwindigkeit und Bremsweg ungefähr gleich denen bei Versuch Nr. 2 dieses Zuges, weil sich die weiße Marke dicht beim Signale befand. Bei Versuch Nr. 5 desselben Zuges erreichte dieser durch die Langsamkeit des Triebwagen-Führers erst gleichförmige Geschwindigkeit, als er die zur Bestimmung der letztern gemessene Entfernung zum Teil zurückgelegt hatte. Diese Geschwindigkeit ist daher nur eine durchschnittliche, die wirkliche Geschwindigkeit zur Zeit des Anschlagens der Bremse wird auf ungefähr 40 km/St geschätzt. B—s.

#### Kesselsprengungen auf amerikanischen Bahnen.

(Engineering News Bd. 63, Nr. 26, 30. Juni 1910, S. 761.)

Das »Committee on Design, Construction and Inspection of Locomotive Boilers« veröffentlicht eine Zusammenstellung der Lokomotivkesselunfälle in den Jahren vom 1. Januar 1905 bis zum 1. November 1909 bei 157 Eisenbahnlinien. In den fünf Jahren leisteten 43787 Lokomotiven auf 291217 km Gleislänge etwa 11 Milliarden Lokomotivkm. Nach Schätzung ist dies 75% aller in den Vereinigten Staaten von Nordamerika fahrenden Lokomotiven.

In Zusammenstellung I sind die Kesselunfälle nach den Ursachen gegliedert.

Zusammenstellung I.

	Sprengungen		Tote		Verwundete	
	Anzahl	Jährlicher Durchschnitt	Anzahl	Jährlicher Durchschnitt	Anzahl	Jährlicher Durchschnitt
<b>A. Wassermangel im Kessel</b>						
1. Sprengung der Kesselwandung . . . . .	14	2,9	20	4,1	16	3,3
2. Sprengung der Feuerbüchsen . . . . .	246	50,9	127	26,3	144	29,8
3. Beschädigung durch Feuer . . . . .	2499	517,0	15	3,1	57	11,8
4. Bruch der Rauchzüge . . . . .	66	13,6	0	0,0	3	0,6
5. Beschädigung der Kesselausrüstung . . . . .	25	5,2	0	0,0	4	0,8
<b>B. Andere Ursachen:</b>						
1. Sprengung der Kesselwandung . . . . .	6	1,3	10	2,0	7	1,4
2. Sprengung der Feuerbüchsen . . . . .	2	0,4	1	0,2	1	0,2
3. Beschädigung durch Feuer . . . . .	40	8,3	1	0,2	1	0,2
Zusammen . . . . .	2898	599,5	174	35,9	233	48,1

Dies verhältnismäßig günstige Ergebnis schreibt der Verfasser der außerordentlichen Vervollkommnung der amerikanischen Lokomotivkessel zu. Auch hat eine Umfrage bei den verschiedenen Eisenbahngesellschaften eine durchweg sehr vollkommene und scharfe Überwachung der Lokomotivkessel ergeben, die allerdings keine einheitliche ist, sondern in den verschiedenen Gegenden auch verschieden ausgeübt wird. So findet dort eine sehr häufige Prüfung der Kessel statt, wo das zur Speisung verwendbare Wasser schlecht ist und die Kessel angreift, während dies in Gegenden, in denen man über gutes unschädliches Wasser verfügt, sehr viel seltener nötig wird. H—s.

#### Fahrtausweise aus Metall.

(Electric Railway Journal, Bd. 36, Nr. 15 D; 14. Oktober 1910., S. 815.)

In Amerika gaben die bei den meisten Strafsenbahngesellschaften gebräuchlichen Fahrgeldbüchsen die Veranlassung dazu, daß man statt der Fahrscheine aus geschmeidigem Papiere, die unbequem in die Fahrgeldbüchsen zu werfen waren, Fahrmarken verwendete. Die Broadway und Neuburgh Strafsenbahn benutzte Fahrmarken aus geprefstem Papiere oder Stoffe, die Brooklyn Strafsenbahn solche aus Zellstoff, die Ost-Cleveland Strafsenbahn aus Hartgummi. Diese festen Fahrmarken verschwanden aber wieder, nachdem die Fahrgeldbüchsen aus den Wagen beseitigt waren und wieder Schaffner die Einnahme besorgten.

Metallene Fahrmarken wurden zuerst von der »Municipal Traction Co.« in Cleveland für den Teilstreckenfahrpreis von 3 Cent eingeführt. Diese Marken bestanden aus Aluminium und hatten Größe und Dicke eines 5 Cent-Stückes und ein Loch in der Mitte. Die eine Seite der Münze trug den Namen der Strafsenbahngesellschaft, die andere Fahrpreis und Jahreszahl. Zwei Gründe vor allen veranlaßten die Gesellschaft, diese Fahrmarken zu verausgaben, einerseits die Bekanntmachung des Unternehmens, andererseits der Wunsch, die Betriebsmittel zu erhöhen. In der Tat wurden diese Fahrmarken von Kaufleuten anstandslos in Zahlung genommen.

Bald aber wurden Stimmen gegen die Einführung der Metallfahrmarken laut, zunächst seitens der Schaffner, denen die große Zahl der Marken zu schwer war, dann auch seitens der Fahrgäste, die einer Anordnung der Gesellschaft gemäß auf ein 5 oder 10 Centstück für eine 3 oder 6 Centfahrt kein Geld herausbekamen, weil man auf diese Weise den vorherigen Kauf von Fahrmarken erzwingen wollte, um das Wechseln in einzelnen Cents zu vermeiden.

Am 1. März 1910 hat die Gesellschaft nach Übernahme noch weiterer Strafsenbahnlinsen die Metallfahrmarken wieder abgeschafft, zumal auch festgestellt wurde, daß die Verwendung der metallenen Marken gegenüber papierenen Fahrscheinen in einem Jahre etwa 65 000 M teurer wird. H—s.

## Übersicht über eisenbahntechnische Patente.

### Entlastung von Drehscheiben durch Prefszylinder.

D. R. P. 222 634. E. Alberts in Osnabrück.

Hierzu Zeichnungen Abb. 31 bis 34 auf Tafel XXI.

Es hat sich herausgestellt, daß bei auf einem Mittelzapfen drehbar gelagerten Drehscheiben und Drehbrücken die Enden in Arbeitstellung unterstützt werden müssen, damit die Fahrzeuge ohne Stofs auf- und abfahren können. Beim Drehen der Scheibe wird die Entlastungsvorrichtung, die sich nur beim Auffahren und Abfahren in Arbeitstellung befindet, in die Ruhelage gebracht. Die bekannten, aus Hebel- oder Keil-Verbindungen bestehenden Unterstützungen an den Enden der Drehscheibe arbeiten wegen ihrer vielen Zwischenmittel und Drehpunkte mit ungenügendem Wirkungsgrade.

Abb. 31 und 32, Taf. XXI stellen eine Drehscheibe dar, während Abb. 33 und 34 die Entlastungsvorrichtung in Arbeit- und Ruhelage zeigen. Die Drehscheibe ist in dem Mittelzapfen M gelagert. An ihren Enden sind unter den Trägern die Entlastungsvorrichtungen A angeordnet, von denen jede aus einem Prefszylinder B und einem Prefskolben C besteht.

Die Auf- und Abwärtsbewegung des Prefszylinders B wird durch Luft oder Flüssigkeit bewirkt. Das Pressmittel wird durch Rohre D (Abb. 31, Taf. XXI) den Öffnungen E und von hier durch den Kanal F<sub>1</sub> des Prefskolbens C dem Prefszylinder B zugeführt. Dieser bewegt sich unter dem Drucke abwärts und setzt sich auf den Schienenkopf oder eine andere Unterlage auf, so daß die Drehscheibe an ihren Enden fest unterstützt ist.

Wird das Druckmittel auf Abfluß gestellt, so wird der Prefszylinder B durch die Federn K in seine Ruhelage zurückgeführt. Die Begrenzung des Hubes jedes einzelnen Zylinders geschieht durch Schrauben J.

Zur Vermeidung des Verlustes des Pressmittels muß dichter Schluß zwischen Kolben und Zylinder in der Ruhelage vorhanden sein. Dies wird dadurch erreicht, daß im Zylinder B ein Ventilkegel G, und im Kolben C am Ende der Zuleitungsrohre F ein Ventilsiß H vorgesehen ist. Da beim Abstellen des Pressmittels keine Spannung vorhanden ist, so wird durch die Federkraft ein rasches Zurückführen des Zylinders bewirkt. G.

## Bücherbesprechungen.

**Eiserne Brücken.** Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Studierende und Konstrukteure von G. Schaper, Regierungsbaumeister. Zweite vollständig neu bearbeitete Auflage. Berlin 1911, W. Ernst und Sohn, Preis 20 M.

Die rasche Verbreitung, die die erste Ausgabe\*) dieses Werkes erfahren hat, lieferte den Beweis, daß ein großes Bedürfnis für die Bearbeitung eiserner Brücken in der hier gewählten Weise, nämlich unter voller Berücksichtigung der für Entwurf und Ausführung maßgebenden Gesichtspunkte bei zielbewusster Verwertung der wichtigen theoretischen Unterlagen vorlag.

Für uns besteht kein Zweifel, daß die zweite Auflage noch wachsenden Erfolg haben wird.

Der Verfasser hat wieder auf beschränktem Raume durch geschickte Auswahl aus dem fast unendlichen Gebiete eine Vereinigung aller Wissenswertes erzielt, die wohl kaum gegenüber irgend einer an das Buch zu stellenden Frage des praktischen Brückenbaues versagen dürfte. Trotz der richtigen Beschränkung haben aber manche vielfach als nebensächlich betrachtete, in Wirklichkeit sehr bedeutungsvolle Abschnitte die ihnen gebührende Sorgfalt in der Bearbeitung erfahren. Wir betonen das besonders gegenüber der Bearbeitung der Querschnittsbildung, der Knotenentwicklung und der Lager und Stützen. In diesen Fragen sind selbst bei nicht alten Bauwerken noch vielfach erhebliche Unvollkommenheiten zu finden, Schaper hat sie durch Beleuchtung der wichtigen Gesichtspunkte und gute Wahl der Ausführungsbeispiele in das richtige Licht gestellt.

Wie in der ersten Auflage sind die vorgeführten Beispiele fast ausnahmslos ausgeführten Bauwerken entnommen, so daß der Leser unmittelbaren Anhalt für die Lösung der Einzelfragen im Anschlusse an neuere und neueste Ausführungen findet.

Wir stehen nicht an, das Buch als zu den am unmittelbarsten brauchbaren seines Gebietes gehörig zu bezeichnen und empfehlen es unserm Leserkreise warm.

\*) Organ 1908, S. 348.

**Mathematische und technische Tabellen** für Baugewerkschulen und für den Gebrauch in der Praxis von Professor E. Schultz, Oberlehrer an der Königl. Maschinenbau- und Hüttenschule zu Duisburg. Unter gütiger Mitwirkung von E. Dieckmann, Direktor der Königl. Baugewerkschule Barmen-U. Ausgabe I. A. mit Logarithmen und hinten lose eingehängter Anleitung. 8. Auflage. Essen, G. D. Baedeker, 1910. Preis 2,8 M.

Die neue Ausgabe der schon früher\*) angezeigten Tabellen hat wieder an Handlichkeit und Inhalt gewonnen. Das Werk ist am Reifsbrette des entwerfenden Studierenden und Ingenieurs ein höchst wirksames Hilfsmittel. Der Grad seiner Durcharbeitung kommt äußerlich in der Einführung einer Art des Aufschlagens des Gesuchten zum Ausdruck, das, als D.R.G.M. geschützt, als ein körperliches Inhaltsverzeichnis bezeichnet werden kann, und den Benutzenden durch seine Einfachheit überrascht und erfreut.

Wir nehmen mit Befriedigung wiederholt Gelegenheit, auf dieses gute Hilfswerk hinzuweisen.

**Die Bedingungen ruhigen Laufes von Drehgestellwagen für Schnellzüge.** Eine Untersuchung von Dr.-Ing. C. Hoening. Berlin, J. Springer, 1910. Preis 1,6 M.

Trotz eifriger Arbeit vieler Fachmänner ist die Frage der Erzielung ruhigen Laufes der Eisenbahnfahrzeuge in zweischienigen Gleise durchaus noch nicht gelöst, jeder neue Beitrag zu ihrer Lösung ist zu begrüßen, insbesondere, wenn er mit solcher Sachkunde und Klarheit vorgeht, wie der vorliegende. Besonders eingehend wird der Einfluß der Art der Stützung des Wagenkastens auf den Drehgestellen durch vier Federn mit Pendeln oder Keilen als Rückstellvorrichtung unter Anwendung der mechanischen Bewegungsgesetze behandelt, und Mittel werden angegeben, die das Überhängen des Wagenkastens in der Richtung der wirkenden wagerechten Querkräfte verhindern sollen. Das 57 Oktavseiten starke Buch scheint uns geeignet, zu Verbesserungen in verschiedenen Richtungen anzuregen.

\*) Organ 1902, S. 106.