

# ORGAN

für die

## FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

in technischer Beziehung.

Fachblatt des Vereines deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Neue Folge. XXXVII. Band.

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

12. Heft. 1900.

### Ueber Verschiebebahnhöfe.

Von Blum, Geheimem Oberbaurathe in Berlin.

(Schluß von Seite 269.)

#### Mittel zum Anhalten und Bremsen der ablaufenden Wagen.

Die ablaufenden Wagen müssen in den Vertheilungsgleisen an der der jeweiligen Gleisbesetzung entsprechenden Stelle zum Stillstande gebracht werden. Da somit die Länge des Ablaufweges starken Schwankungen unterworfen ist und auch die Ablaufgeschwindigkeit je nach dem Gewichte der ablaufenden Wagen, nach den Witterungsverhältnissen und den in den verschiedenen Ablaufwegen verschieden großen Widerständen innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwankt, so ist es nothwendig, die Mittel zum Anhalten der ablaufenden Wagen so einzurichten, daß man die dem jedesmaligen Bedürfnisse entsprechende Bremswirkung zur Anwendung bringen kann. Im Auslande sind hiezu vielfach fast alle Güterwagen mit Hebelbremsen versehen, die von den Verschiebearbeitern ausgelöst und sowohl bezüglich der Zeit, wie bezüglich des Bremsdruckes in einer den Umständen entsprechenden Weise bethätigt werden.

Der Arbeiter muß dabei den Wagen im Allgemeinen auf dem größten Theile seines Weges vom Fusse der Ablauframpe bis zum Stillstande begleiten, also weite Wege zurücklegen, wodurch es nothwendig wird, daß in der Regel für jedes Gleis, in das Wagen ablaufen, mindestens ein Arbeiter bereit gehalten wird. Gleiches gilt auch für die Anwendung von Bremsknüppeln, die beim Verschieben von Ablaufgleisen in Deutschland, wo Hebelbremsen an den Güterwagen selten sind, ursprünglich ziemlich allgemein zur Anwendung kamen. Diese beiden Bremsmittel bieten aber außer der starken körperlichen Inanspruchnahme der Arbeiter, für diese auch gewisse Gefahren, die aus den weiten Begleitwegen und den hierbei etwa vorkommenden Hindernissen: Laternenposten, Weichenböcke, Gegenstände, die zwischen den Gleisen liegen, sowie bei Bremsknüppeln aus ungeschickter Handhabung entspringen. Seit es daher gelungen ist, brauchbare Hemmschuhe\*) herzustellen, die man je nach der Geschwindigkeit des Wagens mehr oder weniger weit

vor der Stelle, wo der Wagen zum Stillstande gebracht werden soll, auf die Schiene legt, sind die Bremsknüppel mehr und mehr mehr verdrängt worden; sie dürfen z. B. auf den preussischen Staatsbahnen überhaupt nur noch ausnahmsweise z. B. da angewendet werden, wo es sich um ganz langsame Verschiebewegungen handelt und eine Gefahr für die Arbeiter ausgeschlossen ist.

Die Hemmschuhe müssen möglichst leicht sein\*), damit von den Hemmschuhlegern auch in raschem Gange bequem zwei getragen werden können und es so möglich wird, je zwei nebeneinanderliegende Gleise durch einen Arbeiter bedienen zu lassen. Ferner ist es erwünscht, wenn die Theile, die dem Angriffe der auflaufenden Wagen vorzugsweise ausgesetzt, also starkem Verschleiß unterworfen sind, ausgewechselt werden können. Unzweifelhaft wird der Wagen und seine Ladung durch den Auflauf auf den Hemmschuh starken Stößen ausgesetzt, aber diese Stöße sind in der Regel nicht so stark, wie die beim Anhalten auf freier Strecke z. B. vor Signalen und im Verschiebedienste durch den Anprall bewegter an stillstehende Wagen eintretenden, und grade diese letzte Art von Stößen kann durch die Anwendung von Hemmschuhen wohl wirksamer verhindert werden, als durch andere Bremsmittel. Der Auflaufstoß ist um so schwächer, je geringer die Sohlendicke des Schuhs ist,\*\*) was auch der Leichtigkeit des Schuhs zu Gute kommt. Daß thatsächlich die durch das Auflaufen auf Hemmschuhe hervorgerufenen Stöße nicht so stark sind, wie die im sonstigen Betriebe durch Auflaufen der Wagen beim raschen Anhalten, oder gar durch Wagenanstoß entstehenden, kann man sehr leicht aus der Menge der »Sammelkohlen« erkennen, die in Folge von Stößen von den Wagen heruntergeschleudert wurden und sich besonders vor Einfahrsignalen und in Bahnhöfen finden, wo die Hemmung der Wagen im Verschiebedienste ungenügend ist, während sie bei Benutzung guter Hemmschuhe nur selten anzutreffen sind.\*\*)

\*) Organ 1894, S. 208; 1896, S. 19\* und 286; 1898, S. 185; Centralblatt der Bauverwaltung 1899, S. 545.

\*\*) Organ 1898, S. 185.

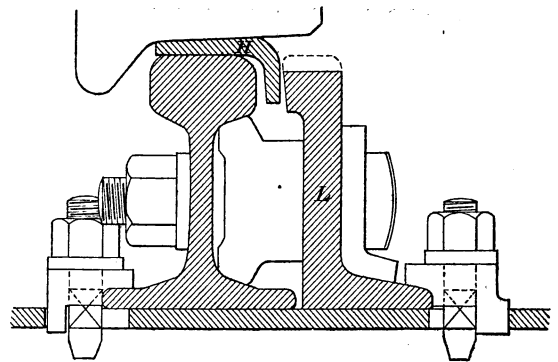
Eine wesentliche Vervollkommnung haben die Mittel zum Festhalten der Wagen durch die sogenannten Gleisbremsen erfahren, die nach verschiedenen mehr oder minder gelungenen Versuchen\*) in den letzten Jahren in Verbindung mit der Anwendung von Hemmschuhen, namentlich gefördert durch die unermüdlichen Bestrebungen von Sigle, eine Gestalt gewonnen haben, die ihre ausgedehnte Verwendung als sehr zweckmäfsig erscheinen läfst.\*\*)

Allen Gleisbremsen liegt der Gedanke zu Grunde, die Geschwindigkeit der ablaufenden Wagen nach Bedarf schon am Fufse der Ablauframpe dadurch zu mäfsigen, dafs die Wagen auf einer bestimmten Strecke ihres Weges gebremst werden. Bei den älteren Gleisbremsen diente hierzu eine bewegliche Bremsschiene, die von dem die Bremse bedienenden Arbeiter durch Hebel mit mehr oder minder grofser Kraft entweder unmittelbar gegen die Räder geprefst werden sollte oder durch einen aufgelegten Hemmschuh auf den Wagen wirkte.\*\*\*)

Bei weiterm Verfolgen des letzten Gedankens verlief Büssing die bewegliche Bremsschiene und ordnete dafür ausfen neben der Fahrschiene auf eine der gröfsten gewünschten Bremswirkung entsprechenden Strecke, d. h. auf 12 bis 30 m Länge; eine Lenkschiene L an, die dazu dient, einen mit einseitigem, äufserm Führungslappen versehenen Hemmschuh H sicher auf der Fahrschiene zu führen (Textabb. 19 und 20). Dadurch, dafs der

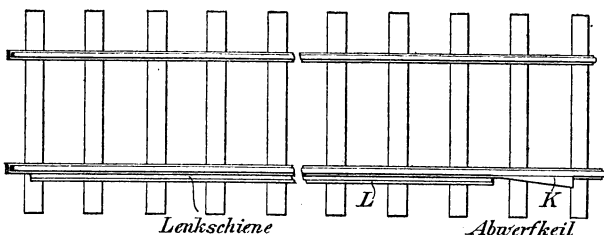
in Folge der fehlenden Führung selbstthätig abfällt, kann eine den jeweiligen Verhältnissen entsprechende Bremswirkung erzielt werden. Es zeigte sich aber, dafs der Hemmschuh bei aus-

Abb. 20.



gelaufenen Radreifen sehr oft nicht selbstthätig am Ende der Lenkschiene abfiel, so dafs die gewollte Wirkung in empfindlicher Weise gestört und der Werth der ganzen Einrichtung beeinträchtigt wurde. Diesen Uebelstand beseitigte aber Sigle dadurch, dafs er hinter dem Ende der Lenkschiene die Fahrschiene mit einem Abwerfkeile K versah, durch den der Hemmschuh sicher von der Fahrschiene abgeschleudert werden mußte (Textabb. 19 und 21 bis 23).

Abb. 19.



Hemmschuh je nach der gröfsern oder geringern Geschwindigkeit der abrollenden Wagen schon am Anfange der Lenkschiene oder erst um eine vom Arbeiter zu schätzende Strecke hinter diesem Anfange aufgelegt wird und am Ende der Lenkschiene

\*) Glaser's Annalen f. Gewerbe- und Bauwesen 1892; Organ 1892, S. 210; 1893, S. 78; 1896, S. 19.

\*\*\*) Organ 1898, S. 185; 1899, S. 35 und 104; Centralblatt der Bauverwaltung 1898, S. 449 u. 547; 1899, S. 545.

\*\*\*\*) Organ 1896, S. 19.

Abb. 24.



Abb. 25.

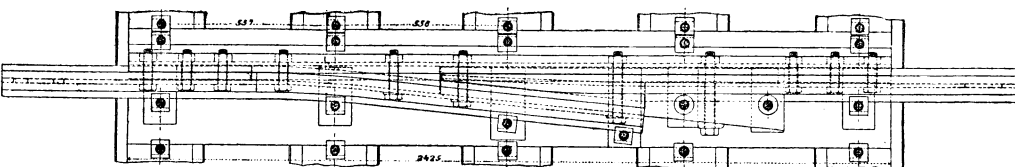


Abb. 21.

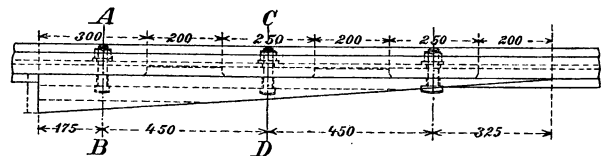


Abb. 22.

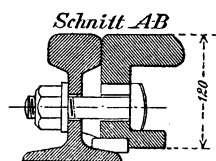
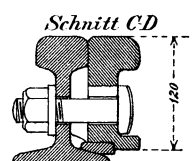


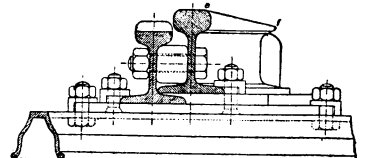
Abb. 23.



Es haben sich dann noch Andere, so Andreovits, Gutjahr, Müller, Klinchenberg mit der weitem Durchbildung solcher Gleisbremsen befaßt.

In den Textabb. 24 bis 26 ist die Gleisbremse von Andreovits-Gutjahr dargestellt, bei der ein Hemmschuh mit beiderseitigen Führungslappen zur Anwendung kommt und demgemäß der Abwerfkeil durch eine ablenkende Biegung der Fahr-

Abb. 26.



schiene ersetzt ist. Uebrigens hatte schon Sigle die Flügelschiene an Herzstücken zum Abwerfen des Hemmschuhes benutzt,\*) also das Wesentlichste der zuletzt gedachten Bauart eingeführt. Die bei der Gleisbremse von Andreovits-Gutjahr an der Abwerfstelle innen neben der Fahrschiene angeordnete Entlastungsschiene, auf die der Spurkranz auflaufen soll, um dadurch eine Entlastung des Hemmschuhes herbeizuführen und sein Abwerfen zu erleichtern, ist von Büssing-Sigle gleichfalls angenommen, es läßt sich gegen ihre Anordnung aber das Bedenken geltend machen, daß dadurch alle darüber rollenden Räder mehr oder minder stoßweise angehoben werden.

Bei der Verwendung von Hemmschuhen mit nur einseitigen Führungslappen müssen Hemmschuhe für Links- und Rechtsbremsen bereitgehalten werden, was ja zweifellos für den Betrieb umständlicher ist, als eine Anordnung, bei der man mit einer Art von Hemmschuhen mit zweiseitiger Führung auskommen kann. Andererseits gewinnt es nach sehr eingehenden und sorgfältigen Dauerversuchen, die in Speldorf angestellt wurden, den Anschein, daß bei Anwendung von Hemmschuhen mit einseitigen Führungslappen bei geringern Kosten eine zuverlässigere Wirkungsweise erzielt wird und seltener Versager vorkommen,\*\*) eine Erscheinung, die vielleicht darauf zurückzuführen ist, daß sich Hemmschuhe mit doppelseitiger Führung leichter festklemmen, als solche mit einseitiger. Außerdem bedingt die Benutzung von Hemmschuhen mit doppelseitiger Führung die Anordnung der nicht unbedenklichen Entlastungsschienen. Bei den genannten Versuchen in Speldorf sind unter 9077 mit der Büssing-Sigle'schen Gleisbremse und Hemmschuhen mit einseitiger Führung bearbeiteten Wagen nur zwei Versager vorgekommen, gegen 100 Versager bei der Behandlung von 12887 Wagen mit der Gleisbremse von Müller-Klinchenberg in Frinrop unter Benutzung von Hemmschuhen mit zweiseitiger Führung. Dabei betragen die durch Beschaffung und Unterhaltung der Hemmschuhe bedingten Kosten für einen gehemmten Wagen im ersten Falle 0,292 Pf., im zweiten dagegen 0,558 Pf.\*\*\*); in beiden Fällen waren die Gleisbremsen mit Entlastungsschienen versehen.

In guten Gleisbremsen ist ein sehr wirksames Mittel zur Erleichterung und Beschleunigung des Verschiebegeschäftes gefunden, auch ist es bei ihrer Anwendung möglich, den Ablauframpen eine solche Höhe und Neigung zu geben, daß auch schwer laufende Wagen unter nicht allzu ungünstigen Umständen bis an das Ende der Vertheilungsgleise laufen können, während andererseits die Geschwindigkeit rascher laufender Wagen bequem auf das für das Ziel des Wagens erforderliche Maß abgebremst werden kann, ohne an die Geschicklichkeit und Umsicht der Arbeiter zu hohe Anforderungen stellen zu müssen.

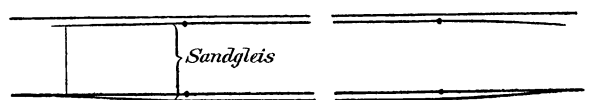
Man ordnet die Gleisbremsen am Fusse der Ablauframpen oder wenigstens am Fusse der Steilrampen an, am zweckmäßigsten je vor der ersten nach den Vertheilungsgleisen der

verschiedenen Gruppen führenden Weiche, so daß man mit einer verhältnismäßig kleinen Zahl solcher Anlagen auskommt. In Textabb. 7 ist die Lage der Gleisbremsen, wie sie etwa gewählt werden könnte, mit G angedeutet. Unter Umständen kann man sie außerdem auch noch in jedem Vertheilungsgleise wiederholen, allein dies wird im Allgemeinen entbehrlich sein, wenn ihre Lage am Fusse der Ablauframpe richtig gewählt ist und ihre Bedienung sachgemäß erfolgt, denn es wird dann vollständig genügen, wenn die ablaufenden Wagen am Ende ihres Weges in gewöhnlicher Weise durch Hemmschuhe festgehalten werden. Man wird gut thun, schon bei Bearbeitung des Gleisplanes auf die zweckmäßige Anordnung der Gleisbremsen Bedacht zu nehmen.

Durch die Anwendung der Gleisbremsen kann auch die Zahl der andernfalls zum Festhalten der Wagen erforderlichen Arbeitskräfte ermäßigt und die Anzahl der im Verschiebedienste vorkommenden Beschädigungen der Wagen und ihrer Ladungen verringert werden. Wenn es schon bei Anwendung einfacher, leicht gebauter Hemmschuhe möglich ist, die Bedienung je zweier nebeneinanderliegender Gleise einem Hemmschuhleger zu übertragen, so kann man bei Anwendung von Gleisbremsen noch weiter gehen. In Speldorf konnte die zur Bedienung von 22 Vertheilungsgleisen früher erforderliche Zahl von 11 Hemmschuhlegern nach Einbau von zwei Gleisbremsen auf 2 Bremswärter und 5 Hemmschuhleger verringert werden.)\*

Wenn es gilt, ganz bestimmte Stellen, z. B. Kreuzungen verschiedener Verschiebewege gegenseitig zu sichern, so kann man vor der Gefahrstelle zweckmäßig Sandgleise\*\*) anwenden, d. h. Gleise, deren Schienen mit einer Sandschicht bedeckt sind, so daß die hinein geleiteten Wagen durch den starken Widerstand des Sandes mit Sicherheit vor dem Gefahrpunkte zum Stillstande kommen. Die Schienen des Sandgleises werden mit den Schienen des Gleises, aus dem die Ableitung erfolgen soll, in gewöhnlicher Weise durch Weichenzungen verbunden, und liegen dicht neben den Schienen des letztern Gleises (Textabb. 27), es kann aber unter Umständen auch zweck-

Abb. 27.



mäßig sein, selbstständige, zwischen Weichenstrassen liegende Gleise als Sandgleise zu benutzen. Auf alle Fälle wird man, wenn irgend angängig, die nach dem Sandgleise führende Weiche in solche Abhängigkeit von der nach der zu schützenden Gefahrstelle führenden Weiche bringen, daß die Sandgleiseweiche als Schutzweiche auf das Sandgleis weist, wenn die Gefahrstelle von anderer Richtung her befahren werden soll. In Textabb. 7 ist mit s angedeutet, an welchen Stellen etwa Sandgleise zur Anwendung kommen könnten.

\*) Organ 1898, S. 185, Taf. XXXIV, Abb. 60.

\*\*) Centralblatt der Bauverwaltung 1898, S. 547; Organ 1899, S. 104.

\*\*\*) Organ 1899, S. 104.

\*) Organ 1898, S. 185.

\*\*) Organ 1896, S. 125; 1898, S. 118; Centralblatt der Bauverwaltung 1896, S. 111.

## VII. Größe der Verschiebebahnhöfe.

Der Umfang eines Verschiebebahnhofes hängt von der Größe des zu bewältigenden Verkehrs und der Zeit ab, die für die Bearbeitung einer Achse nothwendig ist, denn es ist einleuchtend, daß jedes einzelne Gleis um so öfter zu wiederholter Benutzung zur Verfügung steht, je kürzer die zur Bearbeitung nothwendige Zeit ist. Bahnhoftanlagen, die jede rückläufige Bewegung ausschließen, lassen auch die schnellstmögliche Fertigstellung der Züge zu, es muß aber auch erwähnt werden, daß die für jede einzelne zu bearbeitende Achse erforderliche durchschnittliche Zeit sehr wesentlich davon beeinflusst wird, ob und in welchem Umfange die Züge schon bei einmaligem Wagenablaufe fertig gestellt werden können oder wiederholter Behandlung in den Richtungs-, Gruppen- und Stationsgleisen bedürfen, sowie von dem Verhältnisse des Durchgangs- zum Orts-Verkehre des eigenen Bahnhofes, denn letzterer erfordert im Allgemeinen für die Einheit mehr Zeit, als ersterer. Es ist daher erklärlich, wenn die für die Bearbeitung einer Achse erforderliche Zeit von 8 bis zu 12 Sekunden angegeben wird. \*) Dabei ist aber als bemerkenswerther Belag für den Erfolg der nach neuzeitlichen Grundsätzen gestalteten Verschiebebahnhöfe darauf hinzuweisen, daß diese Zeit bei Bahnhöfen mit wahren Ausziehgleisen und im Innern der Bahnhöfe neben den übrigen Gleisen liegenden Einfahrtgleisen etwa dreimal so lang ist. Bei Bahnhöfen der letztern Art muß für jede täglich durchschnittlich zu verarbeitende Achse eine Gleislänge von etwa 2,5<sup>m</sup> angenommen werden, während bei Bahnhöfen, die den in vorstehenden Darlegungen entwickelten Grundsätzen entsprechen, hierfür eine Gleislänge von etwa 1,30<sup>m</sup> genügt. \*\*) Diese Zahlen beruhen allerdings zum Theile auf schon weit zurückliegenden Erhebungen, genauere Feststellungen aus neuerer Zeit stehen leider nicht zu Gebote; die Ausbildung der Bahnhöfe hat aber in der Zwischenzeit durch die weitere Durchbildung der Güterzug-Einfahrtgleise als Ablaufgleise immer mehr gewonnen, so daß die angegebenen Zahlen für Bahnhöfe neuzeitlicher Gestaltung jedenfalls nicht zu gering sind, vielmehr den Entwürfen unbedenklich zu Grunde gelegt werden können.

Zum Schlusse noch einige Worte über den Fall, daß es nach den gegebenen örtlichen Verhältnissen schlechterdings nicht möglich ist, den Bahnhof nach den dargelegten Grundsätzen vollständig in Längenentwicklung durchzubilden, man vielmehr gezwungen ist, die Vertheilungs- und Sammel-Gruppen nach der Breite zu entwickeln, sodafs Rückbewegungen im Verschiebedienste unvermeidlich werden. Es kommt dann um so mehr darauf an, die Anlagen so zu gestalten, daß die Rückbewegungen möglichst klein sind und daß die stetige Verschiebearbeit durch sie möglichst wenig gestört wird. Bei solchen Anordnungen wird die Anlage besonderer Ausziehgleise erforderlich, in die mit den in der einen Gleisgruppe vertheilten Wagen vorgezogen wird, um sie durch Zurückstoßen in den Gleisen der zweiten, neben den ersten liegenden Gleis-

gruppe weiter zu vertheilen. Es ist nun einleuchtend, daß man in diese zusätzlichen Ausziehgleise am ungestörtesten vorziehen und aus ihnen ablaufen lassen kann, wenn sie nicht neben den Ablaufgleisen liegen, aus denen die Wagen in die erste Vertheilungsgruppe ablaufen, sondern am entgegengesetzten Ende dieser Gruppe angeordnet werden, denn man vermeidet auf diese Weise nach Möglichkeit, daß sich die verschiedenen Verschiebewege kreuzen. Dies gilt ganz allgemein, so daß die Ausziehgleise, in die aus jeder weitem Gleisgruppe vorgezogen werden muß, immer gegenüber jenen Ablaufgleisen anzuordnen sind, aus denen die Wagen in diese Gleisgruppe ablaufen. Liegen z. B. in einem von Osten nach Westen gerichteten Bahnhöfe die als Güterzugeinfahrtgleise dienenden Ablaufgleise am Ostflügel und reihen sich die Richtungsvertheilungsgleise westlich an sie an, so wird man das Ausziehgleis, in das aus den Richtungsgleisen vorzuziehen ist, um die Wagen in der neben den Richtungsgleisen angeordneten Stationsordnungsgruppe zu vertheilen, zweckmäßig am Westende der Vertheilungsgleise anlegen; und wenn noch ein weiteres Ausziehgleis nöthig ist, um die in der Stationsgruppe vertheilten Wagen vorziehen und sie in den Güterzugausfahrtgleisen zu fertigen Zügen zusammensetzen zu können, so wird man dieses Ausziehgleis wieder östlich der Vertheilungsgleisgruppen, also neben den Güterzugeinfahrtgleisen anordnen, die Güterzugausfahrtgleise aber wieder westlich davon neben die Vertheilungsgleise legen. Eine solche Anordnung, die wenigstens bezüglich der Lage der Ausziehgleise an der Längenentwicklung festhält, läßt stetiges Arbeiten annähernd in gleichem Maße zu, wie die reine Längenentwicklung, auch wird eine Erweiterung im Allgemeinen dabei nicht schwierig sein. Machen es die gegebenen örtlichen Verhältnisse dagegen nothwendig, auch die verschiedenen Ausziehgleise nebeneinander, also einseitig zu den Vertheilungsgleisen anzuordnen, so wird die stetige Verschiebearbeit wegen der sich kreuzenden Verschiebewege wesentlich erschwert.

In vorstehender Abhandlung ist versucht, die für die Gestaltung von Verschiebebahnhöfen besonders wichtigen Gesichtspunkte im Zusammenhange zu besprechen, um so gewissermaßen theoretische Grundlagen für ihre Gestaltung zu gewinnen. Dabei wurde absichtlich davon abgesehen, die entwickelten Grundsätze mit ausgeführten Beispielen zu vergleichen, weil es dem Leser wohl nicht schwer fallen kann, solche Vergleiche da wo sie erwünscht sind, selbst anzustellen, während eine abwägende Besprechung ausgeführter Bahnhöfe andererseits wohl nur dann von allgemeinem Werthe gewesen wäre, wenn sie sich auf eine nicht zu kleine Zahl von Ausführungen erstreckt hätte. Dadurch würde aber, besonders wegen der Beigabe zahlreicher Gleispläne, die Ausdehnung dieser ohnehin schon umfangreichen Abhandlung über Gebühr gewachsen und trotzdem doch nur ein Ergebnis von zweifelhaftem Werthe erzielt sein, weil es kaum möglich gewesen wäre, die vielfältigen örtlichen Verhältnisse, die auf die Gestaltung des einzelnen Bahnhofes von maßgebendem Einflusse waren, mit ausreichender Sachkenntnis und Gründlichkeit zu würdigen; ohne deren Würdigung wird aber eine abwägende Besprechung eines Bahnhofes leicht zu falschen Schlüssen führen.

\*) Centralblatt der Bauverwaltung 1896, S. 451.

\*\*) Centralblatt der Bauverwaltung 1896, S. 451; Organ 1884, S. 112; Revue générale des chemins de fer 1883, S. 85.



## Die neuere Entwicklung des Lokomotivbaues im Gebiete des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen.

Von v. Borries, Regierungs- und Baurath, Mitglied der Königlichen Eisenbahn-Direktion in Hannover.

Vortrag, gehalten bei der Feier des fünfzigjährigen Bestehens der Technikerversammlung des Vereines deutscher Eisenbahn-Verwaltungen am 20. Juni 1900 zu Budapest.

Hierzu Zeichnungen auf den Tafeln XXXII bis XXXIV.

(Schluß von Seite 274.)

### M. Die Zahn-Lokomotiven

lassen sich bekanntlich in 3 Gattungen scheiden: a) solche mit einem Zahntriebe für Bergbahnen mit durchlaufender Zahnstange; b) solche mit gemeinsamer Antriebsmaschine für die mit einander gekuppelten Zahn- und Reibungs-Triebwerke für mäßige Leistungen auf Bahnen mit Zahnstange nur auf den stärkeren Steigungen; c) solche mit besonderen Antriebsmaschinen für die von einander unabhängigen Triebwerke, Bauart Abt, für große Leistungen auf ebensolchen Bahnen. Die erste Gattung ist im Vereinsgebiete nur vereinzelt vertreten.

47) Eine Ausführung der zweiten, von den Maschinen-Bauanstalt Eßlingen für Trausvaal mit  $G = 32$  t,  $H = 62$  qm hat ein Zahnrad und  $\frac{2}{3}$  gekuppeltes Laufwerk. Die Bauart hat die Nachteile, daß bei Abnutzung der Triebradreifen deren Durchmesser mit demjenigen der Zahnräder nicht mehr übereinstimmen, und daß die Dampfkolben für die größte Zugkraft bemessen, also für das Reibungstriebwerk allein zu groß sein müssen.

48) Die  $\frac{3}{4}$  gekuppelten Zahnlokomotiven der württembergischen Staatsbahnen mit  $G = 53$  t,  $H = 115$  qm, Bauart Klose gleichfalls von der Maschinen-Bauanstalt Eßlingen gebaut, ist auf Taf. XXXII dargestellt. Sie hat zwei Zahnräder, welche lose auf den Treibachsen sitzen und von einem besondern, kleinen Zahnrade gemeinsam angetrieben werden. Nach Abnutzung der Radreifen werden auch die Zahnräder abgedreht, deren Zahnlücken entsprechend tief sind. Die Zahnradmaschine kann entweder mit frischem Dampfe arbeiten, oder hinter die Reibungsmaschine geschaltet werden, sodafs beide zusammen mit Verbundwirkung arbeiten. Der größere Rauminhalt der Niederdruckzylinder wird hier durch die größere Kolbengeschwindigkeit der Zahnradmaschine ersetzt. Die Anordnung erscheint zweckmäßig, da gerade bei der stärksten Leistung die beste Dampfausnutzung erzielt wird und jedes Gleiten der Reibungsräder sogleich wieder aufhört, weil dabei die Verbindungsspannung steigt und die Zahnräder entsprechend stärker belastet. Andererseits übt die Zahnradmaschine im Beharrungszustande stets etwa dieselbe Zugkraft aus, wie die Reibungsmaschine, was bei der Bemessung der stärksten Steigungen der glatten und der Zahnstrecken zu berücksichtigen ist, übrigens auch sonst die Regel bildet.

49) Die  $\frac{4}{6}$  gekuppelten Zahnlokomotive der ungarischen Staatsbahnen (Taf. XXXIII) mit  $G = 72$  t,  $H = 165$  qm ist jetzt wohl die stärkste ihrer Art. Die beiden mit einander gekuppelten Zahnradachsen sind nach der eigentlichen Anordnung von Abt an einem besondern Rahmen gelagert, welcher an den beiden mittleren Triebachsen aufgehängt ist und bei Abnutzung

der Radreifen durch Unterlegen der Lager höher gestellt werden kann. Die Schubstangen greifen an den Kuppelstangen an. Der hintere Theil der Lokomotive, welcher die Vorrathsräume trägt, ist durch ein Drehgestell unterstützt, sodafs die Triebachslast durch die Vorräthe nicht beeinflusst wird. Die Tragfedern sind sämtlich Schraubenfedern.

### N. Die Tender

werden jetzt vielfach mit großen Vorrathsräumen für 6 bis 7 t Kohlen und 16 bis 22 cbm Wasserinhalt ausgeführt und auf zwei Drehgestellen gelagert, für welche von den bayerischen und badischen Staatsbahnen neuerdings die einfache amerikanische Bauart aus Flacheisen mit Querfedern bevorzugt wird. Als Beispiele werden Photographieen der von der sächsischen Maschinen-Bauanstalt in Chemnitz erbauten, in Paris angestellten Tender der unter No. 8 und 16 genannten Lokomotiven gezeigt.

### O. Ausführung der Einzeltheile.

Ueber die bis zum Jahre 1892 gemachten weiteren Erfahrungen enthält der Ergänzungsband X des Organs vom Jahre 1893 Näheres. Die Dampfspannung beträgt heute, wie schon erwähnt, allgemein 12, bei besonders leistungsfähigen Lokomotiven mehrfach 14 und 15 at. Bei sorgsamer Bauart und Ausführung der Kessel werden diese Spannungen ohne besondere Nachteile ertragen. Die weitverbreitete Meinung, daß sie eine erheblich raschere Abnutzung der Kessel, namentlich der Feuerkisten zur Folge habe, theile ich nicht, schreibe diese vielmehr der stärkern Anstrengung zu. Das Verhältnis der Dauer zur Leistung hat meines Erachtens nicht ab-, sondern zugenommen.

Die Kessel werden jetzt meistens aus Flußeisen und mit Doppellaschen an den Langnäthen und zwei Nietreihen in jeder Naht ausgeführt, die Langkessel vielfach aus nur zwei Ringen hergestellt. Umfangreiche Versuche mit flußeisernen Feuerkisten nach amerikanischem Muster haben bisher noch nicht zu ihrer weitem Verwendung geführt. Bei den preussischen Staatsbahnen mußten sie nach durchschnittlich dreijähriger Dauer wieder beseitigt werden; die österreichischen Staatsbahnen hatten am 1. Juli 1899 36 flußeiserne Feuerkisten im Dienste. Auch die Wellrohrfeuerkisten hatten keinen dauernden Erfolg, da die Wellrohre allmähig unrund wurden und die Kessel in den unteren Näthen wegen ungenügender Erwärmung des Kesselwassers am Boden nicht dicht zu halten waren. Die mehrfach versuchten Feuerkisten aus feuerfesten Steinen haben sich ebenfalls nicht bewährt. Dagegen hat sich das Feuergewölbe an der Rohrwand der gewöhnlichen Feuerkisten allgemein eingebürgert, da es die Verbrennung verbessert,

Flugasche und Funkenwurf vermindert und die hinteren Enden der Heizrohre vor der stärksten Hitze schützt.

Eine eigenartige Feuerung zeigt die breite Feuerkiste der  $\frac{2}{5}$  gekuppelten Lokomotive von Kraufs. Sie hat nach vorgezeigter Photographie zwei Feuerthüren, durch welche beide Rosthälften in gleichen Pausen abwechselnd beschickt werden. Ein Riegel mit Zeiger, welcher jede Thür beim Schließen verriegelt und die andere freigibt, sichert dieses Verfahren, welches auch bei gasreicher Kohle eine gute Verbrennung und Rauchverzehrung bewirkt.

An neueren Einrichtungen zur Rauchverbrennung sind zu erwähnen die Feuerung von Langer (Organ 1898 S. 55, Taf. XII), bei welcher ein feinstrahliger Dampfschleier von hinten nach vorne über das Feuer geblasen wird, welcher sich nach vorne ausbreitet und die Feuergase zwingt, an den hinteren, von Schleier nicht bedeckten Seiten aufzusteigen. Nach jedem Aufwerfen von Kohle wird durch einen Drehschieber an der Feuerthüre während bestimmter Zeitdauer frische Luft unter den Schleier geführt, welche sich mit den Verbrennungsgasen mischt und sie vollständig verbrennt. Der Drehschieber wird durch ein Fallwerk selbstthätig gesteuert. Nachtheile sind der Dampfverbrauch und die Vieltheiligkeit.

An der Marek'schen Feuerung (Organ 1896 S. 223, 1898 S. 97) wird bei jedem Schließen der Feuerthüre an dieser eine Luftklappe selbstthätig geöffnet, welche der Heizer wieder zufallen lassen muß, nachdem die Rauchbildung aufgehört hat. Diese einfache und wirksame Einrichtung ist unter anderen bei den Lokomotiven der Wiener Stadtbahn in Gebrauch. Oel-Feuerung wird nur in einzelnen langen Tunneln im Arlberg und von Cochem angewandt.

Die Verbund-Lokomotiven finden, wie die aufgeführten Beispiele zeigen, immer mehr Anwendung; die preussischen Staatsbahnen besaßen Ende 1899 über 2000 Verbund-Lokomotiven. Sie werden vorwiegend mit zwei Dampfzylindern und einem Verhältnisse der Kolbenquerschnitte von 1:2 bis 1:2,25 gebaut, die Steuerwellen stets ungetheilt ausgeführt und die zweckmäßige Verschiedenheit der Füllungsgrade durch verschiedene Längen der Steuerwellenhebel und Hängestangen wenigstens für den Vorwärtsgang und die gewöhnlich benutzten Füllungsgrade von 40 bis 60 % im Hochdruckzylinder erreicht.

Zum Anfahren verwenden die preussischen Staatsbahnen jetzt Wechselventile mit Handstellung, welche die Lokomotive nach Belieben mit Zwillings- oder Verbundwirkung arbeiten lassen; die bayerischen Staatsbahnen solche gleicher Art, aber mit Umstellung von Zwillings- zur Verbundwirkung durch das Verlegen der Steuerung aus den Endlagen auf die Fahrstellungen. Die übrigen süddeutschen und sächsischen, österreichischen und ungarischen Bahnen wenden vorwiegend die Lindner'sche (Organ 1898 S. 206) oder die Gölsdorf'sche Einrichtung (Organ 1894 S. 66) an, durch welche dem Verbindler bei ausgelegter Steuerung und günstiger Stellung der Niederdruckkurbel frischer Dampf von verminderter Spannung zugeführt wird.

Die Wechselventile machen das Anfahren unabhängig von Undichtigkeiten der Hochdruckschieber und Kolben und gestatten die Ausübung größerer Zugkraft in Nothfällen, bieten aber dem Dampfdurchgange in ihren bisherigen Bauarten erheblichen Widerstand, wodurch die Leistungen der Lokomotiven verringert werden. Sie sollten meines Erachtens besonders bei Güterzug-Lokomotiven mit einer Vorrichtung versehen sein, welche die Spannung des dem Niederdruckzylinder zugeführten frischen Dampfes bestimmt auf die Hälfte der Spannung im Hochdruckschiebekasten vermindert, damit die Zugkraft beider Dampfkolben gleichmäßig bleibt und ruckweises Anziehen, Abreißen der Züge und Schleudern der Triebräder vermieden wird.

Die geringere Anzugskraft der Vorrichtungen von Lindner und Gölsdorf kommt um so weniger in Betracht, je größer die Dampfzylinder im Verhältnisse zur Triebachslast und je kleiner die Triebäder sind, da die Kolben bei Beginn der Bewegung unter diesen Umständen um so schneller in günstigere Stellungen kommen.

Bei den Steuerungen findet die Anordnung Heusinger wegen ihrer großen Schieberwege und regelmäßigen Dampfvertheilung immer mehr Eingang. Die Dampfschieber erfordern bei den heutigen Dampfspannungen eine theilweise Entlastung, welche größtentheils durch den im Organ 1895, S. 98 beschriebenen, zweitheiligen Ring, vereinzelt durch den im Organ 1896, S. 251 beschriebenen Ring der American Balance Slide-Valve Co. bewirkt wird. Auch Kolbenschieber, meist mit einfachen Dichtungsringen, welche in Amerika schon vielfach mit gutem Erfolge benutzt werden, finden Eingang. Dabei müssen die Einströmungsrohre und Dampfkräue ausreichend groß bemessen werden, da sie, wie die Schieberkassen der Flachschieber bei der Einströmung in die Zylinder als Windkessel wirken müssen. Andernfalls zeigen die Einströmungslinien starken Abfall und die Lokomotiven wollen nicht laufen.

Die Luftgedrucktremse, welche durch Verdichtung der bei rückwärts liegender Steuerung eingepumpten, durch Wasser gekühlten Luft wirkt, wird nicht nur bei allen Zahn-Lokomotiven, sondern vielfach auch bei gewöhnlichen Lokomotiven auf starken Gefällen mit bestem Erfolge angewandt.

Bedeutsame Versuche mit stark überhitztem Dampfe haben die preussischen Staatsbahnen seit zwei Jahren begonnen. Die Einzeltheile der Heizedampf-Einrichtung sind nach Entwürfen des Ingenieurs Schmidt in Wilhelmshöhe vom Eisenbahndirector Garbe in Berlin in Verbindung mit der Lokomotiv-Bauanstalt des Vulcan in Stettin bearbeitet worden, welche auch die ersten Lokomotiven dieser Art in den Jahren 1898 und 1899 ausgeführt hat.

Damit der Ueberhitzer bei mälsiger Heizfläche genügend wirkt, genügt es nicht, ihn in die bereits stark abgekühlten Feuergase zu legen, welche die Heizrohre schon durchzogen haben; er muß durch heiße Gase geheizt werden. Hierin besteht die wesentliche Neuerung der Schmidt'schen Anordnung im Vergleiche mit älteren Entwürfen. Zu diesem

Zwecke ist der Ueberhitzer bei den beiden ersten Lokomotiven in ein besonderes, 445<sup>mm</sup> weites Rohr in den Langkessel gelegt. Es besteht aus einem Rohrbündel, welches der vom Regler kommende Dampf von vorne nach hinten und zurück durchzieht. Zum Schutze gegen die Hitze bei abgesperrtem Dampfe ist in der Rauchkammer ein Ringschieber angebracht, welcher mit dem Regler geöffnet und geschlossen wird, und dann den Durchzug der Gase absperrt. Der Ueberhitzer hat 18 qm Heizfläche und bewirkt eine Ueberhitzung auf durchschnittlich 300 bis 320 °C. Die Flugasche wird durch einen Dampfstrahl ausgeblasen. Anfangs rissen die Rohre häufig im Gewinde in den hinteren Verbindungskappen ab. Nachdem sie mit genügender Verwindung eingebaut und mit glatten Ansätzen in die Kappen geschraubt sind, kommt dies seltener vor. Die innere Heizfläche des Kessels ist von 118 qm auf 88 qm verringert, das Gewicht der Lokomotive um 1,5 t größer, als bei der Verbund-Schnellzug-Lokomotive.

Um das Abreißen der Ueberhitzrohre zu vermeiden, sie der stärksten Hitze zu entziehen und beschädigte nöthigen Falles leicht ausschalten zu können, wurde der Ueberhitzer bei der dritten und vierten Lokomotive in die Rauchkammer gelegt und erhält etwas abgekühlte Heizgase durch ein unten im Langkessel liegendes Rohr von 250 mm Weite.

Abb. 1 bis 5, Taf. XXXIV zeigt die Ausführung an einer  $\frac{2}{4}$  gekuppelten Schnellzug-Lokomotive, welche von A. Borsig in Berlin erbaut und in Paris ausgestellt ist. Der Ueberhitzer besteht aus engen Rohren in zwei Gruppen, deren hintere der Dampf von rechts nach links, deren vordere er von links nach rechts durchströmt, wobei er auf 270 bis 300 °C erhitzt wird. Bei geschlossenem Regler wird er ebenfalls abgesperrt. Die angesammelte Flugasche wird durch je ein seitliches Dampfrohr nach unten fortgeblasen und von hier leicht entfernt. Der Ueberhitzer hat 28 qm der Kessel 108 qm Heizfläche, die Lokomotive ist etwa 5 t schwerer, als die gewöhnliche. Die Schieber sind Kolbenschieber mit innerer Einströmung und wenig belasteten Dichtungsringen; die Kolben haben nach mehrfachen Versuchen mit anderen Anordnungen gewöhnliche Dichtungsringe erhalten und werden durch die nach vorn verlängerten Stangen getragen. Die Stopfbüchsen haben möglichst nach außen gelegte Weißmetall-dichtungen. Diese Schieber und Stopfbüchsen halten sich bei sorgfältiger Schmierung mit geeignetem Mineralöl durch Pressen mit je sechs Stempeln gut, die Kolbenringe vertragen nur geringe Spannung und nutzen sich bisweilen stärker als sonst ab.

Die Betriebsergebnisse dieser Lokomotiven sind nach Beseitigung der anfänglichen Mängel an den Einzeltheilen befriedigend. In der Leistungsfähigkeit und im Heizstoffverbrauch stehen sie den Verbund-Lokomotiven mit zwei Zylindern gleich und werden sie nach weiterer Ausbildung gewisser Einzelheiten vermuthlich übertreffen. Ihr Wasserverbrauch ist naturgemäß erheblich geringer. Weitere Versuche mit überhitztem Dampfe können daher empfohlen werden; sie wären zweckmäßig auch auf Verbund-Lokomotiven auszudehnen, da sie hier noch bessere Erfolge versprechen.

In Krümmungen einstellbarer Triebachsen und

Triebgestelle haben seit dem Wettbewerbe am Semmering 1851 die Erfindungsthätigkeit stark beschäftigt. Nach den angeführten Beispielen befinden sich jetzt die einstellbaren Triebgestelle von Meyer, Mallet und Hagans, sowie die einstellbaren Triebachsen von Klose in vielfacher Anwendung; mit letzterer tritt jetzt die Klein-Lindner'sche Hohlachse in Wettbewerb. Welche dieser Anordnungen die übrigen übertreffen wird und in welchem Maße sie durch einfache seitliche Verschiebbarkeit der Triebachsen ersetzt werden können, ist noch nicht zu übersehen.

Unter den sonstigen Verbesserungen sind auch diejenigen hervorzuheben, welche auf Fortschritten der technischen Vereinbarungen\*) des Vereins berühren. Grade die jetzige Techniker-Versammlung hat in dieser Richtung Wichtiges beschlossen. Während § 89 den Achs-Rand bisher von den Krümmungs-Verhältnissen der Bahn abhängig machte, verlangt seine Neufassung richtigerweise um so größere Achsstände, je größer die beabsichtigte Fahrgeschwindigkeit ist. Die neue Ergänzung des § 108 empfiehlt einen um so größeren Ausgleich der wagerecht bewegten Triebwerksmassen auf die Gegengewichte, je kleiner der Achsstand ist, beschränkt aber die Fliehkraft der Gegengewichte auf 15 % des Raddruckes. Die Umdrehungszahl der Triebräder, für welche größere Werthe zugelassen sind als früher, wird hierdurch beschränkt und die Einführung langer Achsstände gefördert.

Die Drehgestelle und einstellbaren Laufachsen werden durch die Neufassung des § 90 der Technischen Vereinbarungen ihren Eigenschaften gemäß behandelt, indem zweiachsige Gestelle mit mittleren Drehzapfen und solche ähnlicher Bauart, wie die von Kraufs, für große Geschwindigkeiten in erster Linie empfohlen, die einachsigen für Geschwindigkeiten bis 80 km/St. als geeignet erklärt und für einzelne Kuppelräderpaare eine zweckmäßige Verschiebbarkeit empfohlen wird.

Die zweiachsigen Gestelle erhalten meistens innen liegende Rahmen, Seitenverschiebung mit Rückstellfedern und Seitenhebel mit gemeinsamer Feder für beide Achslager jeder Seite. Die sehr einfache Bauart der preussischen Staatsbahnen mit unmittelbarer Lastübertragung auf die Gleitflächen und Federn zeigt Organ 1893, S. 133, Taf. XVIII. Die österreichischen Staatsbahnen haben Drehgestelle ohne Seitenverschiebung mit vier getrennten Federn und Kugelzapfen. Andere wenden Pendelaufhängungen mit Kugelzapfen oder flachen Drehplatten an.

Das Kraufs-Helmholz'sche Gestell, bei welchem die vordere Laufachse mit der ersten seitlich verschiebbaren Kuppelachse zu ganz ähnlicher Zusammenwirkung verbunden sind, ist in der Eisenbahn-Technik der Gegenwart, Bd. I, S. 182 beschrieben. Vor den einstellbaren Achsen der Bauart Adams und den Deichselgestellen hat es den Vorzug sichererer Führung und ruhigeren Ganges der Lokomotive; namentlich tritt bei höheren Geschwindigkeiten nicht, wie bei jenen, die gefürchtete Schlingerbewegung ein.

Eine neuere Ausführung der Adams'schen Achse der  $\frac{2}{4}$  gekuppelten Tender-Lokomotive Nr. 31, Bauart Henschel, zeigt

\*) Organ 1899 S. 115, 135.

besondere senkrechte Führung der Achslager in dem einstellbaren Führungskörper.

Die Formgebung der Einzeltheile, besonders des Triebwerkes, hat nicht überall diejenigen Fortschritte gemacht, welche bei den verbesserten Arbeitsverfahren und Werkzeugmaschinen zu möglichst billiger Herstellung aller Theile erforderlich gewesen wären. Die Pariser Ausstellung wird in dieser Beziehung manchen lehrreichen Vergleich und manches gute Muster bieten. Wenn auch die neuen Formen zum Theil dem Auge anfangs nicht so gefällig erscheinen wie die alten, so sind sie doch besser. Der Wettbewerb mit dem Auslande zwingt unsere Lokomotiv-Bauanstalten zu ihrer Einführung. Es ist daher meines Erachtens eine Pflicht der Bahnverwaltungen, die Bauanstalten in diesem Streben möglichst zu unterstützen.

Bei den kleineren Einzeltheilen wären als neuere Fortschritte zu erwähnen: die allgemeinere Einführung der Metalliderungen verschiedener Art für die Stopfbüchsen, der Dampfschmiervorrichtungen mit einstellbarer sichtbarer Tropfenbildung für Kolben und Schieber von Nathan und De Limon; neuerdings auch der Schmierpressen mit je einem Kolben für jede Schmierstelle von Ritter und Michalk oder ähnlich wirkendem Vertheilungsschieber und Druckpumpe von Friedmann; der Druckluft- und Dampf-Sandstreuer von Brüggemann und Friedmann.

Als Schlufsergebnis dieses Vortrages darf ich feststellen, daß die neuere Entwicklung des Lokomotivbaues im Vereins-

gebiete durchaus auf der Höhe der Zeit steht und den stets wachsenden Verkehrsbedürfnissen nach allen Richtungen entspricht. Nicht selten ist sie ihr vorausgeeilt, sodafs die leistungsfähigeren Lokomotiven den Anlaß zu Verbesserungen im Zugdienste gaben.

Die Vielgestaltigkeit der Hauptgattungen und Einzelformen, welche wir hauptsächlich der wissenschaftlichen Ausbildung unserer Maschinen-Ingenieure verdanken, geht meines Wissens im Vereinsgebiete weiter, als im Auslande. Sie erschwert aber die Billigkeit der Herstellung, indem sie die Einführung billiger Arbeitsverfahren und billig arbeitender Werkzeugmaschinen beschränkt, und gefährdet damit den Wettbewerb mit dem Auslande. Insbesondere in Nord-Amerika hat die Einheitlichkeit der Formen und die Ausbildung der Arbeitsverfahren zu einer Verbilligung der Herstellungskosten geführt, welche unsere aufmerksamste Beachtung verdient.

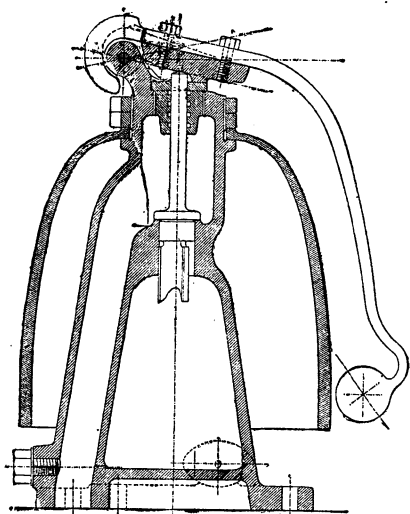
Für die Zukunft wird daher unser Bestreben sein müssen, die bisherige Vielseitigkeit der Gesamtanordnungen der Lokomotiven mit möglichster Einheitlichkeit und billiger Herstellbarkeit der Einzeltheile zu verbinden. Dabei werden wir gewisse Schönheiten der alten Formen opfern müssen, denn die Lokomotive ist eben »kein Ziermöbel, sondern ein Arbeitsthier«, und die Rücksicht auf Zweckmäßigkeit geht hier vor. Auf diesem Wege werden wir den Lokomotivbau im Vereinsgebiete weiter fördern und damit an unserm Theile dem Endzwecke der Eisenbahnen, der Volkswohlfahrt, dienen.

### Latowski'sches Dampfbläutewerk mit Vorwärmer.\*)

Von R. Latowski in Breslau.

Das Latowski'sche Dampfbläutewerk für Lokomotiven\*\*) wurde neuerdings wiederum verbessert, wodurch ein abermaliger Fortschritt in der Betriebsicherheit erzielt ist.

Abb. 1.



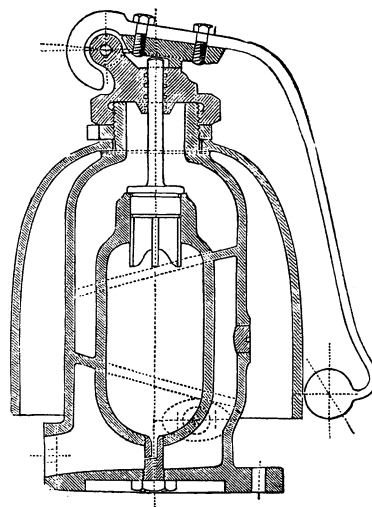
Ursprünglich strömte der durch einen Zylinder geführte Dampf, eine den Hammerhebel bethätigende Klappe bewegend, frei aus (Textabb. 1). Dieses Bläutewerk wurde später ver-

\*\*) Organ 1888, S. 292; 1890, S. 22; 1897, S. 236.

\*) (D. R. P. Nr. 108604.)

bessert, indem der Abdampf durch eine besondere Leitung entfernt wurde, sodafs der Ausblick der Lokomotivmannschaft auf die Strecke durch das Bläutewerk unter keinen Umständen

Abb. 2.



Störungen erlitt. Ferner wurde die Dampfspannung in der Dampfchamber durch entsprechenden Ventileinsatz gehoben und eine Entwässerung der Kammer angeordnet, die das niedergeschlagene Wasser mit dem Abdampfe beseitigte (Textabb. 2).

Nach Ablauf des Latowski'schen D. R. P. Nr. 18546 sind verschiedene Neuerungen an Dampfbläutewerken aufgetaucht, welche alle angeblich Verbesserungen des Latowski'schen Dampfbläutewerkes bringen.

Bei dem von Dunkel ist an der Latowski'schen Entwässerung die Aenderung getroffen, daß eine mit dem Kolben des Schlagwerkes starr verbundene Bolzenstange, welche einer in der lothrechten Achse der Dampfkammer befindlichen Entwässerungsöffnung als Stöpsel dient, das niedergeschlagene Wasser stofsweise ableitet. Eine solche Entwässerung ist insofern nicht empfehlenswerth, als die Entwässerungsöffnung bei Stillstand des Bläutewerkes durch den Stöpsel geschlossen und das sich in der Dampfkammer noch ansammelnde Wasser bei starkem Froste gefriert, sodafs der Stöpsel in der Oeffnung fest sitzt und sofortiges Ansprechen des Bläutewerkes demnächst ausgeschlossen ist.

Eine andere Anordnung von Busse mit Vierweghahn ist verwickelt und theuer, ohne wesentliche Vortheile zu bieten.

Das Hofmann'sche Bläutewerk umgiebt die Dampfkammer mit einem Mantel, welcher durch frischen Dampf geheizt die Dampfkammer erwärmt. Die Entwässerung weicht von der des ältern Latowski'schen Bläutewerkes nicht ab.

Gegenüber diesen Anordnungen hat das neue Latowski-

Abb. 3.

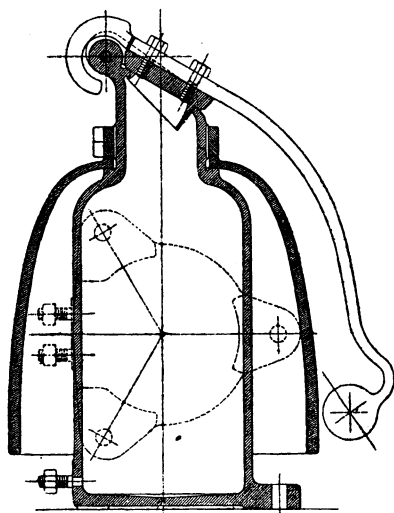
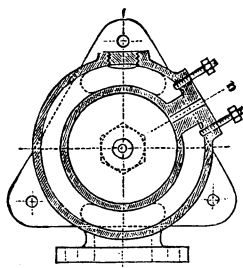


Abb. 4.



sche Dampfbläutewerk mit Vorwärmer (Textabb. 3 und 4) folgende Vorzüge.

An die Stelle des frischen Dampfes, der zum Anwärmen der Dampfkammer bei Busse und Hofmann angewendet wird, tritt der Abdampf, wodurch sich eine Dampfersparnis ergibt. Während bei allen anderen, auch bei dem ältern

Latowski'schen Bläutewerke, der Dampf nach Heben des Ventilkolbens ohne Weiteres abgeleitet wird, umstreicht er bei dem neuen Bläutewerke erst die Dampfkammer in ihrem vollen Umfange. Das Bläutewerk arbeitet in Folge dieser Vorwärmung der Dampfkammer beständig mit trockenem Dampfe, wodurch sofortiges Ansprechen und gleichmäßiger Gang gewährleistet ist. Die bei den Bläutewerken von Busse und Hofmann im Winter erforderliche Erhöhung der Aufmerksamkeit zum Zwecke des An- oder Vorwärmens der Dampfkammer vor dem Bläuten entfällt.

Weiter ist die Entwässerung in einfacher Weise neu ausgebildet. Eine durch den untern Boden und den tiefsten Punkt der Dampfkammer gehende Metallschraube leitet durch entsprechende Bohröffnung das in der Dampfkammer niedergeschlagene Wasser ab, welches von dem abgehenden Dampfe angesaugt und mit fortgeführt wird. Rückstände an Wasser können wegen der dauernden Offenhaltung der Entwässerung der Kammer nicht bleiben, und Einfrieren auch bei strengstem Froste kann nicht eintreten; die angestellten Ermittlungen haben ergeben, daß bei Stillstand des in Thätigkeit gewesenen Bläutewerkes kein Niederschlagswasser im Dampfkörper zurückbleibt.

Die Dampfentnahme zur Inbetriebsetzung des Bläutewerkes erfolgt durch einen einfachen Dampfzufahhahn mit selbstthätiger Entwässerung.

Als weitere Verbesserung ist noch aufzuführen, daß das den Schlaghebel tragende, am leichtesten brechende eiserne Gelenk nicht mit der Dampfkammer aus einem Stücke besteht, sondern einen besondern Kopf der Kammer bildet, sodafs es für sich ausgewechselt werden kann. Außerdem sind die Dampfkammer und das Ventil durch Anordnung dieses Kopfes leichter zugänglich gemacht.

Ferner ist noch zu bemerken, daß durch den Vorwärmer und die Vergrößerung des Ventilkolbens des Dampfbläutewerkes eine Dampfersparnis gegen die ältern Latowski'schen Bläutewerke:

nach Textabb. 1 . . .	von 100 %
« 2 . . .	« 50 bis 70 %

erzielt wird.

Das neue Dampfbläutewerk zeichnet sich also durch Einfachheit und Billigkeit, Betriebsicherheit, Dampfersparnis, unbedingtes, sofortiges Ansprechen, vollständigen Abfluß des Niederschlagswassers und Sicherheit gegen Frostschäden aus. Das Dampfbläutewerk mit Vorwärmer ist mehrfach bei den preussischen und sächsischen Staatsbahnen, bei den Reichseisenbahnen, bei verschiedenen Klein- und Werkbahnen im Betriebe und hat sich bewährt, wie viele Aufträge zur Umänderung älterer Bläutewerke beweisen. Die Herstellung erfolgt im Werke R. Latowski in Breslau.

## Der Einfluss wagerechter Seitenkräfte auf die Veränderung der Spurweite des eisernen Querschwellenoberbaues.

Von A. Francke, Baurath zu Herzberg a. Harz.

Wir betrachten eine Querschwelle, deren Längenverhältnisse in Textabb. 1 angegeben sind, und bezeichnen mit  $\psi$  den elastischen Widerstand der Bettung auf die Längeneinheit der Schwelle, setzen  $m = \sqrt[4]{\frac{\psi}{4 E J}}$ ; so dafs also  $\frac{\pi}{m}$  eine ganze Wellenlänge des elastisch erregten, unendlich lang vorausgesetzten Trägers bedeuten würde.

Die in Textabb. 1 eingeschriebenen, die Strecken darstellenden Werthe,  $v$ ,  $w$ ,  $b$  u. s. w. wollen wir nicht nur auf die Längeneinheit des Centimeters beziehen, sondern zugleich auch als die Winkelzahlen der betreffenden Strecken auffassen, soweit diese in den die elastischen Verbiegungen bestimmenden Winkelfunktionen erscheinen. Ueberall wird also an Stelle der umständlichen Schreibweise  $\cos mv$  u. s. w. die einfachere  $\cos v$  gesetzt.

Man hat die im Betriebe häufig beobachtete Erscheinung, dafs der eiserne Querschwellenoberbau Neigung zur Aenderung der Spurweite zeigt, theilweise wenigstens dem Umstande zugeschrieben, dafs bei symmetrischer, lothrechter Belastung an der Schienendruckstelle stets eine elastische Neigung, also Drehung der Schiene, erzeugt werde. Durch die in neuerer Zeit für die Vollbahnen übliche Wahl einer gröfseren Schwellenlänge erscheint dieser Uebelstand gegenüber den älteren Anordnungen gehoben, da die Bedingung des Verschwindens der elastischen Drehung im Schienendruckpunkte,  $\frac{\cos^2 v}{\cos^2 v} = \frac{\sin l}{\sin l}$ , bei

den jetzt üblichen gröfseren Schwellenlängen im Allgemeinen mit hinreichender Annäherung erfüllt wird. Der Zweck der folgenden Zeilen ist, darauf hinzuweisen, dafs und inwiefern die namentlich beim Schlingern der Züge auftretenden seitlichen Kräfte ihrerseits in dem Oberbau eine Neigung zur Aenderung der Spurweite erzeugen, da nur bei Erforschung und Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Umstände die höchste Vollkommenheit in Anlage und Unterhaltung erreichbar erscheint.

Wird gegen die Innenseite des Schienenkopfes ein wagerechter Druck  $D$  ausgeübt, so wird er auf die Querschwelle übertragen und daher im Schienendruckpunkte ein äufseres, an der Querschwelle angreifendes Drehmoment  $M = h D$  erzeugen. Weil bei der zutreffenden Voraussetzung genügend kleiner elastischer Verschiebungen die Wirkungen aller Einzelursachen

sich zusammenzählen, kann die Wirkung des Angriffes dieses Drehmomentes für sich betrachtet werden.

Wäre die Querschwelle unbegrenzt steif,  $E$  oder  $J$  ungemessen grofs, so würde sie sich unter Einwirkung des Drehmomentes  $M$  elastisch bewegen nach Maßgabe der auf die Schwellemnitte bezogenen Gleichung  $y = \frac{M}{\psi} \cdot \frac{3 X}{2 a^3}$ , die Schwerpunktslinie des Schwelldenquerschnittes würde eine Gerade bilden der Neigung  $\frac{d y}{d x} = \frac{3 M}{2 \psi a^3}$ , und weil alle Schwelldenpunkte diese gleiche Neigung annehmen würden, so würde eine Veränderung der Spurweite nicht eintreten.

Weil nun aber weder  $E$  noch  $J = \infty$  zu setzen ist, so nimmt die Schwelle nicht die in Textabb. 2 gestrichelt ange-

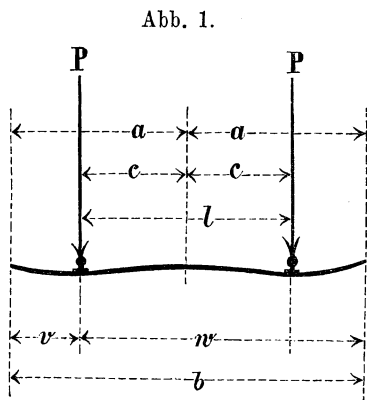


Abb. 1.

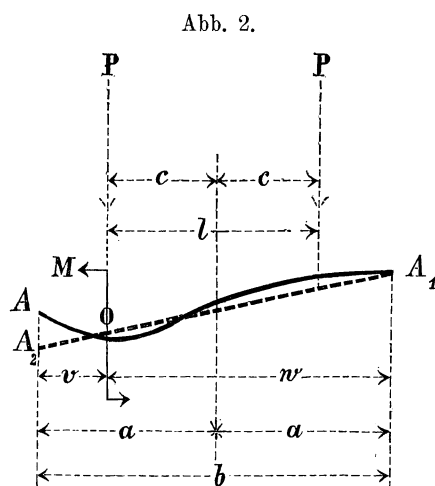


Abb. 2.

deutete gerade Lage  $A_2 A_1$  an, sondern sie verbirgt sich in einer krummen Linie  $A_1 A_2$ .

Wird allgemein gesetzt:

$$\cos x \sin x - \sin x \cos x = Z [x]$$

$$\sin x \sin x = Z_1 [x]$$

$$\cos x \sin x + \sin x \cos x = Z_2 [x]$$

$$\cos x \cos x = Z_3 [x],$$

und wird insbesondere  $\frac{1}{2}$  abkürzend gesetzt:

$$-\kappa = \frac{Z_3 [v] Z_2 [b] + Z [v] Z_1 [b]}{\cos 2 b + \cos 2 v - 2},$$

$$-\lambda = \frac{Z [b] Z [v] + 2 Z_1 [b] Z_3 [v]}{\cos 2 b + \cos 2 v - 2},$$

so kann die, auf den Ursprung  $O$  des Schienendruckpunktes bezogene Gleichung der durch  $M$  erzeugten elastischen Durchbiegung der Querschwelle für die rechtsseitige Strecke  $w$  geschrieben werden:

$$\text{Gl. I}_w \dots \frac{E J m^2}{M} y = \kappa Z_2 [x - w] + \lambda Z_3 [x - w].$$

Die Richtigkeit dieser Gleichung wird bewiesen durch die Bemerkung, dafs sie bei beliebigen Zahlenwerthen  $\kappa$  und  $\lambda$  der

\*) Vergl. die Aufsätze Organ 1900, S. 89 und S. 228.

Bedingung Querkraft und Moment = 0 am Ende der Schwelle für  $x = w$  genügt. Weil nun aber die beiden verschiedenen, auf den nämlichen Ursprung bezogenen Momentgleichungen  $EJ \frac{d^2 y}{dx^2}$  der beiden verschiedenen Strecken  $v$  und  $w$  den analytischen Gleichungsunterschied  $\pm M Z_3 [x]$  liefern müssen, weil ebenso das Moment im Unstetigkeitspunkte  $x = 0$  den Sprung  $\pm M$  macht, so ergeben sich die Zahlenwerthe  $\kappa$  und  $\lambda$  aus den beiden Bedingungsgleichungen, Moment = 0, Querkraft = 0 am Ende der Strecke  $v$ , und die Gleichung für die Strecke  $v$  kann, wenn  $x$  für diese Strecke von  $C$  ab positiv gerechnet wird, geschrieben werden:

$$I_v \frac{EJ m^2}{M} y = -\kappa Z_2 [x + w] + \lambda Z_3 [x + w] - \frac{Z_1 [x]}{2}$$

$$= \kappa' Z_2 (x - v) + \lambda' Z_3 [x - v]$$

wenn  $\kappa' = \frac{Z_3 [w] Z_2 [b] + Z [w] Z_1 [b]}{\cos 2b + \cos 2b - 2}$  und

$$\lambda' = \frac{Z [b] Z [w] + 2 Z_1 [b] Z_3 [w]}{\cos 2b + \cos 2b - 2} \text{ ist.}$$

Die beiden Gleichungen  $I_w$  und  $I_v$  gehen für die beiden getrennten Strecken durch Vertauschung der Zeichen  $v$  und  $w$  unter Umkehrung des Vorzeichens, entsprechend dem in Bezug auf jede der beiden anliegenden Strecken umkehrbaren Dreh Sinne des Momentes  $M$ , gegenseitig auseinander hervor.

Wir betrachten die Gleichung für die Strecke  $w$  und erhalten für die elastische Verdrehung  $\frac{dy}{dx}$  den allgemeinen Werth:

$$\frac{EJ m}{M} \left( \frac{dy}{dx} \right) = 2 \kappa Z_3 [x - w] - \lambda Z [x - w].$$

Insbesondere erhalten wir daraus für die beiden in Betracht kommenden Punkte  $x = v$  und  $x = l$  die beiden Werthe:

$$\frac{EJ m}{M} \varphi_0 = 2 \kappa Z_3 [w] + \lambda Z [w]$$

$$\frac{EJ m}{M} \varphi_1 = 2 \kappa Z_3 [v] + \lambda Z [v].$$

Wird mit  $h$  die Höhe des Schienenkopfes über dem Schwerpunkte des Schwellenquerschnittes bezeichnet, so ist die eintretende Veränderung der Spurweite gegeben durch:

$$\varepsilon = h (\varphi_1 - \varphi_0) = \frac{M h}{EJ m} \times$$

$$\{2 \kappa (Z_3 [v] - Z_3 [w]) + \lambda (Z [v] - Z [w])\}.$$

Ist nun beispielsweise  $E = 2\,000\,000 \text{ kg/qcm}$ ,  $J = 285 \text{ cm}^4$ ,

$$\psi = 72 \text{ kg/qcm}^2 \text{ und daher } m = \sqrt[4]{\frac{72}{4 \cdot 2\,000\,000 \cdot 285}}$$

$= \frac{1}{75} \text{ cm}$ , so ergeben sich für  $b = 255 \text{ cm}$ ,  $l = 150 \text{ cm}$  die Winkelzahlen:  $b = 3,4$ ;  $v = 0,7$ ;  $w = 2,7$  und daher die Zahlenwerthe:

$$\kappa = \frac{18,4}{448}, \lambda = \frac{4,99}{448}; \varepsilon = \frac{M h}{EJ m} \left( \frac{236}{448} \right).$$

Der Druck  $D$ , also die Momentwirkung  $M$ , kann erstens in mehr oder weniger stetiger Weise als Wirkung des Windes, zweitens als Stosswirkung des schlingernden Zuges auftreten.

Setzen wir im Zahlenbeispiele  $h = 15 \text{ cm}$ , und nehmen wir  $D$  für einen Sonderfall im Höchstwerthe =  $3000 \text{ kg}$ , also

$M = 45\,000 \text{ cm/kg}$  an, so erhalten wir für das betrachtete Zahlenbeispiel als Wirkung eines solchen Druckes  $D$  den Zahlenwerth der Spurerweiterung  $\varepsilon = 0,46 \text{ mm}$ .

Die Erwägung nun, daß der Druck  $D$  sich seinem wesentlichsten Werthe nach als Wirkung eines Stosses darstellt, welcher sich beim Schlingern eines längeren Zuges häufig in kurzen Zeitabschnitten wiederholen kann, führt zu dem Schlusse, daß, wenngleich die Einzelwirkung eines stetig gedachten Seitendruckes  $D$  an und für sich keine bedeutende Wirkung ausüben würde, dennoch unter Umständen eine nicht unbedenkliche Gesamtwirkung mehrerer oder vieler, sich zeitlich folgenden Stosswirkungen zu Stande kommen kann. Letzteres wird in erster Linie von den Verhältnissen der einzelnen Zeitabschnitte zu einander, insbesondere also auch von der Schwingungsdauer der von dem Drucke  $D$  erzeugten elastischen Erregung der Schwelle abhängen. Um für die Dauer derartiger Schwingungen wenigstens eine ungefähre Anschauung zu gewinnen, betrachten wir die entsprechende Schwingungsdauer der unendlich steifen Querschwellen.

Bezeichnet  $t$  die Zeit,  $\omega$  die Mitteldrehung der elastischen Schwingung,  $q$  das Gewicht der Schwelle auf die Längeneinheit,  $g$  die Beschleunigung der Schwere,  $P$  den lothrechten je auf einen Schienenendpunkt kommenden Druck, so folgt aus:

$$\frac{d^2 \omega}{dt^2} \left[ \frac{2 P c^2}{g} + \frac{q}{g} \int_{-a}^{+a} x^2 dx \right] = - \psi \omega \int_{-a}^{+a} x^2 dx$$

$$\frac{d^2 \omega}{dt^2} = - \left( \frac{\frac{2}{3} a^3 \psi g}{\frac{P l^2}{2} + \frac{2 a^3}{3} q} \right) \omega = - \mu \omega$$

das allgemeine Integral der Winkelbewegung:  $\omega = A \sin (t \sqrt{\mu}) + B \cos (t \sqrt{\mu})$ , welche Gleichung ohne Beschränkung gültig bleibt, obwohl der elastische Widerstand der Bettung nur als Druck, nicht als Zug auftritt, weil die Schwelle zugleich die lothrechten Lasten  $P$  trägt, mithin die elastischen Schwingungen nur eine Vermehrung und Verminderung der vorhandenen Druckkräfte, nicht die Erzeugung wirklicher Zugkräfte bedingen.

Indem wir für  $t = 0$ ,  $\omega = 0$  setzen, erhalten wir

$$\omega = A \sin \sqrt{\mu} t; \frac{d \omega}{dt} = \sqrt{\mu} A \cos \sqrt{\mu} t,$$

woraus wir die Dauer  $t_1$  einer Schwingung erhalten:

$$t_1 = \frac{\pi}{\sqrt{\mu}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{3 P \cdot \left( \frac{l}{a} \right)^2 + 2 Q}{a \psi g}},$$

wenn  $Q$  das Gesamtgewicht der Querschwellen bedeutet. Wir ersehen, daß die Schwingungsdauer  $t_1$  sehr verschieden ausfallen kann, da sie selbstverständlich in erster Reihe abhängig ist von der Größe des allgemeinen lothrechten Druckes, unter welchem die Querschwellen stehen. Ist  $P$  bedeutend, so spielt das Eigengewicht  $Q$  der Querschwellen bei Bemessung der Schwingungsdauer überhaupt keine Rolle, wird  $P$  aber geringer, schließlich sehr klein, so wird  $t_1$  eine außerordentlich kleine Zeitdauer bedeuten.

Wäre  $P$  rund =  $9000 \text{ kg}$ ,  $Q$  = rund  $500 \text{ kg}$ , so würden wir



für  $t_1$  rund 0,2 Sek. erhalten, und setzen wir für die vorhandene, nicht unendlich steife Querschwellen diese bestimmte Schwingungsdauer  $t_1 = 0,2$  Sek. voraus, so würde die Gesamtwirkung der mit 0,2, 0,4, 0,6 . . . Sek., oder einem Vielfachen dieser Werthe, einander folgenden Stöße  $D$  mächtig anwachsen, weil nicht nur alle Einzelwirkungen sich vereinigen würden, sondern auch noch der Umstand schwer ins Gewicht fiel, daß die Mächtigkeit jedes einzelnen Stoßes  $D$  als unmittelbare Folge der im Gleise entstehenden Schwingungen und Unregelmäßigkeiten wenigstens beim Zusammentreffen ungünstiger Umstände zunehmen würde.

Nach unserer Anschauung wird daher an eine gute Bauart die Anforderung zu stellen sein, daß die von einem wahren Seitendrucke  $D$  erzeugte Spurerweiterung  $\epsilon$  so klein

ausfällt, daß auch ihre Vervielfachung als unbedenklich anzusehen ist. Lediglich durch Vergrößerung der Schwellenlänge ist dieses nicht erreichbar, da die Zunahme dieser Länge ohne gleichzeitige Aenderung der übrigen Verhältnisse den Werth  $\epsilon$  nicht wesentlich herabmindert; wenn man das durchgreifende, aber recht kostspielige Verfahren der Anwendung einer Querschwellen von erheblich größerer Steifheit vermeiden will, so wird man sein Augenmerk auf die Wahl zweckmäßiger Nebenordnungen richten können, also etwa gegebenen Falles durch in die Bettung tief eingreifende Stehbleche die Drehfähigkeit des Schienendruckpunktes herabmindern, oder auch die Fähigkeit des Gleises zur Aenderung der Spurweite durch Anwendung von Spurschrauben allgemein vernichten oder wenigstens einschränken.

## N a c h r i c h t e n .

### Richard Koch †.

In dem am 6. September d. Js. nach schwerem Krankheitslager zu Hannover verstorbenen Königlich württembergischen Eisenbahn-Oberinspektor R. Koch ist ein Mann von uns geschieden, dessen Thatkraft und dessen auf die unmittelbare Befriedigung der Bedürfnisse des Eisenbahnwesens gerichteter Sinn große Erfolge zu verzeichnen und ihn zu einem besonders fruchtbaren Eisenbahn-Betriebstechniker gemacht haben.

R. Koch wurde als Sohn des Pastors Koch zu Wildungen am 24. August 1836 geboren, besuchte das Gymnasium zu Holzminden und dann das Polytechnikum in Hannover von 1854 bis 1859. Nach Ablegung des Staatsexamens im Jahre 1860 trat Koch in die Maschinenfabrik von Messerschmidt in Harburg ein, ging 1864/65 zur Vervollständigung des Studiums zum Polytechnikum zurück, war dann bei der Hannover'schen Staatsbahn in der Werkstätte Emden und von 1867 an bei der preussischen Staatsbahn in Paderborn und später als Werkstättenvorsteher in Lingen thätig. Nachdem er dann 1873 bis 1878 dem maschinentechnischen Bureau der Köln-Mindener Bahn in Dortmund vorgestanden hatte, kehrte er abermals nach Hannover zurück, um hier seine Kräfte weiterer theoretischer Ausbildung und schriftstellerischer Thätigkeit zu widmen und wurde, nach Betheiligung an den Hostmann'schen Kleinbahn-Unternehmungen von 1880 bis 1882, als Sektionschef für Eisenbahn-Betrieb in das serbische Ministerium der öffentlichen Arbeiten berufen. Nach Erledigung der ihm gestellten Aufgaben übersiedelte Koch 1886 nach Graz, um sich abermals schriftstellerisch zu beschäftigen, übernahm dann 1889 die Leitung der Salzburger Lokalbahn, wurde aber schon 1890 als Leiter des maschinentechnischen Bureaus der

württembergischen Staatsbahnen nach Stuttgart berufen und übernahm bei dieser Verwaltung später auf seinen Wunsch die Stellung als Vorstand der Werkstätten-Inspektion und Schiffswerft in Friedrichshafen.

Ein schweres Leiden zwang ihn im November 1899 in den Ruhestand zu treten, er zog nach Hannover zurück, wo ihm kaum noch ein Jahr der Ruhe vergönnt sein sollte.

Koch's Sinn für die Förderung des Maschinenwesens hat sich durch mehrere noch heute bedeutungsvolle Erfindungen bethätigt, und wie sehr er in seinem Fache aufging, das beweist seine reiche schriftstellerische Thätigkeit, die hauptsächlich auf die Förderung des Eisenbahn-Maschinenwesens und die Schaffung vorzüglicher Lehrmittel für die Eisenbahn-Betriebsbeamten gerichtet war. In letzterer Beziehung kann seine Thätigkeit zusammen mit Brosius als bahnbrechend hingestellt werden, denn ihre Arbeiten haben den Grundstock und das Vorbild des jetzt schon reichen Bücherschatzes für die im Betriebe thätigen Eisenbahnbeamten gebildet.

Die Verdienste Koch's wurden durch Verleihung serbischer, österreichischer und württembergischer Orden auch äußerlich anerkannt, und der Dank der Eisenbahn-Betriebsbeamten für die reichen durch ihn geschaffenen Fördermittel kam 1898 durch Ernennung zum Ehrenmitgliede des Vereines deutscher Lokomotivführer zu schönem Ausdrucke.

Wir betrauern in seinem Heimgange den Verlust eines erfolgreichen und für sein Lebenswerk begeisterten Fachgenossen, dessen Andenken durch seine Werke noch lange in Ehren wach gehalten werden wird.

### August de Serres †.

Am 22. August l. Js. ist in Paris Herr August de Serres Wieczffinski, Ingenieur und ehemals Baudirektor der priv. österreich.-ungar. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft, im Alter von 59 Jahren einer kurzen Krankheit erlegen.

In Bayonne, Basses pyrénées, geboren, erwarb de Serres seine Ausbildung in Frankreich, zuletzt als élève diplômé an der école des ponts et chaussées in Paris.

Im Jahre 1867 trat er als Betriebssekretär in den Dienst der priv. österr.-ungar. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft, welche damals vollständig unter französischem Einflusse stand, und rückte allmählig zum Generalinspektor und Stellvertreter des Zentraldirektors Kopp vor.

Bei Ausbruch des deutsch-französischen Krieges begab sich de Serres nach Frankreich, wo er an der Seite Gambetta's an der Durchführung der nationalen Vertheidigung mitwirkte. Wieder nach Oesterreich in seinen frühern Wirkungskreis zurückgekehrt, trat er zum Baudienste über und wurde 1874 als Nachfolger Ruppert's Baudirektor der Gesellschaft.

In dieser Stellung war es ihm beschieden, eine weitgreifende Thätigkeit zu entfalten. Von den zahlreichen unter seiner Leitung ausgeführten Bauten zählen wir den Westbahnhof in Budapest, die Bogenbrücke über den Donaukanal in der Wiener Verbindungsbahn, die Gebirgsbahnlinie Temesvar-Orsova, die Linie Trencsin-Sillein, das zweite Gleis Stadlau-Neuhäusel, die Linien Segengottes-Okřischko und Brünn-Tepla mit ihren zahlreichen Kunstbauten, die Marchthalbahn Szakolcza-Neudorf und eine große Zahl von Nebenbahnen in Ungarn und Böhmen, im Ganzen etwa 800 km Hauptbahnen und 400 km Secundärbahnen als die bedeutendsten auf.

Neben dieser Thätigkeit befasste sich de Serres auch mit Einzel-Durchbildungen von Bautheilen, von welchen der vom Vereine deutscher Eisenbahnverwaltungen preisgekrönte eiserne Langschwelen-Oberbau de Serres-Battig, wenn auch heute nur mehr von Bedeutung für die Entwicklungsgeschichte des Oberbaues, erwähnenswerth ist.

Nach der Theilung der Staatseisenbahn-Gesellschaft im Jahre 1882 wurde de Serres neben seiner Funktion als Baudirektor der Gesellschaft mit dem Vorsitze im Direktorium des österreichischen Netzes betraut und hatte von da ab einen maßgebenden, wenn auch nicht immer glücklichen Einfluß auf die Gestaltung der Geld- und Verkehrsverhältnisse der Gesellschaft.

Weitausgreifende Pläne bezüglich der Fortsetzung der ungarischen Linien nach Bulgarien und der Türkei und andere Pläne in den Balkanländern beschäftigten seinen regen Geist und führten ihn auch nach seinem im Jahre 1890 erfolgten Ausscheiden aus dem Verbands der Staatseisenbahn-Gesellschaft öfter nach Oesterreich.

De Serres war Franzose vom Scheitel bis zur Sohle; liebenswürdig und jovial im Umgange und als temperamentvoller Redner in seiner Muttersprache von zündender Wirkung. Die schwungvollen Worte, mit welchen er im Namen der geladenen Gäste bei dem Festmahle der Jubiläums-Technikerversammlung der deutschen Eisenbahn-Verwaltungen am 20. Juni 1900 in Budapest die Wirksamkeit des Vereines feierte, werden als Schwanengesang des Dahingeshiedenen allen Theilnehmern im Gedächtnisse bleiben.

De Serres war Ritter der Ehrenlegion, der eisernen Krone und Comthur des Franz-Joseph-Ordens mit dem Sterne.

## Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

### Bahn-Unterbau, Brücken und Tunnel.

#### Der Gravehalstunnel.

(Deutsche Bauzeitung 1900, Nr. 12 und 14.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 1 bis 7, Taf. XXXV.

Das erste Stück der Eisenbahnverbindung von Christiania nach Bergen in Norwegen, die Strecke Bergen—Voss mit 1,067<sup>m</sup> Spurweite ist bereits im Jahre 1883 dem Betriebe übergeben worden. Im Jahre 1895 wurde mit dem Bau der zweiten schwierigsten und beachtenswerthesten 72 km langen Theilstrecke von Voss, 56<sup>m</sup> ü. M., nach Taugerand, 1297<sup>m</sup> ü. M., begonnen. Die größte Steigung auf dieser Strecke beträgt 21,5 ‰, der kleinste Krümmungshalbmesser 250<sup>m</sup>; sie enthält 72 Tunnel mit zusammen 18 km Länge, etwa 25 ‰ der Gesamtlänge. Der größte ist der Gravehalstunnel; er ist 5311<sup>m</sup> lang und beginnt 45 km von Voss entfernt bei der Station Opset, West, auf 859,35<sup>m</sup> ü. M. und endigt bei Myrdalen, Ost, auf 865,6<sup>m</sup> ü. M. Den Längsschnitt zeigt Abb. 1, Taf. XXXV. Der ziemlich genau in west-östlicher Richtung verlaufende Tunnel ist auf seine ganze Länge

gerade. Die größte Gebirgs-Ueberhebung, das Urhova-Gebirge liegt auf etwa 1400<sup>m</sup> ü. M., daher 530<sup>m</sup> über dem Tunnel. Da der Baumwuchs schon bei 750<sup>m</sup> ü. M. aufhört, so befinden sich die Tunnelmündungen bereits in kahler, unwirthlicher Gegend, umgeben von Gletschern, die theilweise das ganze Jahr liegen bleiben. Die Verhältnisse an den Tunnelmündungen sind daher recht ungünstige.

Die geologischen Verhältnisse zeigt Abb. 2, Taf. XXXV.

Der Tunnel durchbricht auf etwa 1000<sup>m</sup> Länge quarz- und feldspathhaltige Chloritschiefer, 1 und 2 (Abb. 2, Taf. XXXV), auf 250<sup>m</sup> Gneifs, 3, auf die übrige Länge sehr festen Granit, 4.

Der Granit, den also der weitaus größte Theil des Tunnels zu durchbrechen hat, ist ungewöhnlich fest und dicht, daher schwer zu bohren und zu schießen; es wird aber möglich sein, in diesem Gesteine den größten Theil des Tunnels unausgemauert zu lassen.

Die Direktion der Norwegischen Staatsbahnen hat die Aus-

führung dieses 5311 m langen eingleisigen Tunnels sammt den erforderlichen Ausmauerungen nach Querschnitten, Abb. 3—5 Taf. XXXV, und den Voreinschnitten an die Unternehmung Ström und Hornemann für den Betrag von 3 274 000 M. übergeben; das laufende Meter dieses Tunnels mit 24,87 qm Ausbruchfläche würde hiernach durchschnittlich nicht ganz 600 M. kosten, ein unter den vorliegenden ungünstigen Verhältnissen ungemein niedriger Preis. Die Unternehmung hat hierfür den Tunnelausbruch, die in sehr geringem Umfange erforderliche Ausmauerung, den Kanal, die Nischen und die Oberbaubettung herzustellen, wobei die größte Förderlänge für den Tunnelausbruch außerhalb des Tunnels 700 m von den Tunnelmündungen nicht übersteigen soll; sie hat auch die Absteckungs- und Vermessungsarbeiten im Tunnel selbst zu besorgen; von der Staatseisenbahn-Bauverwaltung werden nur die Festpunkte für Höhenlage und Richtung an den Tunnelmündungen angegeben. Die Unternehmung trägt die Fürsorge für die Unterbringung der Arbeiter und deren Verpflegung in Krankheitsfällen.

Der Grunderwerb, die etwa erforderliche Miete von Grundstücken, die Erwerbung der Berechtigung zur Ausnützung der Wasserkräfte ist Sache der Staatseisenbahnverwaltung, ebenso werden den Unternehmern die von der Verwaltung hergestellten nach Bauplätzen an den Tunnelmündungen führende Wege zur Benutzung frei überlassen. Im September 1895 wurden die Arbeiten auf der Westseite bei Opset, im Mai 1896 auf der Ostseite bei Myrdalen begonnen. Die eigentlichen Tunnelarbeiten sind auf der Westseite im Februar, auf der Ostseite im October 1896 in Angriff genommen worden. Der Stollendurchschlag soll im Frühjahr 1902, die Tunnelvollendung bis zum 1. April 1903 erfolgen. Die in Aussicht genommene Bauzeit ist also eine ungewöhnlich lange.

Auf der Westseite wurde Maschinenbohrung im Stollen mit Druckwasser-Drehbohrmaschinen der Bauart Brandt eingeführt, während auf der Ostseite nur Handbohrung betrieben werden sollte. Die Erweiterungen des Stollens sollten auf beiden Seiten nur mit Handbohrung erfolgen.

Auf der Westseite bei Opset werden für die Maschinenbohrung und Lüftung des Stollens sowie für elektrische Beleuchtung die Wasserkräfte des Gangdalsbaches ausgenutzt.

Eine Turbine mit 100 P. S. betreibt die Pumpen, welche das Druckwasser mit durchschnittlich 80 at für zwei Brandt'sche Drehbohrmaschinen liefern; eine zweite Turbine mit 120 P. S. treibt zunächst zwei hintereinander gekuppelte Kreisel-Gebläse von 1,35 m Durchmesser und 1500 Umdrehungen in der Minute, welche mittels eines 30 cm weiten Rohres frische Luft vor Ort des Stollens drücken, sodann eine Dynamomaschine von 47 Amp., welche Strom für Beleuchtung und Werkstättenbetrieb liefert.

Mit der Maschinenbohrung im 6,25 qm großen Sohlstollen wurde im Januar 1897 begonnen; im Stollen arbeiten zwei auf einer wagerechten Bohrsäule befestigte Brandt'sche Drehbohrmaschine mit Stahlbohrern von 6 bis 7 cm Durchmesser; sie bohrten etwa 11 Löcher von 1,5—2,0 m Tiefe, die mit Dynamit geladen und in drei Absätzen abgeschossen wurden, wobei 40 kg Dynamit verbraucht und in einem Angriffe 1,5

bis 2 m, im grobkörnigen Granit 1,5 bis 1,8 m Stollenfortschritt erzielt worden sind. Die Bohrzeit für den Angriff schwankte zwischen 5,5 und 30 Stunden; im grobkörnigen Granit waren hierfür meist 9 bis 10 Stunden erforderlich.

Für die Lüftung des Stollens, die Beseitigung und Verladung des Schuttes, das Auf- und Abrüsten der Maschinen wurden für einen Angriff 4,0 bis 6 Stunden gebraucht. Während für Schutterung, Lüftung und Zwischenarbeiten nicht mehr Zeit nöthig war, als bei Maschinen-Bohrungen in anderen Stollen gut geleiteter Tunnelbauten, sind die Bohrzeiten infolge der besonderen Festigkeit und Zähigkeit des Gesteines außerordentlich lang gewesen.

Von Anfang Januar 1897 bis April 1899 wurden nur 1450 m, daher durchschnittlich täglich 1,8 m Stollen aufgeföhren, während im Arbeitsplane ein Tagesfortschritt von 2 m angenommen worden ist.

Der Stollen I wird nach Abb. 6, Taf. XXXV nach beiden Seiten II erweitert, worauf der obere Theil des Querschnittes III durch Aufbrüche nach vor- und rückwärts mit Handbohrung ausgebrochen wird. Nacharbeit wurde hierbei der Höhe der Kosten wegen vermieden.

Bei größeren Tunnelbauten in festem Gesteine wird vielfach nur der Richtstollen mit Bohrmaschinen aufgeföhren, die Erweiterungen und der Vollaussbruch werden dagegen von Hand betrieben; das reicht zumeist nicht aus, der fertige Tunnel bleibt daher in der Regel zum Nachtheile der Lüftung, der Förderung, einer zweckmäßigen Vertheilung und Ueberwachung der Arbeit recht weit hinter dem Stollen zurück, im Gravelstunnel um 1 km. Um nun eine rasche Vollendung des Tunnels nach erfolgtem Stollendurchschlage zu ermöglichen, wird eine größere Zahl von Aufbrüchen angeordnet. Diese durch längere und enge Stollenstrecken von einander getrennten Aufbruch-Arbeitsstellen sind aber namentlich in festem Gesteine wegen ausgedehnter Sprengarbeiten recht ungünstig, besonders betreffs der Lüftung und Förderung. Eine größere Zahl solcher Aufbruchstellen ist daher zu vermeiden, und das kann zweckmäßig durch Einführung von Maschinenarbeit in den Erweiterungen gleich vom Beginne des Baues an erreicht werden. Wenn hierbei kleine, überall leicht aufzustellende und einfach zu bedienende Stofsbohrmaschinen mit Druckluft- oder elektrischem Betriebe verwendet werden, so wird man bald finden, daß die Mehrkosten dieser Maschinenarbeit gegenüber der Handarbeit durch die Vortheile rascheren Arbeitsfortganges, besserer und billigerer Lüftung, sowie einfacherer und richtigerer Arbeitsanordnungen aufgewogen werden.

Zu dieser Erkenntnis ist man auch am Gravelstunnel gekommen; man hat sich daher nachträglich entschlossen, für die Erweiterung des Stollens und den Vollaussbruch ebenfalls Maschinenbohrung einzuföhren. Da die Versuche mit der Marvin'schen elektrischen Bohrmaschine der Union Elektrizitäts-Gesellschaft in dem sehr festen Gesteine nicht günstig ausfielen, hat man die Stofsbohrmaschine Frölich, erste Bauart, mit Druckluftbetrieb gewählt, die sich bei vielen Tunnel- und Bergwerksbauten bereits sehr gut bewährt hat.

Man hat nun auf der Westseite zwei verschiedene Arten des Bohrens in Verwendung, was nicht günstig ist; allein das

im Stollen verwendete Brandt'sche Verfahren eignet sich für die Ausweitungen nicht.

Für den vermehrten Maschinenbetrieb mußten neue Betriebsmaschinen beschafft werden, sodafs die Maschinenanlage nun bestand aus: einer Turbine zu 100 P. S. für den Betrieb der Pumpen, welche Druckwasser für die Brandt'schen Maschinen liefern, einer Turbine zu 120 P. S. zum Betriebe einer Presspumpe von Burckhart und Weifs mit 300<sup>mm</sup> Hub, welche bei 160 Umdrehungen in der Minute 6 cbm ansaugen und auf 4 bis 5 at verdichten, für die Stofsbohrmaschinen von Frölich, sodann drei Turbinen zu je 20 P. S. zum Betriebe von drei hintereinander gekuppelten Kreisgebläsen mit je 1,35<sup>m</sup> Durchmesser und 1500 Umdrehungen in der Minute.

Auf der Ostseite wurde bis vor Kurzem nur von Hand gebohrt; hierbei war im Arbeitsplane für den vollen Tunnelausbruch ein durchschnittlicher Tagesfortschritt von 0,5<sup>m</sup> in Aussicht genommen, den man bis auf 0,95<sup>m</sup> steigern zu können hoffte.

Der Ausbruch wurde nach Abb. 6, Taf. XXXV mit dem obern Theile III begonnen und dann nach abwärts fortgesetzt. Der hierbei erreichte Tagesfortschritt betrug nur 0,35<sup>m</sup>.

Man hat sich daher auch hier nach dreijähriger Bauzeit zu Anfang 1899 entschlossen, Maschinenbohrung einzuführen, und zwar nicht nur im Sohlstollen als Richtstollen, sondern auch in den Erweiterungen zum vollen Querschnitte. Man hat hierfür die Stofsbohrmaschine Frölich mit Druckluftbetrieb gewählt.

Die erforderliche Kraft für Bohrung, Lüftung, die elektrische Beleuchtung und für den Betrieb der Werkstätte liefert der Tjodefall, der Abflufs des Reinunga Sees.

2 km von der Tunnelmündung treiben zwei Turbinen von je 130 P. S je eine unmittelbar an die Turbinenwelle gekuppelte Dynamomaschine an. Für den Gravehalstunnel wird nur die Hälfte der hier gewonnenen Kraft benutzt, während die andere Hälfte für die oberhalb Myrdalen gelegenen kleineren Tunnelbauten verwendet werden soll.

Die Dynamomaschinen erzeugen Dreiphasenstrom von 2000 Volt Spannung, welche dem nahe der Tunnelmündung erbauten Maschinenhause auf 2 km Entfernung in oberirdischer Leitung zugeführt wird. Nach Umformung wird der Strom zum Betriebe zweier Luft-Presspumpen von Burckhardt und Weifs mit Cylindern von 300<sup>mm</sup> Durchmesser und 300<sup>mm</sup> Hub, welche bei 160 Umdrehungen 6 cbm Luft ansaugen und auf 5 at pressen, eines Gebläses, der Arbeitsmaschinen in der Werkstätte und zur elektrischen Beleuchtung verwendet.

Mit dieser, Mitte Mai 1899 fertiggestellten Anlage können 5 Stofsbohrmaschinen in Betrieb erhalten werden.

Im 6 qm weiten Sohlstollen arbeiten zwei Stofsbohrmaschinen Frölich auf Spannsäulen befestigt mit Meisselbohrern von 30 bis 40<sup>mm</sup> Stärke. Im festen Granit sind 21 bis 23 Löcher von 1,2 bis 1,5<sup>m</sup> Tiefe erforderlich. In einem Bohrangriffe, der je nach der Beschaffenheit des Gesteines 6 bis 12 Stunden, im Durchschnitt etwa 8 Stunden dauert, werden bei 20 kg Dynamit-Verbrauch 1 bis 1,2<sup>m</sup> Stollen ausgebrochen.

Für das Wegräumen des Schuttes und die Zwischenarbeiten sind ungefähr drei Stunden erforderlich. In der Regel werden daher in 24 Stunden nur zwei Bohrangriffe gemacht. Der Monatsfortschritt im Sohlstollen betrug bisher 46<sup>m</sup>.

In den Erweiterungen II, Abb. 6, Taf. XXXV sollen eine Stofsbohrmaschine Frölich auf einer Spannsäule, im Ausbruche III eine oder zwei Stofsbohrmaschinen verwendet werden.

Da die Theile I und II ausgebrochen sind, bevor Ausbruch III begonnen wird, so erfolgt letzterer mit Hülfe eines auf einem Gleise laufenden Arbeitsgerüsts (Abb. 7, Taf. XXXV), das der Förderung nicht hinderlich ist. Nachträglich wurde das Gerüst etwas abgeändert, der Grundgedanke ist aber derselbe geblieben. Statt einer werden nun zwei Bohrmaschinen oben mit zwei Spannsäulen verbunden, welche zwischen den Querträgern des Gerüsts und der Tunnelfirst festgespannt werden.

Die Bauunternehmung des Gravehalstunnels Ström und Hornemann hat einen Theil der Maschinenbohrarbeit der Unterunternehmung Andresen, Klüpfel und Co. übertragen. Ing. Klüpfel ist Theilhaber der Gesteinsbohr-Unternehmung und Maschinenfabrik Frölich und Klüpfel in Unter-Barmen, welche auch die Stofsbohrmaschinen und die zur Bohrung mit diesen erforderlichen Einrichtungen für den Gravehalstunnel lieferte.

Nach Einführung der Maschinenbohrung im Stollen der Ostseite ist ein durchschnittlicher Monatsfortschritt von 40<sup>m</sup>; auf der Westseite ein Stollenfortschritt von 45<sup>m</sup> erforderlich, um den Stollendurchschlag Ende März 1902 erreichen zu können.

Vor der Angriffnahme des Baues hat man die Schwierigkeiten hier, wie bei den meisten größeren, ausgeführten und noch in der Ausführung begriffenen Tunnelbauten unterschätzt.

Der der Unternehmung des Gravehalstunnels vertragsmäßig zukommende Einheitspreis für die Fertigstellung eines Meters Tunnel ist unter den vorliegenden schwierigen Verhältnissen ein sehr niedriger, und es erscheint fraglich, ob damit auszukommen sein wird. Die Förderung erfolgt auf einem Gleise von 0,7<sup>m</sup> Spur mit Pferden. Die von Arthur Koppel in Berlin gelieferten Förderwagen mit abnehmbaren Seitenwänden sind 3,25<sup>m</sup> lang und haben einen Fassungsraum von 1,5 cbm. Für die Förderung in den Tunnel, also mit Steigung hatte man elektrische Lokomotiven in Aussicht genommen; bisher sind aber solche noch nicht im Betriebe.

Der grösste Theil des Tunnels wird wohl unausgemauert bleiben. Für etwa erforderliche Ausmauerungen nach Abb. 4 und 5, Taf. XXXV soll das Gewölbe 0,4<sup>m</sup>, das Widerlager 0,5<sup>m</sup> stark aus gut gearbeiteten natürlichen Steinen in Cementmörtel, 1 : 3, ausgeführt werden.

Außer den maschinellen Anlagen hatte die Unternehmung Arbeiterhäuser, Bäckereien, Bade-Anstalten, Wäschereien und Viehställe auf beiden Seiten des Tunnels zu erbauen. Die unwirthliche Gegend, die ungemein schwierige Bohrarbeit und der für solche Verhältnisse vielleicht nicht ausreichend hohe Verdienst erschwerten die Arbeiterverhältnisse ganz besonders, sodafs sehr häufiger Wechsel unter den Arbeitern eintrat und namentlich die italienischen Arbeiter, welche sonst für Bohr-

arbeiten in sehr festem Gesteine besonders geeignet sind, nicht gehalten werden konnten.

Die einleitenden Arbeiten für den Tunnel wurden von dem verstorbenen Obergeringieur Lekve unter dem gleichfalls

verstorbenen Director Pihl ausgeführt. Gegenwärtig leitet den Bau der Obergeringieur Skavlan unter Herrn Fleischer in Christiania. D—

## B a h n - O b e r b a u .

### Goldschmidt's Schweifsverfahren.

(Schweizerische Bauzeitung Bd. XXXIV, S. 21, Bd. XXXVI, S. 116, Zeitschr. des Vereines deutscher Ingenieure 1900, S. 897; Engineer 1900, Oct., S. 450. Mit Abb.)

Das Verfahren beruht darauf, daß ein an Metall gleichwerthiges Gemenge von Eisenoxyd und Aluminium bei Erhitzung auf etwa 3000° C. in reines Eisen unter einer Korunddecke ( $Al_2O_3$ ) verwandelt wird. Dabei ist das Zusetzen bestimmter Mengen anderer Stoffe, wie Kohle, Mangan, Chrom, Silizium, Nickel u. s. w. möglich. Der Hitzegrad genügt, um selbst eine stählerne Umgebung soweit zu erwärmen, daß eine innige Verbindung mit der Schmelzmasse entsteht, ohne daß diese in unzulässiger Weise abgekühlt würde.

Diese Thatsachen lassen ohne Weiteres erkennen, daß

sich das Verfahren sehr gut eignet, eiserne und stählerne Theile durch ein ihrer Zusammensetzung, ihrem Gefüge und ihrer Farbe ganz genau entsprechendes Bindemittel zu verbinden, also zum Beispiel Schienen durch ganz gleichartiges Metall ohne Stofslücke zu vereinigen, sodafs ein in jeder Beziehung stetiger Strang entsteht, oder zerbrochene Stücke durch Angiefsen der abgebrochenen Theile zu flicken.

Da das Eisenoxyd vergleichsweise leicht genügend rein zu haben ist und das Handels-Aluminium dem Eisen oder Stahle schädliche Beimengungen überhaupt nicht enthält, so ist die Erzielung ganz bestimmter Eigenschaften des Verbindungsmetalle durch entsprechende Zusätze mit großer Sicherheit zu erreichen.

## B a h n h o f s - E i n r i c h t u n g e n .

### Niederdruck-Prefsluft-Stellwerke der »Pneumatic Railway-Signal Co.« in Rochester.

(Railroad Gazette, 1898, 8. Juli, 1900, 25. Mai, S. 332).

Hierzu Zeichnungen Abb. 10 und 11, Tafel XXXV.

Die Prefsluftstellwerke der Pneumatic Railway-Signal-Co. unterscheiden sich von den Westinghouse-Stellwerken\*) wesentlich dadurch, daß während letztere die Elektrizität zur Steuerung vom Stellwerke aus, die Prefsluft zur Bewegung von Weichen und Signalen benutzen, bei ersteren beide Aufgaben durch Prefsluft erfüllt werden. Ausgeführt und im Bau sind folgende Anlagen dieser Art: in Buffalo, New-York-Central-Bahn; Grove Street, Jersey City 59 Hebel; Suspension-Bridge, N. Y., New-York-Central und Hudson-Flufs-Bahn 48 Hebel; Grand Central Station, New-York City 176 Hebel; Chicago, Chicago- und West-Indiana-Bahn 40 und 48 Hebel; Chicago, Grand Central Depot, Chicago Transfer- und Terminal-Bahn 80 Hebel.

Die Leitungen sind in der Ruhestellung für die Außenluft offen, die Steuerung vom Stellwerke aus geschieht mit 0,5 at, die Bewegung der Weichen und Signale mit 1 at Ueberdruck.

Eine besondere Eigenthümlichkeit dieser Stellwerke besteht noch darin, daß nur die erste Hälfte der Hebelbewegung durch den Wärter, die zweite aber, wenn alles in Ordnung ist, selbstthätig erfolgt, und durch ihre Beendigung dem Wärter anzeigt, daß die Stellung sich ganz vollzogen hat.

Die Art und Weise der Weichenstellung ist in Abb. 1, Taf. XXXV dargestellt, in der S die Zungen,  $s^1$  den Weichenriegel, s die Schubstange, M die Kuppelplatte mit der Stellvorrichtung, C den Stellzylinder, D das Rückmeldeventil, R Steuerventile mit Biegehaut, L den Stellschieber,  $L^2$  den Luftvertheilung-Schieber, J und  $J^2$  Rückmeldezylinder, H den Stellwerksriegel, X den Luftbehälter und die Luftleitung bezeichnen. Die Steuer- und Rückmelde-Leitungen haben 12<sup>mm</sup> Durchmesser, die Weite der Kraftleitungen wird jedesmal der Zahl der zu bedienenden Weichen und Signale angepaßt.

Um eine Weiche zu stellen, zieht der Wärter L nach links aus, was jedoch nur möglich ist, wenn der Riegel H vorher durch die entsprechenden Stellungen frei gemacht ist, denn dieser Riegel muß gleich bei Beginn der Bewegung durch den schrägen Anfang des Schlitzes in L verstellt werden; gleichzeitig wird der Kolben des der Außenluft durch  $R^2$  geöffneten Rückmeldezylinders J durch den schrägen Anfang des zweiten Schlitzes in L eingedrückt, der Kolben von  $J^2$  bleibt wegen der wagerechten Gestalt des entsprechenden Schlitztheiles unverändert, doch hemmt der Führungstift an der Kolbenstange  $J^2$  die Bewegung von L, sobald er am rechten Ende des wagerechten Schlitztheiles angelangt ist; der Schieber hat dann die Hälfte seines wagerechten Weges zurückgelegt. Hierbei ist  $L^2$  so eingestellt, daß nun Prefsluft aus X in die Steuerleitung a eintritt, durch welche das Biegehautventil  $R^5$  die Luftleitung X mit dem rechten Ende des Stellzylinders C verbindet, dessen Kolben nun nach links gehend die Kuppelplatte M verschiebt.

\*) Organ 1890, S. 243; 1891 S. 35; 1896, S. 57; 1900, S. 124.

Der erste Theil dieser Bewegung hat keine Verstellung der Zungen zur Folge, zieht dagegen den Riegel  $s^2$  aus der Riegelstange  $s^1$  und verstellt das Schieberventil D so, daß die vorher von  $e_1$  abgeschlossene Zuleitung  $d_1$  von  $R^5$  von  $e_1$  abgeschlossen bleibt, die vorher mit  $e_2$  verbundene Zuleitung  $d_2$  von  $R^4$  von  $e_2$  abgeschlossen wird.  $d_2$  steht durch das nicht bethätigte Biegehautventil mit der Außenluft in Verbindung. Der mittlere Theil der Bewegung von M hat die Umstellung der Weiche zur Folge, läßt aber D unbeeinflusst, der letzte Theil hat keinen Einfluß auf die Weiche, läßt  $d_2$  von  $e_2$  abgeschlossen, verbindet aber  $d_1$  mit  $e_1$ . Daher geht nun die durch das noch entsprechend stehende Ventil  $R^5$  kommende Luft durch  $d_1$ ,  $e_1$  nach  $R^3$ , schließt mittels Biegehaut  $J^2$  von der Außenluft ab und läßt Prefsluft aus X unter den Kolben  $J^2$  treten, der sich also hebt und mittels des Stiftes an der Kolbenstange und des schrägen Schlitzes in L nun den Hub von L vollendet. Bevor aber  $d_1$  durch D mit  $e_1$  so verbunden wurde, hatte sich die zweite Leiste  $s^3$  auf M in den Riegel  $s^1$  geschoben und die Weiche verriegelt.

Bei dieser selbstthätigen Beendigung des Hubes von L, die zwei bis drei Sekunden nach der Einleitung durch den Wärter erfolgt, stellt sich  $L^2$  so, daß a mit der Außenluft verbunden wird,  $R^5$  also die Prefsluft vom rechten Ende von C abschließt, dieses und  $d_1$   $e_1$  aber mit der Außenluft verbindet. Zugleich bewirkt der Riegel H die Verriegelung aller von der Weiche abhängigen Theile, oder giebt die Theile frei, die nach der Weiche gestellt werden sollen. Diese Abhängigkeiten werden durch die gewöhnlichen Verschlussgitter hergestellt. Die Leitungen a, b,  $d_1$   $e_1$  und  $d_2$   $e_2$  sind bei  $L^2$ ,  $L^2$ ,  $R^5$  und  $R^4$  mit der Außenluft in Verbindung,  $d_2$  ist von  $e_2$  bei D getrennt. J ist bei  $R^2$ ,  $J^2$  bei  $R^3$  mit der Außenluft verbunden. Die Rückstellung erfolgt umgekehrt unter folgenden Vorgängen:

L wird halb nach rechts zurückgeschoben, dabei  $J^2$  niedergedrückt, der anderweit frei gemachte Riegel H halb verschoben, bis der Stift von J links an das Ende des wagerechten Schlitzes von L stößt;

dadurch ist b mit X verbunden,  $R^4$  schließt also  $d_2$  und das linke Ende von C ab und füllt aus X mit Prefsluft, so daß der Kolben C mit der Kuppelplatte M zurückgeht;

hierbei wird  $s^3$  aus  $s^1$  gezogen,  $d_2$  bleibt von  $e_2$  abgeschlossen,  $d_1$  wird von  $e_1$  getrennt, die Weiche wird zurückgelegt,  $d_2$  mit  $e_2$  verbunden;

daher strömt Luft von  $R^4$  durch  $d_2$   $e_2$  nach  $R^2$  und verbindet J mit X, so daß der Kolben J den Schieber L ganz nach rechts bringt und  $L_2$  auch b wieder mit der Außenluft verbindet, so daß  $R^4$  die Prefsluft von C links,  $d_2$  und  $e_2$  abschließt, diese aber mit Außen verbindet.

Damit ist der erste Zustand wieder hergestellt.

Die Signalstellung ist in Abb. 2, Tafel XXXV dargestellt.

Steht das Signal wagerecht, auf »Halt«, so sind die Leitungen e und n im Steuerventile B beide in  $R^2$  mit außen verbunden. Wird Schieber L nach Befreiung des Riegels H nach links gezogen, so tritt in  $L^2$  Luft aus X in a,  $R^3$  schließt mit der Biegehaut das Unterende von  $A^2$  von außen ab und läßt Luft aus X unter den Kolben, so daß sich der Flügel senkt, also »Fahrt« giebt. Der Beginn dieser Flügelbewegung trennt e und n mittels  $A^3$ , der Schluß dieser Bewegung hat mittels H die nöthigen Verriegelungen bewirkt. Die »Fahrt«-Stellung ist damit beendet, sie wird nicht durch selbstthätige Weiterbewegung von L zurückgemeldet, weil der Wärter bezüglich des thatsächlichen Eintretens der »Fahrt«-Stellung nicht vergewissert zu werden braucht. Kolben J ist hierbei niedergedrückt, da er bei  $R^1$  mit der Außenluft in Verbindung war. Die Rückstellung auf »Halt« erfolgt durch Zurückdrücken von L nach rechts um den halben Weg nach Befreiung und unter halber Verstellung des Riegel H. Nun ist b mit X, a mit außen verbunden,  $R^2$  läßt nun an X gelegt Prefsluft über den Kolben  $A^2$ , der Schluß der Bewegung verbindet e wieder mit n, Luft strömt durch n nach  $R^1$ , wo nun Luft aus X unter den Kolben J strömt, dieser steigt an, vollendet die zweite Hälfte der Verschiebung von L nach rechts selbstthätig und macht auch b nach außen wieder frei, so daß die Prefsluft bei  $R^2$  vom Oberende von  $A^2$  abgeschlossen wird. H verringert und befreit alles nöthige. Die »Halt«-Stellung wird also selbstthätig zurückgemeldet.

Auf Leitungslängen von  $150^m$  ist ein Zeitverbrauch für die Fortpflanzung der Pressung noch nicht festzustellen. Der Weg der Biegehäute in den Steuerventilen beträgt nur etwa  $6^mm$ . An den Schiebern sind unabhängig von der Leitungslänge nur ganz geringe Reibungswiderstände zu überwinden, die Bedienung erfordert also fast keine Kraft.

Da der Wärter nicht auf die Rückmeldung zu warten braucht, um dann die zweite Hälfte der Schieberstellung selbst zu bewirken, so kann er sich nach Einleitung einer Umstellung sofort zum nächsten Schieber begeben und diesen in dem Augenblicke schon bewegen, wo sich die zweite Hälfte des Hubes am vorhergehenden als Rückmeldung selbstthätig vollzieht. Da erhebliche Kraft mittels der Schieber nicht geäußert werden kann, so haben die Theile des Verschlussgitters nur sehr geringe Abmessungen und beanspruchen nur wenig Platz, die Stellwerke gestatten also sehr gedrängten Bau.

Die Luft strömt durch eine Kühlvorrichtung zur Fällung der Feuchtigkeit, obwohl das bei den geringen verwendeten Pressungen kaum erforderlich scheint.

Bisher arbeiten diese Stellwerke zu voller Zufriedenheit, Abnutzungen sind nicht zu erkennen, die Unterhaltung des großen Stellwerkes in Buffalo kostete 16,8 M. im Jahre. Alle Theile sind auswechselbar, so daß keine erheblichen Unterbrechungen des Betriebes vorkommen können.

## Maschinen- und Wagenwesen.

### Druckluftwerkzeuge mit Trägheitsschieber.

(Railroad Gazette, 15. Juni 1900, S. 393. Mit Abbild.)

Die Quelle bringt eine geschichtliche Entwicklung der Druckluftwerkzeuge und eine Beschreibung des Drucklufthammers von Albree, der einen durch Trägheit wirkenden Schieber besitzt.

A.

### Rauchkammeranordnung von Turner.

(Railroad Gazette, 15. Juni 1900, S. 388. Mit Abbild.)

Hierzu Zeichnung Abb. 12, Tafel XXXV.

In neuerer Zeit werden in Amerika statt der früher beliebten, sehr langen Rauchkammern solche von mäßiger Länge gebaut. Eine solche von dem Maschinendirektor Turner der Fitchburg-Bahn entworfene Rauchkammer zeigt Abb. 12, Tafel XXXV. Sie ist nur wenig über 1 m lang, der 381 mm weite Schornstein hat in der Rauchkammer eine Verlängerung, die bis dicht über den Bläserkopf hinabreicht und die Zwischendüsen (petticoat pipe) ersetzen soll. Die Ablenkplatte a (Abb. 12, Tafel XXXV) geht ziemlich tief hinab; von ihrem untern Ende erstreckt sich der Funkenfänger b bis in die vordere obere Ecke der Rauchkammer.

Lokomotiven, die mit dieser Rauchkammeranordnung ausgestattet sind, haben in Bezug auf Dampfentwicklung und Heizstoffverbrauch sehr gute Ergebnisse geliefert.

A.

### Neue Kohlenwagen von 36 t Tragfähigkeit der Norfolk and Western-Bahn.

(Railroad Gazette, 15. Juni 1900, S. 386. Mit Abbild.)

Da die eisernen Kohlenwagen schon nach kurzer Betriebszeit durch in den Kohlen enthaltene Säuren und die Feuchtigkeit stark beschädigt wurden, haben verschiedene Bahnen Kohlenwagen mit eisernen Gestellen, aber hölzernen Böden und Seitenwänden gebaut. Bei derartigen Wagen der Norfolk and Western-Bahn haben die Seitenwände ein als Gitterträger ausgebildetes Gerippe von  $\Gamma$ -Eisen; die hölzernen Seitenwände konnten erheblich dünner gemacht werden als sonst, da sie nicht mehr als Langträger dienen. Ein solcher Wagen von 36 t Tragfähigkeit wiegt 14,5 t. Die Länge des Wagens zwischen den Bufferbohlen ist 11,138 m, die Breite zwischen den Seitenschwellen 2,768 m, die Höhe der Seitenwände 1,372 m. Nach dieser Anordnung sollen 1000 Wagen für die Norfolk and Western-Bahn gebaut werden.

A.

### Lüftungseinrichtung bei Personenwagen der Pennsylvania-Bahn.

(Railroad Gazette, 9. Februar 1900, S. 82. Mit Abbild.)

Hierzu Zeichnungen Abb. 8 und 9, Tafel XXXV.

Die Pennsylvania-Bahn hat bei ihren Personenwagen eine neue Lüftungseinrichtung eingeführt. Durch Dachaufsätze a

an den beiden Enden des Wagens gelangt frische Luft in eine Leitung b, durch welche sie unter den Boden des Wagens in einen Raum c geführt wird, der sich über die ganze Länge des Wagens erstreckt. Aus diesem Raume gelangt die Luft durch Oeffnungen im Boden in Heizkörper d, wo sie erwärmt wird, und von wo aus sie unter den Sitzen in das Innere des Wagens strömt. Die verbrauchte Luft wird durch Luftsauger ins Freie befördert. Die Regelung des Luftzutrittes erfolgt durch Schieber in den Aufsätzen, die vom Innern des Wagens aus gestellt werden.

Von vornherein herrschte bei den Ingenieuren der Pennsylvania-Bahn die Ueberzeugung, das es am vortheilhaftesten sei, die Lüftung mit der Heizung zu verbinden, doch waren erst viele Versuche nöthig, ehe man dazu gelangte, in einem Wagen, der 60 Personen faßt, zu allen Jahreszeiten gute, von Rauch und Dunst freie und doch genügend warme Luft zu erhalten. Man rechnet im Allgemeinen, das eine gute Lüftung 85 cbm/St. frische Luft für 1 Person erfordert, also für 60 Personen 5100 cbm/St. Es liefs sich jedoch nicht erreichen, eine solche Menge Luft genügend vorzuwärmen; man begnügte sich schließlich mit 1700 cbm/St. und es zeigte sich, das auch damit eine befriedigende Lüftung erzielt wurde. Seit etwa einem Jahre sind bei der Pennsylvania-Bahn Wagen mit dieser Lüftungseinrichtung in Gebrauch; sie waren bei der stärksten Winterkälte genügend warm und bei warmem Wetter besser gelüftet, als solche ohne die Lüftungseinrichtung.

A.

### Neuere Lokomotiven in Frankreich.

(Engineering, 29. Juni 1900, S. 849. Mit Abbild.; und Engineer, Juni 1900, S. 678. Mit Abbild.)

In Frankreich sind jetzt über 800 vierzylindrige Verbund-Lokomotiven der Bauart de Glehn in Gebrauch. Die Hauptabmessungen, Skizzen und Besonderheiten der einzelnen Gattungen werden angegeben.

A.

### Beleuchtung der Eisenbahnzüge.

(Bulletin de la commission internationale du congrès des chemins de fer 1900, Mai, S. 2115, August, S. 5369.)

Der Aufsatz behandelt mit zahlreichen ausführlichen Abbildungen und Zusammenstellungen die verschiedenen Beleuchtungsmittel für die Eisenbahnzüge in den nicht zum Vereine deutscher Eisenbahnverwaltungen gehörigen Ländern.

Anfänglich war aufer den Laternen vorn an der Lokomotive und am Schlusse der Züge überhaupt keine weitere Beleuchtung vorhanden, da die Züge ausschliesslich zur Güterbeförderung dienten. Erst nach Einführung des Verkehrs von Reisenden rüstete man die Wagen mit Lampen aus. Man nahm hierzu Oellampen mit Flachbrennern, denen Rüböl durch einen Docht zugeführt wurde. Die Lichtstärke der Lampen war nicht groß, sie betrug im Mittel 0,4 Hefner-Einheiten.



Man ersetzte daher den Flachbrenner durch einen Rundbrenner und erhöhte seine Leuchtkraft durch einen Zylinder und Einführung bessern Brennöles, des Erdöles, das auch bei größerer Kälte dünnflüssig blieb. Die Lichtstärke betrug nun im Mittel 0,75 Hefner-Einheiten.

Da den Oellampen noch mancherlei Uebelstände anhafteten, ging man zur Gasbeleuchtung über. Fast allgemein wurde die Bauart Pintsch, zum Theil mit kleinen Abänderungen für die Lampen, gewählt. Verwandt wird Fettgas, das bei Anwendung eines Manchesterbrenners und bei stündlichem Verbräuche von 25 l eine Lichtstärke von 0,7 bis 1,2 Hefner-Einheiten lieferte. Eine für 30 bis 35 Brennstunden genügende Menge Gas wird in schmiedeeisernen Trommeln auf oder unter dem Wagen mitgeführt. Das Gas wird in besonderen Gasanstalten in bekannter Weise hergestellt.

Die stündlichen Kosten eines Brenners, der 25 l/St. verzehrt, betragen 1,3 Pfennige, für große Rundbrenner der Salonwagen bei 45 bis 60 l/St. 2,3 bis 3,3 Pfennige. Schlägt man die Kosten für die zur Unterhaltung, Füllung und Untersuchung der Wagen nöthige Bedienungsmannschaft hinzu, so erhöhen sich diese um 0,4 Pf. für die Lampe und Brennstunde. Die Einführung des Auerlichtes bewährte sich nicht, da die Glühstrümpfe auf die Dauer nicht gegen Beschädigungen durch die den Wagen und die Lampen reinigenden Leute geschützt werden konnten.

Bessern Erfolg hatte man mit der Acetylgasbeleuchtung, die versuchsweise zuerst im Jahre 1897 auf der Berliner Stadtbahn eingeführt und dann allgemein gebraucht wurde. Gut bewährt hat sich die Mischung von 33% Acetylen- und 67% Fettgas. Rein wird das Acetylgas wegen der bei dem nöthigen Drucke vorhandenen Zersetzungsgefahr nicht verwandt. Um stets das richtige Mischungsverhältnis zu erzielen, werden die Trommelwellen der Gasuhren für die beiden Gasarten in den Gasanstalten durch Galle'sche Ketten mit entsprechender Uebersetzung gekuppelt.

In der letzten Zeit hat man versucht, das elektrische Licht für die Beleuchtung der Züge verwendbar zu machen. Gewöhnlich wird der zur Beleuchtung erforderliche Strom aus Speicherbatterien von 6 bis 12 Zellen entnommen, die meistens unter dem Wagenfußboden angeordnet sind. Die Entladungsspannung schwankt bei den verschiedenen Bauarten zwischen 16 und 30 Volt bei 30 bis 36 Stunden Entladung.

Die Ladung der Speicher geschieht entweder am Wagen mittels Zuleitungskabel aus der Kraftstation, oder in einem besonderen Raume der letztern, was wegen besserer Beobachtung der Speicher bei der Ladung vorzuziehen ist.

Die einzelnen Zellen werden in diesem Falle aus dem Kasten unter dem Wagen herausgenommen, in besonders gebaute Handwagen gestellt und zur Ladung in die Kraftstation gebracht. Von den 15 Verwaltungen, die ihre Bahnwagen mittels Speicherbatterien elektrisch erleuchten, laden sechs die Speicher an Ort und Stelle, acht bringen sie in die Kraftanlage. Eine Speicherbatterie speist 14 Lampen zu je acht Normalkerzen während 35 Stunden bei 16 Volt Spannung.

In einigen wenigen Fällen wird auch der Kraftbedarf einer im Gepäckwagen untergebrachten Speicherbatterie ent-

nommen. Dies ist aber nur dann zweckmäßig, wenn die Wagen immer in Zügen bestimmter Zusammensetzung und längerer Fahrdauer verkehren, wie auf einigen Linien der amerikanischen Bahnen. Einige Züge aus sechs bis sieben Wagen bestehend mit 45 bis 50 Lampen durchlaufen hier Strecken von 1600 km Länge.

Die Einrichtung und Unterbringung der Speicher ist bei allen Verwaltungen so ziemlich dieselbe. Die Kasten für die Aufnahme der Zellen sind so eingerichtet, daß der Schluß mit den Speiseleitungen sich selbstthätig herstellt. Von den Polen des Speichers führt die Speiseleitung längs der Seitenwände des Wagens auf das Dach zu den Lampen.

Einige Bahnen haben besondere Hülfspeicher für den Fall des Versagens der gewöhnlichen, sowie auch in jedem Abtheile doppelte Lampen. Versagt die eine Lampe, so wird die zweite durch einen in ihr befindlichen Elektromagneten in den Stromkreis eingeschaltet. Beide Lampen befinden sich in den beiden Stromkreisen der Speicherbatterien. Statt der zweiten elektrischen Lampe werden auch wohl Oellampen oder Kerzen zur Nothbeleuchtung vorgesehen. Der Stand der Entladung wird durch einen außerhalb des Wagens angebrachten Ladungsmesser angezeigt, dessen Zeiger bei voller Ladung auf dem Nullpunkte der Gradtheilung steht.

Der Selbstkostenpreis für die Beleuchtung ist bei den einzelnen Verwaltungen sehr verschieden, er schwankt zwischen 1,2 und 8 Pf./St. für die Lampe.

So angenehm auch diese Beleuchtungsart ist, so hat sie doch nicht allen Anforderungen des Betriebes gerecht werden können. Das Laden der Speicher ist zu umständlich und zeitraubend, namentlich bei kurzen Aufenthalte, und wo die Ladung wegen langer zu durchlaufender Strecken groß sein muß. Daher sind einige Bahnen wieder zur Gasbeleuchtung zurückgekehrt.

Andere haben versucht, die Lampen nicht durch Speicherbatterien ausschließlic, sondern unter Zuhülfenahme einer von der Wagenachse angetriebenen Stromerzeugungsmaschine zu speisen.

Heute sind verschiedene Ausführungen dieses Gedankens in Anwendung und zwar die Bauarten »Stone«, »Avert« und von »Dick«. Sie beruhen alle auf demselben Grundgedanken, den Strom während der Fahrt dem Stromerzeuger und während des Aufenthaltes der mitgeführten Speisebatterie von geringer Ladefähigkeit zu entnehmen. Sie unterscheiden sich nur durch die Art, wie der Strom für die Speisung der Lampen geregelt wird.

Bei der Bauart Stone hat jedes Fahrzeug eine von der Achse angetriebene Stromerzeugungsmaschine, die am Untergerüste so aufgehängt ist, daß ein bestimmter Theil ihres Gewichtes den Riemen spannt. Das überschießende Gewicht wird durch Gegengewichte ausgeglichen. Außerdem enthält jeder Wagen eine Speicherbatterie nebst selbstthätigen Schaltervorrichtungen, um die Stromrichtung von der Fahrriichtung unabhängig zu machen. Bei geringen Geschwindigkeiten werden die Lampen von der Batterie, bei größeren von Batterie und Maschine gespeist. Steigt die Geschwindigkeit noch mehr, so speist die Maschine die Lampen und ladet mit dem Ueber-

schusse die Batterie. Hat die Fahrgeschwindigkeit eine bestimmte Grenze erreicht, so fängt der Treibriemen der Maschine an zu gleiten, da dann der bestimmte Bruchtheil ihres Gewichtes nicht mehr genügt, die entsprechende Riemenspannung hervorzubringen. So kann der Anker nur mit einer gewissen höchsten Umlaufzahl laufen, also kann die Stromstärke nur bis zu einer gewissen Grenze anwachsen.

In anderer Weise sucht Auvert, Ingenieur der Paris-Lyoner Mittelmeerbahn, die Aufgabe zu lösen. Jeder Wagen enthält auch hier eine von der Wagenachse angetriebene Stromerzeugungsmaschine, eine Speicherbatterie, eine als Stromregler dienende Antriebsmaschine nebst verschiedenen selbstthätigen Schaltvorrichtungen zum Umschalten der Verbindungen und zum Einschalten von Widerständen vor den Lampen. Der Stromerzeuger ist eine zweipolige Maschine im Kastengehäuse, die bei 700 Umläufen und 35 Volt 40 Ampère liefern kann. Ihr Magnetschenkel wird durch zwei Spulen erregt. Die eine ist mit der Speicherbatterie verbunden und erhält Strom je nach der Umlaufzahl des Ankers aus dem Speicher oder aus der Maschine. Die andere ist an die Klemmen des Reglers angeschlossen und so gewickelt, daß ihre Wirkung der der ersten Spule entgegengesetzt ist. Während der Zeit, wo die Spannung an den Klemmen der Maschine geringer ist als die der Batterie, wird die erste Spule von der Batterie erregt, die dann auch gleichzeitig die Lampen speist. Nimmt die Geschwindigkeit des Zuges und damit auch die Klemmspannung an der Maschine zu, so erregt der Ankerstrom die Spule, wobei sich die Schaltung selbstthätig herstellt. Die Lampen werden von Batterie und Maschine gespeist.

Steigt die Geschwindigkeit und damit die Stromstärke, so

wird die Batterie durch den Ueberschufs geladen. Ein übergroßes Anwachsen der Stromstärke wird durch den Regler verhütet. Dieser ist ein kleiner zweipoliger Antrieb mit Kohlenbürsten, der nur bei einer gewissen Stromstärke von 33 Ampère, die ihm die Erregermaschine liefert, anzulaufen vermag. Zu diesem Zwecke trägt sein Anker an beiden Enden noch Bronzescheiben, auf die ein zweites Paar Kohlenbürsten als Bremsen wirken. Diese sind durch Federn so eingestellt, daß der Widerstand des Ankers gegen Drehung seinem Drehmomente bei 33 Ampère gleich ist. Hat aber die ihm aus der Erregermaschine zugeschickte Stromstärke diese Höhe erreicht, so läuft er an und drückt durch die im Anker entstehende elektromotorische Gegenkraft, die auf die zweite Spule der Hauptmaschine einwirkt, die Spannung dieser Maschine herunter, so daß die Stromstärke eine bestimmte Grenze nicht überschreiten kann. Das Gewicht der Ausrüstung beträgt für einen Personewagen rund 580 kg, der Preis ungefähr 2000 M. Nach Versuchen auf der Strecke Paris-Nizza belaufen sich die Kosten der Anlage und Unterhaltung auf 2,8 Pf./St. für die Lampe.

Eine dritte Lösung der Frage ist von Dick versucht. Hier ist die Dynamomaschine im Packwagen untergebracht, die ihren Antrieb ebenfalls von der Achse erhält und gemeinsam mit einer Speicherbatterie das ganze Leitungsnetz mit Strom versorgt. Selbstthätige Schaltvorrichtungen, sowie Regelwiderstände befinden sich ebenfalls hier. Die Anordnung ist jedoch zweckmäßig nur für Züge mit langer Fahrtdauer und solche, die mit unveränderter Zusammensetzung verkehren.

Ausführlichere Angaben über Preis und Bauart der einzelnen Gegenstände sind in den am Schlusse des Artikels angefügten Zusammenstellungen enthalten. R—1.

## B e t r i e b .

### Geschwindigkeiten der Güterzüge auf der Northern Pacific-Bahn.

(Railroad Gazette, 2. März 1900, S. 130.)

Auf der Northern Pacific-Bahn sind von dem Oberingenieur E. H. Mc. Henry während mehrerer Jahre Versuche zur Feststellung der günstigsten Geschwindigkeit für Güterzüge angestellt. An der Hand von Zusammenstellungen und bildlichen Darstellungen wird über die Ergebnisse dieser Versuche berichtet.

Die Anwendung hoher Geschwindigkeiten macht erhebliche Verringerungen der zu befördernden Lasten bei gleicher Lokomotivleistung nothwendig. Während bei 18,8 km/St. 32 vollbeladene Wagen befördert werden konnten, betrug diese Zahl bei 56 km/St. Geschwindigkeit nur 7; die Lokomotive leistete in beiden Fällen 400 P. S. Es waren also 4,6 Züge erforderlich, um die gleiche Last zu befördern; und die Beförderungskosten betragen ebenfalls das 4,6 fache.

Die günstigsten Bedingungen können also nur erreicht werden, wenn die zu befördernde Last auf der stärksten Steigung der größten Zugkraft der Lokomotive entspricht und zugleich

die Geschwindigkeit der verfügbaren Lokomotivleistung angepaßt wird. Daraus folgt, daß keine Durchschnitts-Geschwindigkeit an sich als die günstigste bezeichnet werden kann. Zwei verschiedene Strecken können dieselbe steilste Steigung haben; aber während die Steigungen auf der einen wechseln, sind sie auf der andern andauernd. Bei bestimmter Maschinenleistung muß dann die Geschwindigkeit im zweiten Falle geringer sein, wenn die Zuglast die gleiche sein soll. Man hat daher die Strecken eingetheilt in solche, bei denen die Zuglast durch Zylinder-Zugkraft und Reibungsgewicht der Lokomotive, und solche, bei denen sie durch die Leistung des Kessels bestimmt wird.

Da es sich ergab, daß bei den älteren Lokomotiven das Reibungsgewicht bei der fahrplanmäßigen Geschwindigkeit nicht voll ausgenutzt wurde, hat man die Maschinenleistung bei neueren Lokomotiven vergrößert, und konnte nun das Reibungsgewicht voll ausnutzen und gröfsere Lasten befördern. A.

### Versuche mit Luftdruckbremsen auf starken Gefällen.

(Railroad Gazette, 27. April 1900, S. 266. Mit Schaubild.)

Bei einer Bahn im Westen der Vereinigten Staaten wurden auf den starken Gefällen der Felsengebirge Versuche mit Luftdruckbremsen angestellt, deren Ergebnisse von der Westinghouse Air Brake Company in einer besondern Schrift veröffentlicht sind.

Mit dem letzten Bremswagen des Zuges war ein Messwagen verbunden, der eine Vorrichtung zum Aufzeichnen der Geschwindigkeit, zwei den Luftdruck aufzeichnende Druckmesser, von denen der eine mit der Luftleitung, der andere mit dem Luftdruckzylinder des Versuchswagens verbunden war, einen einfachen, mit dem Hülfluftbehälter verbundenen Luftdruckmesser und einen Gleitungsmesser enthielt. Die Lokomotiven

waren mit Luftpumpen von 241<sup>mm</sup> Zylinderdurchmesser und großen Hauptluftbehältern versehen.

Die Versuche haben gezeigt, daß es vortheilhaft ist, bei langen, schweren Zügen, besonders im Gefälle, Luftpumpen von großem Durchmesser und große Hauptluftbehälter anzuwenden. Bei verschiedenen der Versuche wäre die erzielte Leistung unter Anwendung der früher verwendeten kleinen Luftpumpen und Hauptluftbehälter ohne Verwendung der Handbremsen nicht möglich gewesen. Auf einem 16 km langen Gefälle von 20<sup>0/100</sup> schwankte die Geschwindigkeit nur zwischen 24 und 32 km/St. Dieses günstige Ergebnis war neben dem richtigen Verhältnisse zwischen Bremskraft und Zuglast hauptsächlich den neuen Druckhaltungsventilen zu verdanken, welche 1 at halten sollten, aber 1,2 at hielten. Die alten Ventile, welche 0,7 at halten sollten, hielten nach längerem Gebrauche nur noch 0,5 at. A.

## Technische Litteratur.

**Kalender aus J. F. Bergmann's Verlag für 1901, Wiesbaden.**

1. Kalender für Eisenbahntechniker. Begründet von E. Heusinger von Waldegg. Neu bearbeitet unter Mitwirkung von Fachgenossen von A. W. Meyer, Kgl. Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor bei der Direktion Hannover. 28. Jahrgang 1901. Preis 4,0 M.
2. Kalender für Strafsen- und Wasserbau- und Cultur-Ingenieure. Begründet von A. Reinhard. Neu bearbeitet von R. Scheck, Königl. Baurathe in Stettin. 28. Jahrgang 1901. Preis 4,0 M.

Das Kalender-Geschwisterpaar hat in diesem Jahre in wichtigen Bestandtheilen erhebliche Umarbeitungen erfahren und ist auch in den nicht umgearbeiteten Abschnitten zeitgemäß ergänzt. Das frühzeitige Erscheinen, das die rechtzeitige Einrichtung auf die persönlichen Gewohnheiten und Bedürfnisse vor Jahresanfang erleichtert, wird den alten Freunden ein besonders frohes Willkommen bereiten.

**Fehland's Ingenieur-Kalender 1901.** Für Maschinen- und Hütten-Ingenieure herausgegeben von Th. Beckert und A. Pohlhausen. 23. Jahrgang. Berlin, J. Springer. Preis 3,0 M.

Wie die beiden vorgenannten auf ihren Gebieten, hat sich auch dieser Kalender auf dem des Maschinenbaues nun an den Erfahrungen einer langen Reihe von Jahren zu bester Bewährung herangebildet. Er wird auch im neuen Jahre, in allen wichtigen Punkten in geeigneter Weise ergänzt, eine wirksame Stütze des Maschinen-Ingenieurs beim Entwerfen und im Betriebe sein.

**Tiefbauzeichnungen.** Vorschule für das Fachzeichnen im Tiefbauwesen. 32 Vorlegeblätter für den Unterricht an Baugewerk- und Tiefbauschulen, gewerblichen Fortbildungs-, Fach- und Handwerkerschulen entworfen und gezeichnet von Ingenieur J. Hoch, Oberlehrer an der Baugewerkschule in Lübeck. Hannover 1900, Gebrüder Jänecke. Preis 13,50 M.

Die dem Gebiete des städtischen Bauwesens, den Kanälen, Leitungen, Strafsenbefestigungen, Erdarbeiten, dem Strafsenbau, den Strafsenbahnen u. s. w. entnommenen Vorlagen sind in schwarzem Umdrucke, großen Maßstäben und einfacher, übersichtlicher Behandlungsweise dargestellt. Der Atlas dürfte nicht nur seine Aufgabe als Vorlage beim technischen Zeichenunterricht erfüllen, sondern in vielen Fällen auch zur Entnahme von Mustern bei Ausführung städtischer Bauten benutzbar sein.

**Generatoren, Motoren und Steuerapparate für elektrisch betriebene Hebe- und Transportmaschinen.** Unter Mitwirkung von Ingenieur E. Veessenmeyer herausgegeben von Dr. F. Niethammer, Oberingenieur. Berlin, J. Springer; München, R. Oldenbourg, 1900. Preis gebunden 20,0 M.

Mit Recht weist der Verfasser auf die in neuester Zeit schnell wachsende Bedeutung guter Hebezeuge hin, da die Lasten ebenso, wie die geforderten Hubhöhen fortwährend wachsen. Das vorliegende, höchst sorgfältig ausgestattete Werk behandelt solche und unter dem Namen Transportmaschinen bewegliche Kräne, Förder-, Lade- und Entlade-Einrichtungen, Schiffshebewerke, Antriebe für Schleusenthore, Spille, Schiebebühnen und Drehscheiben in steter Anlehnung an vorliegende Ausführungen zunächst bezüglich der Wahl, Theorie und Durchbildung der Antriebe, dann auch bezüglich deren Einbau in ein Gerüst, Gebäude u. s. w. zum Zwecke der Erzielung des Gesamtwerkes, dabei überall besonderes Gewicht auf Gang-erleichterung, Regelung und Bremsung legend. Wirkungsweise und Wirkungsgrad der Antriebe werden dabei stets eingehend erörtert, um das Verhältnis einer bestimmten Anordnung zur vorliegenden Aufgabe in wirthschaftlicher Beziehung klar zu stellen, kurz die Behandlung des reichen Stoffes ist eine so gründliche und alle, auch die äußeren Umstände, wie Ausführungsformen der einzelnen Werke, berücksichtigende, daß voller Aufschluß über die Fragen derartiger Entwürfe daraus ent-

nommen werden kann. Wir empfehlen das Buch den an der Erbauung und Benutzung von Hebe- und Förder-Werken Theilhabenden angelegentlichst.

**Bilder vom Rhein** von E. Sonne, Leipzig, 1898. W. Engelmann. Preis 2,50 M.

Freundliche, lehrreiche und anregende Bilder aus alter und neuer Zeit bietet uns der auf dem Gebiete der Verkehrswissenschaften bekannte Verfasser hier von der uralten Völker-Heerstrasse des Rheines, die wir mit grossem Vergnügen an uns vorüberziehen liessen. Von der den Riesen des Hochgebirges entströmenden Quelle folgend dem majestätischen Laufe durch blühende Länder, über die Natur und Kultur ihren reichsten Segen ausgegossen haben, bis zu den dem Meeresverkehre offenen Mündungen schildert uns der Verfasser in Wort und Bild den Strom selbst und das zu allen Zeiten reiche und frohe Leben an seinen Ufern, manchen Wink einfluchtend darüber, was zur Hebung der Wohlthaten dieser Wasserstrasse für den Verkehr geschehen ist, und welche Schlüsse aus den Erfahrungen auf die noch zu lösenden Aufgaben gezogen werden können. Der Verfasser liefert uns den Beweis, dass technische Dinge nicht, wie vielfach geglaubt wird, mit trocken wissenschaftlicher Behandlungsweise unabänderlich verbunden sind, sondern dass sie sich sehr wohl auch für die Allgemeinheit anregend und genussreich schildern lassen. Möchte das Buch allseits Anklang, und in der bezeichneten Richtung auch bezüglich anderer allgemein-wirtschaftlicher Gegenstände vielfach Nachahmung finden.

**Zerlegbares Modell der Compound-Lokomotive** von Ingenieur A. Richter. Leipzig 1900, E. Wiese Nachf. Preis 5,50 M.

Es handelt sich um die Darstellung der Verbundlokomotive mit allen inneren Einrichtungen durch Uebereinanderklappen von ausgeschnittenen Kartenblättern mit Darstellung der Einzeltheile in Ansicht oder Längsschnitt, wodurch die Lage der Theile zu einander sowohl in der Längs- als auch in der Querrichtung klar wird. Durch Abheben der durch Ankleben neben der Abbildung festgelegten Klappen, auf denen für bestimmte Einzeltheile immer dieselbe Farbe verwendet ist, kann man die Lokomotive von der Kesselbekleidung befreien, die innern Lauf- und Triebwerktheile der Reihe nach blosslegen, den Kessel längs durchschneiden u. s. w. Eine kurze Beschreibung ist dieser Modelltafel vorgeheftet.

Der Verlag stellt unter Leitung desselben Verfassers ebensolche Darstellungen anderer wichtiger Einrichtungen und Maschinen technischer Betriebe her, die auch dem Laien leichten Einblick in das Wesen der fertig oft räthselhaft erscheinenden Anordnungen gewähren.

**Fünfundzwanzig Jahre bei der Grossen Berliner Pferdebahn.** Von J. Fischer-Dick, Königlicher Baurath in Berlin. Wiesbaden 1898, J. F. Bergmann.

Etwa zwei Jahrzehnte hat der Pferdebahnwagen auf verhältnissmässig leichten Schienen das Gebiet des Strassenbahnverkehrs fast allein beherrscht, dann ist plötzlich ein erstaunlicher Umschwung durch den Uebergang zu vielen anderen Betriebsarten, namentlich der elektrischen Kraftübertragung eingetreten, der den Strassenbahn-Ingenieur nun vor ganz ungeahnte und heute auch noch nicht befriedigend gelöste Aufgaben gestellt hat. Diese Sachlage macht die langjährigen und reichen Erfahrungen eines der bekanntesten Strassenbahntechniker besonders werthvoll, auf deren Mittheilung wir daher aufmerksam machen.

**Ueber neuere Erweiterungsbauten auf Stationen der Kaiser Ferdinands-Nordbahn.** Von E. Reitler, Ingenieur der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn und bes. aut. Bau-Ingenieur. Sonderabdruck aus der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines, 1900, Nr. 7. Selbstverlag des Verfassers.

Im Anschlusse an ähnliche Einzelschriften\*) werden die zum Theil bedeutenden Umbauten und Erweiterungen der Bahnhöfe der Kaiser Ferdinands-Nordbahn ausführlich dargestellt.

**Atlasse und Geschäftsanzeigen von Bauanstalten für Eisenbahn-Betriebsbedarf und Darstellungen von Einzelunternehmungen.**

1. Arthur Koppel. 1900. Atlas der Ausführungen von Kleinbahnen in Werken, Bergwerken, Feld- und Waldbetrieben, Häfen u. s. w. in allen Theilen der Welt.
2. Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schuckert und Co. Nürnberg. Elektrische Bahnen. August 1899 und Februar 1900.
3. Einschienige Schwebbahnen nach den Patenten Eugen Langen, Köln a. Rh. Continentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen, Nürnberg, Abtheilung für Schwebbahnen, Elberfeld 1899.
4. Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Elektrische Lokomotiven. Anleitung für die Wahl der Betriebsmittel und den Bau von elektrischen Transport- und Grubenbahnen.
5. Siemens und Halske, Elektrische Bahnen.
6. Siemens und Halske, Die Franz Josef-Elektrische Untergrundbahn zu Budapest. Projektirt und ausgeführt von Siemens und Halske.

**Statistische Nachrichten und Geschäftsberichte von Eisenbahn-Verwaltungen.**

Statistischer Bericht über den Betrieb der unter Königlich Sächsischer Staatsverwaltung stehenden Staats- und Privat-Eisenbahnen, mit Nachrichten über Eisenbahn-Neubau im Jahre 1899. Herausgegeben vom Königlich Sächsischen Finanz-Ministerium.

\*) Organ 1894, S. 206; 1895, S. 152, 253 und 234.

**BERICHT**  
ÜBER DIE  
**BELASTUNG DES EISERNEN ÜBERBAUES**  
DER  
**ERLENBACHBRÜCKE BEI km 18<sup>5</sup>/<sub>6</sub>**  
DER  
**BADISCHEN SCHWARZWALDBAHN**  
BIS ZUM  
**EINTRETEN DES BRUCHES.**

VON

**O. HAUGER,**

Gr. Bahnbau-Inspektor zu Waldkirch im Breisgau.

---

Hierzu Zeichnungen auf den Tafeln XXXVI bis XXXIX.

---

ERGÄNZUNGSHEFT ZUM ORGAN FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS, JAHRGANG 1900.

---

WIESBADEN.

C. W. KREIDEL'S VERLAG.

1900.

# Bericht über die Belastung des eisernen Ueberbaues der Erlenbachbrücke bei km 18<sup>5</sup>/<sub>6</sub> der badischen Schwarzwaldbahn bis zum Eintreten des Bruches.

Von O. Hauger, Gr. Bahnbau-Inspektor zu Waldkirch i. Breisgau.

Hierzu Zeichnungen auf den Tafeln XXXVI bis XXXIX.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite		Seite
1. Einleitung . . . . .	315	6. Seitliche Verschiebung und Formänderung der Träger . . . . .	321
2. Bauliche Verhältnisse der Brücke und Angaben aus der Baugeschichte . . . . .	316	7. Beschreibung der gebrochenen Brücke . . . . .	322
3. Vorbereitung der Bruchprobe . . . . .	317	8. Bestimmung der Beanspruchungen . . . . .	325
4. Belastung bis zum Bruche . . . . .	318	9. Sicherheitsgrad der Brücke während des Betriebes . . . . .	333
5. Berechnung der Durchbiegung und Vergleich mit der beobachteten . . . . .	319	10. Ergebnisse der Eisenproben . . . . .	334
		11. Kosten der Bruchprobe . . . . .	335
		12. Ergebnis der Bruchprobe . . . . .	335

### 1. Einleitung.

Es ist bekannt, daß die Grundlagen der statischen Berechnungen einerseits Annahmen enthalten, die nicht zutreffen, andererseits mehrere einflussreiche Umstände gar nicht berücksichtigen.

Weiter ist dann auch Ausführung und Aufstellung nie vollkommen plangemäß, sodafs das fertige Bauwerk stets Abweichungen vom Entwurfe zeigt, deren Einfluß auf die Spannungen mit dem Grade der statischen Unbestimmtheit wächst.

Bei neueren Bauwerken hat man sich bemüht, diese Einflüsse durch klare Anordnung, welche den Grundannahmen Rechnung trägt, durch Sorgfalt in der Wahl, Behandlung und Prüfung des Baustoffes und durch zielbewusstes Vorgehen bei der Aufstellung in sehr erheblichem Maße abzumindern; sehr viele alte enthalten aber in allen diesen Beziehungen so viele Unstimmigkeiten und Unklarheiten, daß es ganz unmöglich ist, dem wirklichen Zustande mit der theoretischen Betrachtung zu folgen.

Um nun unter den angegebenen ungünstigen Verhältnissen Klarheit über die Betriebsicherheit vorhandener Brücken zu gewinnen, wurden wiederholt unmittelbare Versuche\*) mit bedenklich erscheinenden und deshalb ausgewechselten Trägern derart angestellt, daß man sie bis zum Eintreten des Bruches belastete.\*\*)

\*) Vergleiche unter anderen:

1. Emmebrücke bei Wolhusen, Bern—Luzern, Neville—Träger, Deutsche Bauztg. 1896, S. 73;
2. Neifsebrücke bei Forst i. L., Kottbus—Sorau, Schwedler-Träger, Zeitschrift für Bauwesen 1895, S. 290;
3. Mühlbachbrücke bei Mumpf, Bötzbahn, Oktober 1895, schweizerische Nordostbahn.

\*\*) Anmerkung der Schriftleitung. Wir wollen nicht versäumen, wie schon öfter, auch an dieser Stelle wieder zu betonen, daß wir zwar das mit diesen Proben verfolgte Bestreben als gut und

Wenn auch bei diesen Versuchen nur ruhende Belastung in Anwendung kommen konnte, und die während des Betriebes wirkenden Verkehrslasten mit ihren besonderen Einflüssen ausgeschlossen werden mußten, so ergaben sich doch werthvolle Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Tragfähigkeit und die Betriebsicherheit vorhandener Brücken, die dann auch beim Entwerfen neuer nutzbringend verwerthet werden können.

Zu Beginn des Eisenbahnbaues in Baden wurden hier wie auch anderwärts mit Vorliebe Gitterträger ausgeführt, deren Gitterstäbe in den meisten Fällen nur aus Flach-eisen bestehen; die Querschnitte der Gurtungen und Wandglieder sind in den seltensten Fällen den Spannkraften durch Veränderung des Querschnittes angepaßt. Die Versteifung der Gitterwand ist in mehr oder weniger vollkommener Weise durch Pfosten bewirkt, die in erster Reihe der Befestigung

berechtigt anerkennen, aber der Ansicht sind, daß solche Bruchversuche nicht den Weg darstellen, der uns am sichersten in die Erkenntnis der verwickelten Vorgänge in eisernen Brücken einzuführen geeignet erscheint. Die verwendeten Träger sind in der Regel in verschiedenen Punkten recht mangelhaft und zeigen auffallende Schwächen, die man meist auch ohne Belastung erkennen kann. Der Erfolg der Belastung ist dann meist die Zerstörung dieser schwachen Punkte, deren vorzeitiges und alleiniges Nachgeben den Versuch abbricht und verhindert, daß eine allgemeine Kenntnis der Eigenschaften der Brücke gewonnen wird. Aussichtsvoller erscheint der Weg, den großen Prüfungsanstalten, namentlich den Technischen Hochschulen die verfügbaren Mittel zu überweisen, damit diese nach den neuesten Errungenschaften der Wissenschaft mit aller Sorgfalt und unter Anstrengung vollkommenster Uebereinstimmung zwischen Rechnungsgrundlagen und Ausführung Brücken und Träger in möglichst großem Maßstabe herstellen lassen, und daran durch Feinmessungen unter wechselnder Belastung innerhalb der Elastizitätsgrenze in solchem Umfange Versuche anstellen können, daß sich Berechnungs- und Beobachtungs-Ergebnisse in jeder Beziehung an Vollständigkeit decken. Dies scheint uns der einzige Weg zu sein, auf dem man zu sicherer Beurtheilung der thatsächlichen Leistungsfähigkeit der eisernen Brücken gelangen kann.

der Querträger dienen. Bei einer erheblichen Zahl solcher Brücken ist der Umbau bereits vorgenommen, bei einer größern beschlossen und für sehr viele Fälle geplant.

Daher war es für die Verwaltung der badischen Staatsbahnen wichtig, sich gerade über das Verhalten der Gitterträger nähern Aufschluß zu verschaffen, um danach die Möglichkeit fernerer Benutzung solcher Brücken beurtheilen zu können.

Durch Erlaß vom 3. Mai 1897 wurde daher die Belastung der im Frühjahr 1896 gegen eine neue ausgewechselten Erlenbachbrücke angeordnet; hier soll nun der Verlauf und das Ergebnis dieses am 19./21. Oktober 1897 vorgenommenen Versuches beschrieben werden.\*)

## 2. Bauliche Verhältnisse der Brücke und Angaben aus der Baugeschichte.

Die Schwarzwaldbahn überschreitet bei km  $18\frac{5}{6}$  oberhalb Station Biberach—Zell den Erlenbach. Die zweigleisig angelegten Auflager der Brücke stehen in der Richtung der Bachachse, welche einen Winkel von  $78^{\circ}41'20''$  mit der Bahnachse bildet. Zur Zeit ist nur das im Jahre 1866 dem Betriebe übergebene nördliche, linke Gleis der Bahn ausgeführt.

Die ursprüngliche Steigung von 1:201 wurde im Jahre 1873 durch Einlegen stärkerer Querschwellen zur Durchführung des vorgeschriebenen lichten Raumes auf 1:187 erhöht. Der eiserne Ueberbau der Brücke wurde im Jahre 1866 von der inzwischen eingegangenen Maschinenfabrik Kemner, Pfeiffer und Löffler in Mannheim geliefert.

Die eingleisige Brücke besteht aus zwei Hauptträgern unveränderlicher Höhe, die als Gitterträger vierfacher Gliederung gebaut sind. Die Fahrbahn aus Quer- und durchlaufenden Schwellenträgern liegt zwischen den Hauptträgern. Das Gleis ruht auf hölzernen Querschwellen.

In der Ebene der Querträgeruntergurte befindet sich ein Windverband aus sich kreuzenden  $105 \times 12$  mm starken Flacheisen, die mittels zweier 15 mm starker Schrauben an den Querträgern befestigt und an der Kreuzungstelle mittels zweier 13 mm starker Schrauben am Querträger aufgehängt sind.

Die Hauptträger sind 19,95 m lang, 1,50 m hoch und haben auf die ganze Länge gleichen Querschnitt. Die Gurtungen haben den in Abb. 14, Taf. XXXVI dargestellten T-Querschnitt; der Steg besteht aus zwei verschränkt gestoßenen 6 mm starken Blechen. Die Stehblech-Gurtwinkel- und Gurtplattenstöße sind nicht gedeckt.

Die Gitterstäbe bestehen aus Flacheisen von  $105 \times 12$  mm, welche am Stehblechrande um 6 mm gegen die lothrechte Trägerachse abgekröpft sind, sodafs ihre Vernietung an der Kreuzungsstelle ohne Futterbleche erfolgen konnte.

Die Achsen der Gitterstäbe schneiden sich nicht in der Schwerpunktsachse der Gurtungen, sondern 10 cm auferhalb. Die Befestigung der Streben erfolgte mittels vier Nieten von

nur 15 mm Schaftstärke unmittelbar am Gurtstehbleche. Die Gitterstäbe sind somit bezüglich der wagerechten und lothrechten Gurtungsachse schief angeschlossen, wodurch Nebenspannungen in den Gurtungen und Streben entstehen.

Im Abstände von je drei Maschenweiten, also von 1,803 m, wiederholen sich Pfosten aus zwei Winkelleisen und kräftigem Knotenbleche, die auf der Innenseite der Hauptträger angebracht sind und zugleich die Trägerwand versteifen. Die Befestigung am Ober- und Untergurte erfolgt mit je sechs einschneidigen Nieten von 15 mm Stärke. Der Endpfosten besteht aus zwei lothrechten Winkeln und einem Abschlufsbleche; zwischen dem obern und untern Gurtungstege ist ohne besondere Stofsdeckung ein 12 mm starkes Füllblech eingeschaltet.

Die Hauptträger ruhen auf beiden Widerlagern auf 600 mm langen Gleitplattey. Der Hauptträgerabstand beträgt 3,0 m. Die Querträger sind vollwandig, 450 mm hoch und haben I-förmigen, aus Stehblech und Gurtwinkeln gebildeten Querschnitt. Ihre Theilung beträgt 1803 mm. Die auf die Querträger gelagerten und mit vier Schrauben befestigten, durchgehenden Schwellenträger aus 240 mm hohen I-Eisen sind über den Querträgern III, VI und IX gestofsen; der Stegstofs ist durch beiderseitige Laschen gedeckt. Querversteifung der Schwellenträger untereinander oder gegen die Hauptträger fehlen.

Die hölzernen Querschwellen sind an den Schwellenträgern nicht befestigt.

Aus der Baugeschichte der Brücke sind nur wenige Angaben vorhanden:

Ueber die Ausführung des Eisenwerkes besagt ein Bericht der Eisenbahnbau-Inspektion Gengenbach vom 13. Juli 1866: »Die Arbeiten der Firma Kemner, Pfeiffer und Löffler sind in einer Art ausgeführt, die Manches zu wünschen übrig läfst, und z. B. hinter den Leistungen von Gebrüder Benckiser in Pforzheim bezüglich der Güte bedeutend zurücksteht.«

»Beispielsweise zeigte sich bei Besichtigung der Erlenbachbrücke ein Gurtwinkel, der der Reihe der Nieten entlang entzwei zu reißen begonnen hatte und ausgewechselt werden mußte.«

Vor Inbetriebnahme der Brücke fand am 17. Juni 1866 eine Probelastung statt. Ein für die Kinzigbrücke bei Steinach aus der Lokomotive »Amerika« und 7 beladenen Güterwagen zusammengesetzter Zug von rund 60 m Länge und einem Gesamtgewicht von 130 t, in welchem die Lokomotive nebst Tender 21,5 t wog, überfuhr die Brücke mit geringer und großer Geschwindigkeit. Die größte Einsenkung betrug hierbei in Trägermitte nicht voll 3 Linien, also 8 bis 9 mm; nach Entfernung der Belastung gingen beide Brückenträger vollständig in ihre frühere Lage zurück.

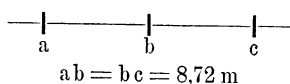
Da weitere Angaben hierüber fehlen und die Richtigkeit der Angabe des Lokomotivgewichtes bezweifelt werden muß, so können keine Vergleiche mit den späteren Probelastungen angestellt werden.

Am 23. Oktober 1883, 1. September 1890 und 16. September 1895 fanden weitere Probelastungen statt mit nachfolgendem Ergebnisse:

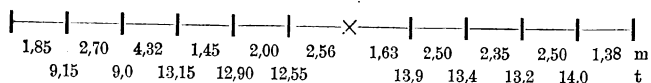
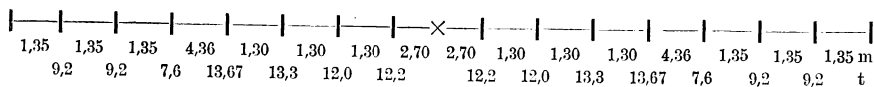
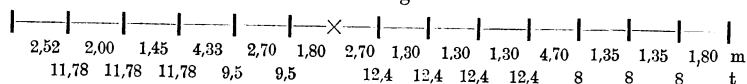
\*) Anmerkung der Schriftleitung: Die Veröffentlichung konnte des großen Stoffandranges wegen erst jetzt erfolgen.



## Zusammenstellung I.



Belastung



Tag der Belastung	Träger	Einsenkung bei			Durchbiegung auf die Länge		Seitenschwankung	Art der Belastung
		a	b	c	ac	18,8 m		
23. Okt. 1883	l.	2,5	15	3,0	12,25	14,2	—	} ruhend
	r.	2,0	14	2,0	12,00	14,0	—	
	l.	3,0	16	3,7	12,6	14,6	5,0	} Schnellfahrt
	r.	2,5	15	2,3	12,6	14,6	—	
1. Sept. 1890	l.	2,0	15	3,0	12,5	14,5	—	} ruhend
	r.	2,0	16	3,0	13,5	15,7	—	
	l.	2,0	18	3,0	15,5	18,0	5,0	} Schnellfahrt
	r.	2,0	18	3,0	15,5	18,0	—	
16. Sept. 1895	l.	3,0	14	3,0	11,0	12,8	—	} ruhend
	r.	3,0	14	3,0	11,0	12,8	—	
	l.	3,0	16	4,0	12,5	14,5	3,0	} Schnellfahrt
	r.	3,0	17	4,0	13,5	15,7	—	

Bleibende Einsenkung trat nicht ein.

Während der Probelastungen traten keine auffälligen Erscheinungen, wie Ausbauchung der Streben, zu Tage.

Die Vernietung war im Allgemeinen eine gute, wenigstens hatte sich während der 30jährigen Benutzung der Brücke bei starkem Verkehr kein Niet in den Hauptträgern gelockert; nur an den Verbindungsstellen der Querträger mit den Hauptträgern waren 1893 einige Nieten zu erneuern; auch mußten die Schwellenträger-Befestigungsschrauben wiederholt angezogen und zum Theil ausgewechselt werden.

Die beiden Hauptträger besaßen schon in unbelastetem Zustande eine Einsenkung in Brückenmitte, die nach den Nivellements vom 30. Juni 1891, 28. Oktober 1893 und 6. August 1895 im Mittel für den linken Träger 12 mm, für den rechten 11 mm betrug. Diese Durchbiegung rührt offenbar von fehlerhafter Aufstellung her und war wohl seit Inbetriebnahme der Brücke vorhanden; nähere Angaben hierüber fehlen jedoch. Seit dem ersten Nivellement im Juli 1891 konnte keine Zunahme der Durchbiegung festgestellt werden.

Die vier Unterlagplatten der Träger lagen während des Betriebes nicht genau in der durch die Bahnneigung bedingten Höhe; vielmehr ergaben die Nivellemente, daß für den einen Träger die Lagerplatte auf dem westlichen Widerlager gegen Offenburg um 8 mm zu hoch, die auf dem östlichen Widerlager um 7 mm zu tief verlegt war. Zwischen Trägerunterkante und Lagerplatte zeigten sich jedoch an keinem der 4 Lager Spielräume, die auf unvollkommene Auflagerung hätte schließen lassen; auch die Probelastungen im Jahre 1883, 1891 und 1895 lieferten keine Ergebnisse, die auf mangelhafte Auflagerung hindeuteten.

Die große Seitenschwankung der Brücke bei den Probelastungen ist auf den mangelhaften, nur aus Flacheisen bestehenden Windverband zurückzuführen.

Da die Brücke wegen zu hoher Inanspruchnahme keine genügende Sicherheit mehr bot, so wurde deren Ersatz durch eine neue angeordnet, die alte Brücke zur Ermöglichung der Aufstellung der neuen zunächst in der Nacht vom 25. auf 26. September 1895 um 4,0 m südlich auf den bestehenden

Widerlagern verschoben und der Verkehr mittels eines etwa 270 m langen Umgehungsgleises bis zur Vollendung und Inbetriebnahme der neuen über die alte Brücke geleitet.

Wegen mehrfacher Störungen durch außergewöhnliche Hochwasser konnte die neue Brücke erst im August 1896 vollendet, am 13. August dem Betriebe übergeben und das Umgehungsgleis abgebrochen werden.

### 3. Vorbereitung der Bruchprobe.

(Abb. 1 bis 15, Taf. XXXVI).

Mit Rücksicht auf die Nähe des Betriebsgleises und die Hochwassergefahr mußte von Vornahme der Bruchprobe an Ort und Stelle im II. Gleise der Bahn Abstand genommen werden. Es wurde daher beschlossen, in nächster Nähe der Brücke rechts der Bahn neue Pfeiler zu errichten und die Brücke dahin zu verschieben.

Die neuen Pfeiler wurden am 6. bis 14. Juli 1897 in Beton aus 1 Theile Zement, 2 Theilen Sand und 3 Theilen Steinschlag ausgeführt und etwa 1,20 m unter dem gewachsenen Boden auf festgelagertem, grobem Kiese gegründet. Das alte Tragwerk wurde nunmehr mit vier kräftigen Holzjochen unterbaut, das Kammermauerwerk des westlichen Pfeilers und der anschließende Bahnkörper soweit nöthig abgetragen und eingeebnet und sodann die Brücke vom 6. bis 21. Juli 1897 auf die inzwischen erhärteten Betonpfeiler herabgelassen.

Da Werth darauf gelegt wurde, die Brücke in dem Zustande, in welchem sie sich während 30 Jahren im Betriebe befunden hatte, zum Bruche zu bringen, so wurden die vorhandenen gusseisernen Gleitplatten als Unterlegplatten wieder benutzt und auch der Einbau unverändert beibehalten. Die Lagerplatten wurden hierbei mit den Höhenunterschieden verlegt, die während des Betriebes der Brücke bestanden. Nach Entfernung der Schienen, der Schwellen und des Belages waren die Einsenkungen der Träger auf 11 und 10 mm zurückgegangen; annähernd dieselbe Durchbiegung wurde auch durch ein Nivellement der Obergurte nach der Verschiebung und der

Aufstellung der Brücke für die Bruchprobe erhalten (Abb. 8, Taf. XXXVI).

Als Bruchbelastung wurden 7,5 m lange Eisenbahnschienen von je 272 kg Gewicht vorgesehen, die so aufgebracht werden sollten, daß die Uebertragung der Kräfte auf die Hauptträger durch Vermittlung der Quer- und Schwellen-Träger an den Pfosten genau so erfolgte, wie bisher bezüglich der Verkehrsbelastungen. Zu diesem Zwecke wurden Schwellen auf die Längsträger gelegt, die im Mittel 23 cm über die Hauptträger hervorragten, um auf diese die Schienen rechtwinkelig zur Brückenachse ohne Berührung der Hauptträger aufbringen zu können.

Um eine mit genügender Genauigkeit leicht bestimmbare Lastvertheilung auf die einzelnen Querträger zu erhalten, wurden die Schwellenträger nicht durchlaufend belastet, sondern für je zwei Querträger mittels vier Lagen von Holzschwellen, von denen die 1. und 3. 2,4 m lange rechtwinkelig zur Längsachse, die 2. und 4. 3 m lange längs gestapelt waren. Die vierte nahm dann die beiderseits der Fallmitte gleiche Schienenstapelung auf. (Abb. 10, Taf. XXXVI).

Um das Aufbringen der Schienen zu erleichtern und jeder Gefahr für die Betheiligten beim Zusammenbruche der Brücke vorzubeugen, wurden beiderseits der Brücke im Abstände von 1,00 m Gerüste aufgestellt, die bis Hauptträger-Oberkante reichten und nöthigenfalls die Schienen beim Nachgeben der Brücke aufnehmen konnten. Unter den Schienenenden wurde beiderseits auf dem Gerüste eine Längsschiene befestigt, um die Linie zu bezeichnen, bis zu welcher das Gerüst gefahrlos betreten werden konnte und um die mit Aufbringung der Schienen beschäftigten Arbeiter am unwillkürlichen Vorschieben des Fusses bis unter die Schienen zu verhindern.

Vor Aufbringung der oben besprochenen Schwellensätze wurde eine genaue Untersuchung der ganzen Brücke vorgenommen.

Die beiden Gurtstehbleche, die am freien Rande zwischen den Strebenbieten nur mit einem Niete zusammengehalten sind, klafften an verschiedenen Stellen der Obergurte um 0,5 bis 1 mm; im Untergurte stieg dieses Maß im linken Träger zwischen den Streben 4/5, 16/17, 22/23, 26, 27, 34/35, 42/43 und 60/61 auf 1,5 bis 2 mm zwischen 24/25 auf 3 mm und im rechten Träger zwischen den Streben 44/45, 50/51, 56/57, 58/59 auf 1,5 bis 2 mm zwischen 54/55 auf 3 mm und zwischen 48/49 auf 4 mm.

Diese Mängel, die ihre Ursache in zu weiter Niettheilung haben, rühren offenbar von der Aufstellung her, worauf schon der Umstand schliesen läßt, daß der Zuggurt größere Abstände der beiden Bleche zeigte, als der Druckgurt. Beschädigte oder unganze Stellen fanden sich an den Hauptträgern nicht vor. Querträger I, IV, VI, VIII und X zeigten leichte Verbiegungen an einzelnen Stellen der wagerechten Gurtwinkelschenkel und der westliche untere Gurtwinkel von Querträger V im wagerechten Schenkel eine offene Walznaht auf die ganze Länge. Auch diese Mängel bestanden schon seit Inbetriebnahme der Brücke. Die Schwellenträger waren tadellos.

Die Streben waren am Stehblechrande der Gurtung ge-

kröpft, die Ablenkung jeder einzelnen Strebe aus der geraden Richtung ist aus Zusammenstellung II zu entnehmen.

Zum Zwecke möglichst genauer Ermittlung der Trägerform wurden in der Richtung zur Brückenachse beiderseits außerhalb der Hauptträger und vollständig unabhängig von diesen Schnüre gespannt und zwar in der Höhe der obern und untern Gurtplatten und in halber Trägerhöhe, und die Abstiche für Ober- und Untergurt bei jedem Pfosten, für die Trägerwand an jeder Strebenkreuzung eingemessen. Es wurde hierdurch ermöglicht, die seitlichen Verschiebungen und Verbiegungen jederzeit festzustellen. Zur Nachprüfung wurden außerdem noch in Brückenmitte und bei Querträger I und X an Ober- und Untergurt seitliche Schieber angebracht. Um die Durchbiegungen der Träger genau beobachten zu können, wurden unter den Untergurten zunächst den Auflagern und in  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{3}{4}$  der Stützweite Schieber verwendet. Unter Querträger V und VII waren die Hauptträger in etwa 25 cm Tiefe mit Schwellen unterfangen.

#### 4. Belastung bis zum Bruche. (Abb. 1 bis 8, Taf. XXXVII).

Am 19. Oktober 1897 wurde die in Abb. 2, Taf. XXXVII dargestellte Belastung I mit fünf Stapeln von je 78 Schienen in drei Lagen aufgebracht. Querträger XI blieb frei. Um 5 Uhr wurde die Einsenkung in Brückenmitte an beiden Trägern zu 14 mm ermittelt.

Bis zum Vormittage des 20. Oktober hatte sich die Durchbiegung unter Belastung I auf 15 mm gesteigert.

Ueber den Querträgern I/II und III/IV wurden während der ganzen Dauer des Versuches keine Lasten mehr aufgebracht, da beabsichtigt war, den Bruch durch Steigerung der Querkraft am andern Trägerende hebeizuführen.

Am 20. Oktober verstärkte man zunächst die Belastung über Querträger V/VI, VII/VIII und IX/X, um eine weitere Schienenlage auf 102 Schienen mit je 27,7 t Gewicht. Diese Belastung II, Abb. 3, Taf. XXXVII ergab 19 mm Einsenkung in Brückenmitte.

Die Laststapel über V/VI und IX/X wurden sodann auf 110 Schienen mit 29,9 t Gewicht gebracht. (Belastung III, Abb. 4, Taf. XXXVII). Unter dieser Belastung wurde um 6 Uhr Abends in Brückenmitte eine Durchbiegung von 20 mm an beiden Trägern gemessen. Die nach 12 stündiger unveränderter Einwirkung der Lasten am 21. Oktober 6 Uhr Morgens wiederholte Messung ergab für beide Träger 21 mm.

Weiter wurde nun die Last am 21. Oktober über V/VI, VII/VIII und XI/X auf je 147 Schienen = 40,0 t gesteigert; Belastung IV (Abb. 5, Tafel XXXVII). Die Durchbiegung war dabei am linken Träger auf 27,4 mm, am rechten auf 27,2 mm gewachsen.

In der Fortsetzung der Belastung trat nun behufs Vorname der nöthigen Messungen und Beobachtungen eine Pause ein. Nachdem die Belastung IV etwa eine halbe Stunde unverändert gewirkt hatte, begann das Band 59 des linken Trägers sich rechtwinkelig zur Trägerebene S-förmig um das Niet an der Kreuzungstelle zu verbiegen. Die Ausbauchung erfolgte nicht plötzlich, sondern leicht verfolgbar allmähig in kurzer Zeit. Die Biegung erfolgte in der unteren Hälfte

zwischen den Bändern 58 und 60 stark nach innen, in der oberen zwischen 56 und 58 schwach nach außen.

Darauf folgte alsbald eine gleiche Verbiegung der Bandes 61, unten zwischen 60 und 62 nach außen, oben zwischen 58 und 60 stark nach innen, woselbst sich bald, bevor weitere Lasten hinzukamen, ein Knick bildete. Im rechten Träger waren noch keine Veränderungen bemerkbar.

Ueber den Querträgern V/VI, VII/VIII und IX/X wurden die Lasten auf 168 Schienen mit 45,7 t gebracht, sodafs Belastung V (Abb. 6, Taf. XXXVII) entstand.

Die Durchbiegung des linken Trägers betrug nunmehr 33 mm, die des rechten 32 mm in Brückenmitte.

Im linken Träger nahmen die Verschiebungen in- zwischen langsam zu, Band 57 und sodann 63 gingen in ihrer unteren Hälfte zwischen den Bändern 56 und 58 beziehungsweise 62 und 64 und ebenso, jedoch in etwas geringerem Mafse, in ihrer oberen Hälfte zwischen 54 und 56 beziehungsweise 60 und 62 schwach nach außen. Gleichzeitig hiermit trat eine Ausbauchung des Stehbleches des Ober- und Untergurtes zwischen den beiden Pfosten X und XI, dem excentrischen Strebenanschlusse entsprechend nach innen ein, wie später noch weiter erörtert wird. (S. 321.)

Im rechten Träger, der bisher keine Formänderung der Wand zeigte, wurde nunmehr eine Ausbauchung der Gurtstehbleche zwischen den Pfosten IX/X und X/XI beobachtet und zwar verbog sich zuerst der untere und dann erst der obere Gurtungsteg, beide nach außen (vergl. S. 321).

Nach Beendigung der Beobachtungen wurde die Belastung VI (Abb. 7, Taf. XXXVII) mit 225 Schienen = 61,2 t über Querträger IX/X hergestellt. Die Lasten über den übrigen Querträgerpaaren blieben unverändert.

Während des Aufbringens der letzten Schienen begannen die Bänder 61, 63, 65 und 59 des rechten Trägers sich in der aufgeführten Reihenfolge S-förmig zu verbiegen und zwar die Strebe

61	unten zw.	60/62	nach außen,	oben zw.	58/60	nach innen,
63	<	62/64	< innen,	<	60/62	< außen,
65	<	64/66	unverändert,	<	62/64	< außen,
59	<	58/60	nach innen,	<	(Tafel XXXIX).	

Die deutlich zu beobachtende Ausbauchung der Bänder 61, 63 und 59 wuchs in kurzer Zeit erheblich; gleichzeitig nahm auch die Verbiegung der beiden Gurtsteg zu.

Im linken Träger hatten sich inzwischen auch die Bänder 65, 55 und 53 der Reihe nach schwach ausgebaucht und zwar das Band

65	unten zw.	64/66	nach innen,	oben zw.	62/64	nach außen,
55	<	54/56	< außen,	<	52/54	< innen,
53	<	52/54	< innen,	<	50/52	< außen.

Die Durchbiegung der Brücke hatte inzwischen rasch zugenommen und betrug nach Vollendung obiger Belastung um 1 Uhr in Brückenmitte für den linken Träger 47 mm, für den rechten nur 40 mm. Eine Besichtigung der Brücke ergab an keiner Stelle Brüche oder Risse; auch im Anstriche waren keine Haarrisse und Verletzungen zu bemerken, die auf einen nahe bevorstehenden Bruch schliessen liefsen. Die Vernietung

war in allen Theilen unversehrt, so war namentlich auch an den Wandgitter-Anschlufsnieten, die nachher zuerst nachgaben und so den Bruch der Brücke herbeiführten, sowie an den Kreuzungstellen nichts Auffälliges zu bemerken. Besonders hervorzuheben ist noch, dafs die Bänder auch an den gekröpften Stellen keine Veränderungen zeigten. Es trat nun zur Wiederholung der Messungen eine Pause in der Fortsetzung der Belastung ein.

Die aufgebrachten Lasten hatten etwa 25 Minuten unverändert gewirkt, als der Bruch der Brücke unerwartet eintrat, indem zuerst der linke und diesem folgend der rechte Träger nachgab.

Der Bruch wurde herbeigeführt durch Abscheeren der Anschlufsniete des Zugbandes 58 am Untergurte des linken Trägers, dem alsbald das Losreißen der Bänder 60, 62, 64 und der Bruch des oberen Gurtstehbleches bei IX + 40 cm folgte.

Im rechten Träger begann der Bruch durch Abscheeren der Niete des Zugbandes 60, dem die Bänder 62, 64 und der Bruch des Obergurtsteges bei Pfosten IX an der Stelle des ungedeckten Winkelstofs folgte.

Die oben erwähnten seitlich ausgebauchten Druckstreben übten auf die sie kreuzenden Zugbänder erhebliche Seitenkraft aus, sodafs die losgetrennten Bandenden zum Theil stark von der Trägergurte absprangen und die abgescheerten Niete weit seitlich schleuderten. Einige fanden sich etwa 5 m vom Träger entfernt in der Dammböschung. Zum Glücke wurde hierbei Niemand verletzt, was leicht hätte geschehen können, da die zahlreichen Theilnehmer sich während des Versuches vorzugsweise der gefährdeten Stelle gegenüber aufhielten; in ähnlichen Fällen empfiehlt sich aber die Beachtung dieser Gefahr.

Da die Träger bei Querträger V und VII in etwa 25 cm Abstand mit Schwellen unterfangen waren, so sanken sie nur bis auf diese Unterlagen, die unter der Last in den Boden eingedrückt wurden; auch kam in der Nähe des Bruches ein Theil der Schienen zum Aufliegen auf den beiden Gerüsten, wodurch alsbald eine theilweise Entlastung eintrat.

##### 5. Berechnung der Durchbiegung und Vergleich mit der beobachteten. (Abb. 2 bis 7, Taf. XXXVII).

Die gesammte Durchbiegung setzt sich zusammen aus dem von der Längenänderung der Gurtungen und der Wandglieder bedingten Theile und wird vermindert durch den Einflufs der Gleitlager.

Um den Antheil  $\delta_1$  der Gurtungen an der Durchbiegung zu bestimmen, wurden die Momente für die einzelnen Belastungen ohne Eigengewicht und Schwellenlagen bestimmt, diese als Belastungsfläche angenommen, hierfür ein neues Kräfte- und Seileck gezeichnet und so bei passender Wahl des Polabstandes im Krafftecke die Durchbiegungslinie als Seileck erhalten.

Die Elasticitätszahl E wurde mit 2000000 kg/qcm und das Trägheitsmoment der Gurtungen mit dem Mittel zwischen dem des vollen und des durch Niete verschwächten Querschnittes mit  $J = 1884000 \text{ cm}^4$  eingeführt. Zur Nachprüfung wurden die grössten Durchbiegungen noch rechnerisch bestimmt und gute Uebereinstimmungen erhalten.

Der Antheil der Wandglieder an der Durchbiegung ist

$$\delta_2 = \frac{l \cdot \sigma}{E}$$

wenn  $l$  die Stützweite der Träger und  $\sigma$  die mittlere Spannung des vollen Querschnittes der Wandbänder bedeutet.

Da, wie später gezeigt wird, Kippen der Träger um die innere Kante der Lagerplatten stattgefunden hat, so wurde die Stützweite für sämtliche Berechnungen mit  $l = 18,80$  m eingeführt.

Um die mittlere Wandgliedspannung zu erhalten, wurde der Einfachheit halber die Belastung jeweils als gleichmäÙig vertheilt vorausgesetzt und hiermit die mittlere Spannung des vollen Bandquerschnittes berechnet, was um so mehr statt- haft erschien, als der Bandquerschnitt durchweg derselbe ist. Das Eigengewicht der Brücke und der Schwellen blieb hierbei aufser Rechnung.

Die Berechnung des Einflusses der Wandglieder auf die Durchbiegung aus den einzelnen Spannungen der Bänder war im vorliegenden Falle mit Rücksicht auf die mehrfache Gliederung und die Art der Befestigung unausführbar; auch war kaum eine nennenswerthe Aenderung des Ergebnisses zu erwarten.

Bezüglich der Bänder ist noch zu bemerken, dafs diese nur auf zwei Maschenlängen vollständig frei sind, während der übrige Theil mit dem Gurtstehbleche vernietet ist, wodurch eine Verminderung der Durchbiegung bedingt wird; anderseits sind aber sämtliche Streben am Gurtstegrande gekröpft; hieraus ist eine Vergrößerung der Durchbiegung zu erwarten. Für die Rechnung wurde angenommen, dass sich diese beiden Einflüsse bezüglich der GröÙe der Durchbiegung gegenseitig aufheben.

Die Reibung  $R$  der Träger auf den Auflagerplatten erzeugt in der unteren Gurtung eine Druckspannung  $\sigma^1$ , wodurch eine Verminderung des Zuges, also auch der Durchbiegung um  $\delta_3$  eintritt.

Bedeutet  $h$  die Trägerhöhe,  $f$  den vollen Gurtquerschnitt der im vorliegenden Falle auf die ganze Trägerlänge unver- änderlich ist,  $A$  den kleinsten Auflagerdruck aus der Gesamt- belastung einschließlichs des Eigengewichtes der Brücke und der Schwellenbelastung und  $\varphi$  die Werthziffer der Reibung zwischen Trägerunterkante und Auflagerplatte, die zu 0,2 angenommen werden soll, so ist  $R = \varphi A$  und  $\sigma^1 = \frac{R}{f}$  und es kann gesetzt werden

$$\delta_3 = \frac{\sigma^1 \cdot l^2}{8 E h}$$

Für die Probelastungen vom 23. October 1883, 1. Sep- tember 1890 und 16. September 1895 ergeben sich hiernach folgende gröÙste Durchbiegungen:

Belastung vom	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta = \delta_1 + \delta_2 - \delta_3$
23. October 1883 . . .	11,3	2,9	-0,5	13,7 mm
1. September 1890 . .	12,1	3,1	-0,6	14,6 "
16. " 1895 . .	10,8	2,8	-0,5	13,1 "
Mittelwerth . .				13,8 mm

Die beobachteten, auf die Stützweite  $l = 18,80$  m um- gerechneten Durchbiegungen für die ruhende Belastung im Mittel (S. 317) für die Belastung

$$\text{vom 23. October 1883 } \delta = \frac{14,2 + 14,0}{2} = 14,1 \text{ mm}$$

$$\text{vom 1. September 1890 } \delta = \frac{14,5 + 15,7}{2} = 15,1 \text{ <}$$

$$\text{vom 16. September 1895 } \delta = \frac{\quad \quad \quad}{\quad \quad \quad} = 12,8 \text{ <}$$

somit im Mittel . .  $\delta = 14,0$  mm

gegen  $13,8$  mm nach Rechnung. Beobachtung und Rechnung stimmen daher genügend genau mit einander überein.

Für die Belastungen bei der Bruchprobe wurde die Be- rechnung der Durchbiegungen in gleicher Weise durchgeführt und hierfür erhalten:

Zusammenstellung II.

a) Für den linken Träger.

Belastung vom	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta = \delta_1 + \delta_2 - \delta_3$	Beobachtet in Brückenmitte
I. v. 19. Oct. Abends 5 Uhr . . .	+ 12,5	+ 3,1	- 0,4	15,2	14 mm
v. 20. " Morgens . . . . .					
II. v. 20. " Abends 5 Uhr 30 . .	+ 15,2	+ 3,7	- 0,5	18,4	19 "
III. v. 20. " " 6 Uhr . . . . .	+ 15,8	+ 3,8	- 0,6	19,0	20 "
v. 21. " Morgens 6 Uhr . . . . .					
IV. v. 21. " " 9 Uhr 30 . . . . .	+ 21,0	+ 4,8	- 0,7	25,1	27,4 "
V. v. 21. " " 11 Uhr 40 . . . . .	+ 23,9	+ 5,3	- 0,8	28,4	33 "
VI. v. 21. " Mittags 1 Uhr . . . . .	+ 25,3	+ 5,8	- 0,8	30,3	47 "

b) Für den rechten Träger.

I. v. 19. Oct. Abends 5 Uhr . . .	+ 12,6	+ 3,1	- 0,5	15,2	14 mm
v. 20. " Morgens . . . . .					
II. v. 20. " Abends 5 Uhr 30 . .	+ 15,4	+ 3,7	- 0,6	18,5	19 "
III. v. 20. " " 6 Uhr . . . . .	+ 16,0	+ 3,8	- 0,6	10,2	20 "
v. 21. " Morgens 6 Uhr . . . . .					
IV. v. 21. " " 9 Uhr 30 . . . . .	+ 20,8	+ 4,8	- 0,7	24,9	27,2 "
V. v. 21. " " 11 Uhr 40 . . . . .	+ 23,4	+ 5,3	- 0,8	27,9	32 "
VI. v. 21. " Mittags 1 Uhr . . . . .	+ 24,6	+ 5,8	- 0,8	29,6	40 "

Die Linien der berechneten und beobachteten Durchbiegungen sind in Abb. 2 bis 7, Taf. XXXVII dargestellt.

Es ergibt sich hieraus, dass schon unter der Belastung III die Elasticitätsgrenze des ganzen Trägers erreicht, ja wohl schon überschritten war. Unter der nun folgenden Belastung IV begannen bereits im linken Träger einige Druckstreben auszubauhen, während sich die ersten Formänderungen im rechten Träger am Gurtstehblech beginnend erst unter Last V zeigten.

Die aus der Zeichnung ersichtliche gröfsere Abweichung der Linie der beobachteten Durchbiegungen von der der berechneten ist jedenfalls auf den Einfluss der Wandglieder zurückzuführen.

In Abb. 8, Taf. XXXVII ist das Nivellement der Unter- und Obergurte nach dem Bruche mit 1 : 15 der wahren Höhen aufgetragen. Nach Entfernung der Belastung ermäfsigte sich die Einsenkung der Träger wieder um 5,5 bis 6,2 mm.

## 6. Seitliche Verschiebung und Formänderung der Träger.

(Abb. 1 bis 4, Taf. XXXVIII).

Um die Formänderung der beiden Hauptträger während des Bruchversuches beobachten zu können, wurden neben den Untergurten, den Obergurten und den Mitten der Trägerhöhe Schnüre gespannt und die Abstände genau eingemessen. Das Ergebnis der Messungen ist aus Abb. 2 bis 4, Taf. XXXVIII ersichtlich.

Da während des Versuches ziemlich ruhige Luft herrschte, so war die Anwendung dieses Verfahrens möglich; gleichwohl waren Ablesfehler bis zu 1 mm unvermeidlich, wodurch sich einige Unregelmäfsigkeiten in den beobachteten Verschiebungen erklären.

Die Obergurte der Hauptträger haben sich, wie zu erwarten war, in Folge Durchbiegung der Querträger mit zunehmender Belastung einander genähert und zwar höchstens um 4 mm. Eine S-förmige Verbiegung der gedrückten Obergurte konnte nicht gefunden werden.

Da die Querträger dem Untergurte sehr nahe liegen, so blieben deren Abstände fast unverändert. Die einzelnen eingemessenen Mafse sind einander daher entweder gleich oder sie unterscheiden sich um höchstens 1 mm. An den zur Nachprüfung angebrachten Schiebern konnte keine Aenderung des Untergurtabstandes wahrgenommen werden.

In halber Trägerhöhe wurde das Verhalten der Streben an deren Kreuzungsstelle beobachtet, um ein etwaiges Ausbauchen der Trägerwand feststellen zu können. Die beobachteten Punkte waren durch weisse Kreuze bezeichnet.

In beiden Trägern wurden an den Kreuzungspunkten zwischen den Pfosten Ausbauchungen bis zu 2 mm gemessen (Abb. 2 bis 4, Taf. XXXVIII), die auch in den gefährdeten Feldern IX/X und X/XI des rechten Trägers nicht überschritten wurden; nur im linken Träger stieg dieses Mafs in Feld X/IX bis auf 13 mm.

Im linken Träger liegen am Ende gegen Offenburg die Zugbänder innen, die Druckstreben aufsen, am Ende gegen Hausach die Zugbänder aufsen, die Druckstreben innen. Da beide Träger vollkommen gleich sind, so ist es im rechten Träger gerade umgekehrt. Da sowohl die Zug- wie auch die

Druckbänder gegen die lothrechte Trägerachse hin abgekröpft und an der Kreuzungsstelle mit einander vernietet sind, so war nach der Art der Kröpfung ein Ausbauchen nach der Seite der Zugbänder hin zu erwarten. In beiden Trägern trat jedoch gerade das Gegentheil ein.

Diese Erscheinung hat in der einseitigen Befestigung der Bänder an der Stehwand ihren Grund, da das hierdurch bedingte Kräftepaar ein Drehmoment hervorruft, durch welche das Gurtstehblech und mit diesem die Trägerwandung nach der Seite der Druckstrebe hin ausgebaucht wird. Die Verbiegung der Trägerwand erstreckte sich nur bis zum Gurtwinkel, da von hier aus das Gurtstehblech durch die Gurtwinkel genügend versteift war.

Die Kreuzungspunkte der Streben haben sich während des Versuches im Wesentlichen als feste Punkte erwiesen, was daraus hervorgeht, dafs die über die einfache Knicksicherheit beanspruchten Streben sich S-förmig um diese Punkte verbogen haben.

Aufser den bisher geschilderten Formänderungen trat im Laufe des Versuches auch eine seitliche Verschiebung namentlich der Obergurte ein und zwar in Folge der stärkern Durchbiegung des linken Trägers nach der linken Seite hin (Abb. 2 bis 4, Taf. XXXVIII).

In der Trägerhälfte gegen Hausach wird diese Verschiebung aufser durch die stärkere Durchbiegung noch durch Verdrehung der Träger in Folge der schrägen Auflagerung vermehrt, in der Hälfte gegen Offenburg vermindert. Die Beobachtung liefert für den linken Trägerobergurt den Unterschied zwischen der eingetretenen Verschiebung und der entgegengesetzten Bewegung in Folge der oben besprochenen Verminderung des Gurtabstandes, für den rechten Träger die Summe beider Werthe.

Am Untergurte machte sich diese Verschiebung mit 0,5 mm fast gar nicht, in halber Trägerhöhe nur in sehr geringem Mafse geltend.

Während des Bruches trat eine Verschiebung der ganzen Brücke in entgegengesetztem Sinne nach rechts ein und zwar über die ursprüngliche Lage hinaus; nur die Auflagerpunkte der Untergurte blieben im Wesentlichen an ihrer Stelle.

Beim Bruche gab zuerst der linke Träger nach, senkte sich und drehte sich um den noch unversehrten rechten Träger (Abb. 15, Taf. XXXVI), wobei der Untergurt des linken Trägers eine Bewegung nach rechts machte, bis er sich auf die in Brückenmitte angebrachten Schwellenunterlage setzte und hier ein festes Auflager fand. Die Gröfse der seitlichen Verschiebung war hierbei von der Gröfse der eingetretenen Einsenkung an jeder einzelnen Stelle, d. h. von der Einsenkungslinie abhängig und war daher am Auflager nahezu Null.

Der nunmehr nachstürzende rechte Träger drehte sich alsdann um den mitten fest gelagerten Untergurt des linken Trägers, wurde in Folge dessen ebenfalls nach rechts verschoben und zog den Obergurt des linken Trägers mit sich.

Hätten nicht noch andere Umstände mitgewirkt, so müfste hiernach Unter- und Obergurt über den Auflagern im Wesentlichen in ihrer ursprünglichen Lage erhalten worden sein und

die seitliche Verschiebung eine der Einsenkung der Träger ähnliche Linie zeigen.

Bezüglich der Untergurte trifft dies wegen der festen Auflagerung der Träger auch zu. Die Obergurte zeigen dagegen grade gegen die Auflager hin wesentlich grössere Verschiebungen und zwar gegen Hausach von der Bruchstelle bis zum Trägerende in entgegengesetztem Sinne nach links.

Die grössere Verschiebung des Obergurtes nach rechts am Auflager gegen Offenburg erklärt sich aus dem schräg zur Brückenachse stehenden Widerlager, da hierdurch eine Verdrehung der Träger nach rechts und eine grössere Einsenkung des rechten Trägers, wie solche sich in der That bei Querträger I und II zeigte, bedingt wurde.

Am Ende gegen Hausach machten sich die gleichen Einflüsse der bedeutend grösseren Durchbiegung wegen in erhöhtem Masse, aber in entgegengesetzter Richtung geltend. Der weit grössere Ausschlag am Trägerende gegen Hausach wurde ausserdem noch dadurch hervorgerufen, dafs sich Pfosten X beim Zusammenbruche des linken Trägers vollständig, Pfosten XI bis auf Niet 1, um das eine Drehung erfolgte, vom Obergurte los trennten und somit hier der Zusammenhang zwischen beiden Trägern fast vollständig gelöst wurde, was eine weit stärkere Verbiegung des Obergurtes dieses Trägerendes nach links unter der einwirkenden Belastung zur Folge hatte, als diese hätte eintreten können, wenn beide Träger während des Bruches noch zusammen gewirkt hätten.

Wie aus Abb. 2 bis 4, Taf. XXXVIII zu entnehmen ist, wechselt an der Bruchstelle der Träger die Richtung der seitlichen Verschiebung, wie dies zu erwarten war.

## 7. Beschreibung der gebrochenen Brücke.

(Abb. 1 und 2, Taf. XXXIX).

### a) Linker Träger.

**Obergurt.** Die Gurtplatten und deren Vernietung zeigten ausser der durch die Einsenkung bedingten Verbiegung keine Beschädigungen, ebenso die Gurtwinkel.

Das doppelte Stehblech ist bei Ständer IX + 0,40 m gebrochen; der Rifs geht durch zwei Bandnietlöcher; der Bruch ist hellgrau, sehnig, in der inneren Platte grobkörnig. Am Trägerende befindet sich ein Längsrifs im Stehbleche, etwa in halber Steghöhe. Die Gurtung und Winkel und Platte des Endpfostens stehen oben 51 mm ab; die oberen Niete im Endpfostenwinkel sind abgescheert. Diese Veränderungen sind auf den Widerstand des Bandes 67 zurückzuführen. Die Verbiegungen des Steges sind aus Abb. 1, Taf. XXXIX zu entnehmen.

**Untergurt.** Die Gurtplatten verhalten sich wie oben, der äussere Gurtwinkel ist an der Bruchstelle des Steges leicht nach aussen verbogen und steht zwischen den Bändern 52 und 54 bis zu 3 mm vom Stege ab.

Das Stehblech ist bei Ständer IX + 0,55 m gebrochen; die übrigen Formänderungen sind aus Abb. 1, Taf. XXXIX ersichtlich, Gurtsteg und Endpfostenwinkel sind getrennt; das Trägerende gegen Offenburg ist unbeschädigt.

**Pfosten.** Der Endpfosten gegen Hausach ist oben und unten grösstentheils losgetrennt und hängt um 40 beziehungs-

weise 70 mm über. Ständer XI drehte sich um die festen Niete 2 und 13 am obern Stehblechrande um 25 mm gegen Offenburg, am untern um 25 mm gegen Hausach. Pfosten X zeigt eine Drehung um Niet 2 oder 4 oben um 25 mm gegen Offenburg, unten um 5 mm gegen Hausach.

Alle übrigen Pfosten sind unversehrt.

**Zugbänder.** Die vier oberen Niete werden mit 1, 2, 3, 4, die an der Ueberkreuzung liegende mit 6, die vier unteren mit 8, 9, 10, 11 bezeichnet. 5 sind die oberen, 7 die unteren beiden Niete in der Kreuzung mit einem Pfosten.

Band 66. Die Niete 1, 2, 3, 4 sind abgescheert; das Bandende steht 7 cm vom Endpfostenwinkel ab. Die Vernietung ist gut.

Band 64. Die Niete 1, 2, 3, 4 sind abgescheert; das Bandende steht 340 mm ab; die Vernietung ist gut. Die Niete sind zum Theil bis auf 5 m zur Seite geschleudert. Bei Niet 1 und 2 ist die Stehblechwandung im Nietloche zerdrückt. Bei der untern Kröpfung ist die Farbe abgesprungen; unten ist das Band von Niet 8 ab verbogen.

Band 62. Die Niete 5, 6, 7 und 8, 9, 10, 11 sind abgescheert; von 8 und 9 sind die Köpfe abgesprungen; das untere Strebenende steht 70 mm ab; das Band ist von Niet 4 aus etwas abgebogen. Die Vernietung ist gut.

Band 60. Die Niete 8 bis 11 sind abgescheert und die Köpfe abgesprungen; das untere Ende steht 375 mm ab; das Band ist von Niet 4 ab verbogen, an der Kröpfung unten rechts leicht angerissen.

Band 58. Die Niete 6 und 8 bis 11 sind abgescheert; von Niet 6 und 11 ist der äussere Kopf abgesprungen; das Band steht unten 280 mm ab, zeigt unten an der Kröpfung Längsrisse und deutlich erkennbare Streckung.

Band 56. Die Niete 1 bis 4 und 5 bis 7 sind abgescheert; die Nietlochwand von Niet 3 ist zerdrückt; das Band steht oben 85 mm ab.

Band 54. Die Niete 1 bis 4 sind abgescheert; der äussere Kopf von Niet 3 ist abgesprungen; das Band steht oben 290 bis 320 mm ab und ist um Niet 8 verbogen. An der obern Kröpfung ist die Farbe abgesprungen.

Band 52. Die Niete 1 bis 4 sind abgescheert; das Band steht oben um 35 mm und unterhalb des Nietes 11 am Ende 11 mm vom Stehbleche und 100 mm vom Gurtwinkelrande ab.

Band 50. Niet 1 ist abgescheert, der innere Kopf abgesprungen; durch Nietloch 2 und 3 geht ein Stehblechrifs; von Niet 8 ist der äussere Kopf abgesprungen; das Band steht 2 mm vom Stehbleche ab und 15 mm vom Gurtwinkelrande.

Band 48. Die Niete sind unversehrt; das Band ist innerhalb der Kröpfung um 5 mm nach aussen verbogen und steht von Niet 4 aus etwa 2 mm vom Stehbleche ab.

Band 46. Das Band steht unterhalb Niet 4 um 1 mm vom Stehbleche ab.

Band 44. Oben sind im Anstriche zwischen Band und Stehblech Risse bemerkbar.

Band 42 bis 0. Alle diese Bänder sind unversehrt; nur bei

den Bändern 8, 6 und 4 sind Haarrisse im Anstriche zwischen Strebe und Stehblech zu bemerken. Die Vernietung ist überall gut.

**Druckstreben.** Band 67. Niete 3 und 4 sind gebrochen und das Band ist mit Gurt- und Endständerstehblech um 100 mm nach innen verbogen.

Band 65. Niet 4 ist innen gebrochen und das Band verdreht; 100 mm oberhalb Niet 6 ist das Band um 176 mm nach außen, bei Niet 6 ist um 150 mm und zwischen Niet 6 und 8 um 40 mm nach außen verbogen.

Band 63. Niet 6 ist abgescheert, wie bei Band 62; zwischen den Nieten 4 und 5 ist das Band um 80 mm, zwischen 7 und 8 um 95 mm nach außen verbogen und verdreht.

Band 61. Niet 8 fehlt, das Band ist verbogen, bei Niet 8 geknickt und durch das Nietloch angerissen; zwischen Niet 4 und 6 ist es um 9 mm nach innen, bei 6 um 120 mm nach außen, 130 mm unterhalb 6 um 145 mm nach außen, über dem Stehbleche unten 20 mm nach innen verbogen, an letzterer Stelle geknickt.

Band 59. Die Niete 4, 6 und 8 sind außen abgescheert, wie bei den Bändern 56, 58 und 60. Bei Niet 6 ist der Verband mit dem Zugbande gelöst; das Band ist S-förmig verbogen bis Niet 8, steht bei 4 um 3 mm vom Stehbleche ab, zwischen Niet 4 und 6 ist es 105 mm nach außen, bei 6 um 75 mm nach außen, zwischen 6 und 8 um 75 mm nach innen verbogen. Es ist kein Bruch vorhanden, nur Farbe ist abgesprungen.

Band 57. Die Niete 4 und 8 sind außen abgescheert, wie bei den Bändern 54 und 58; innen sind sie fest; Niet 6 ist abgescheert, wie bei Band 56. Niet 7 ist gebrochen; das Band ist zwischen Niet 4 und 5 um 65 mm nach außen geknickt und am innern Rande angebrochen; zwischen 6 und 8 um 95 mm nach außen geknickt. Unter- und Obergurt sind verbogen.

Band 55. Niet 4 ist nach außen abgescheert, wie bei Band 52, innen fest; das Band ist um Niet 6 verdreht und zwischen den Nieten 4 und 6 um 94 mm nach innen, bei Niet 6 um 50 mm nach außen geknickt.

Band 53. Niet 8 ist innen abgerissen, das Band bei Niet 6 um 33 mm nach innen verbogen und zwischen 6 und 9 um 140 mm nach innen geknickt.

Band 51. Das Band ist bis Niet 7 gerade, unten mit dem Stehbleche verbogen, am Stehblechrande um 45 mm.

Band 49. Bei Niet 8 ist der äußere Kopf abgesprengt, wie bei Band 50; das Band ist bei Niet 6 um 12 mm, zwischen 6 und 8 um 16 mm nach außen verbogen.

Band 47. Das Band ist zwischen den Nieten 4 und 6 um 3 mm nach innen verbogen, oben ist Farbe losgesprungen.

An den Bändern 41 und 35 ist unten zwischen Strebe und Stehblech die Farbe abgesprungen, sonst ist an diesen und den übrigen Druckstreben nichts zu bemerken. Die Vernietung ist durchweg gut.

Ueber dem Lager gegen Hausach hat sich der Hauptträger um die innere Kante der Unterlagplatte gedreht und steht hinten 38 mm über der Platte.

Die Lagerplatte gegen Offenburg ist am Rande gegen die Brückenmitte um 2 mm in den Beton eingedrückt, hinten steht der Hauptträger 8 mm über der Platte.

#### b) Rechter Träger.

**Obergurt.** Der Obergurt ist vom Trägerende bis Pfosten XI gerade, hat hier eine kurze Biegung, verläuft sodann gerade bis zum Bruche bei Pfosten IX, wo er abermals eine kurze Biegung zeigt (Abb. 2, Taf. XXXIX). Gurtplatten und Gurtwinkel zeigen keine beschädigten Stellen.

Das Stehblech ist an seinem untern Rande an den in Abb. 2, Taf. XXXIX bezeichneten Stellen verbogen und bei Pfosten XI geknickt, ferner bei Pfosten IX oben durch Niet 1 des Bandes 50 und Niet 3 und 5 des Pfostens IX gebrochen und der äußere Gurtwinkelstofs klappt um 8 mm. Die Stehblechbruchfläche ist hellgrau, in der äußern Platte größtenteils körnig. Der Stehblechstofs zwischen den Pfosten VIII und IX ist bis zu 1 mm geöffnet.

Von Nietloch 2 des Bandes 62 ist das äußere Stehblech um 30 mm angerissen. Bei Pfosten X hat das äußere Stehblech vom Rande aus einen 80 mm langen Rifs durch Niet 6.

**Untergurt.** Die Gurtplatten sind ebenfalls unbeschädigt. Bei Pfosten IX + 0,60 m ist der lothrechte Schenkel des innern Gurtwinkels verbogen.

Die Formänderungen des Stehbleches sind aus Abb. 2, Taf. XXXIX zu erkennen. Bei Pfosten XI sind beide Stehbleche durch die Nietlöcher 8 und 11 gebrochen; die Bruchfläche ist hellgrau, sehnig mit etwa 50 % körniger Einlagen, namentlich in der innern Platte. Bei Pfosten IX + 0,60 m befindet sich ein starker Knick im untern Gurtstege.

**Pfosten.** Am Endpfosten steht die Abschlufsplatte außen 8 mm, innen 1 mm von den Gurtplatten ab. Das Abschlufsblech ist von der untern Nietreihe aus nach hinten verbogen; der Endpfosten hängt 36 mm über.

In Pfosten XI ist Niet 13 gebrochen; in Pfosten X sind die Niete 1 bis 7 abgescheert, von 3 ist der äußere, von 7 der innere Kopf abgesprungen; der Pfosten X hat sich gegen den Obergurt um 45 mm gesenkt und um 95 bis 112 mm gegen Offenburg verschoben.

In Pfosten IX sind die Nieten 2 bis 7 abgescheert. Von Nietloch 7 aus geht ein 10 mm langer Rifs nach dem Blechrande. Niet 1 und die nächsten Heftniete gegen die Brückenmitte zeigen Haarrisse in der Farbe um den Nietkopf.

Die übrigen Ständer sind unversehrt.

**Zugbänder.** Band 66. Die Farbe ist längs des Bandes losgesprungen.

Band 64. Die Niete 8 bis 11 sind abgescheert; das Band steht unten 22 mm vom Stehbleche und 85 mm vom Gurtwinkel ab.

Band 62. Die Niete 1 bis 4 sind abgescheert; Niet 6 ist gestreckt, der äußere Kopf zeigt Risse. Das Band ist oben 40 mm nach innen verbogen, bei Niet 6 geknickt.

Im Stehbleche ist Nietloch 1: 17 mm lang, 16 mm breit, 2: 16 mm lang, 15 mm breit, 3: 16 mm lang, 15 mm breit und 4: 15 mm lang und breit. An der oberen Kröpfung



findet sich eine etwa  $2\text{ mm}$  breite, blanke Stelle, von Reibung herrührend; die Kröpfung ist oben und unten unversehrt.

Band 60. Niet 6 fehlt, die Nieten 8 bis 11 sind abgescheert, Niet 9 ist wenig, 10 und 11 sind etwas mehr verbrannt, um etwa 20 % des Querschnittes. Das Band steht von Niet 4 aus nach außen ab, am untern Ende um  $160\text{ mm}$ . Die Nietlochwandungen und Kröpfungen sind unverändert.

Band 58. Die Nieten 1 bis 5 sind abgescheert; von Niet 6 ist der äußere Kopf abgesprengt, wie bei Band 59. Das Band zeigt an der obern Kröpfung im Anschlusse an das Stehblech eine  $2\text{ mm}$  breite blanke Stelle, die auf Reibung schließen läßt. Nietloch 4 ist nach oben erweitert und die Nietlochwandung etwas zerdrückt. Die Kröpfungen sind unverändert. Das Band steht oben  $16\text{ mm}$  vom Stege und  $85\text{ mm}$  vom Gurtwinkelrande ab.

Band 56. Niet 6 fehlt; die Nieten 8 bis 11 sind abgescheert; Nietloch 8 ist im Bande länglich erweitert. Das Band steht unten  $46\text{ mm}$  vom Stehbleche,  $85\text{ mm}$  vom Gurtwinkel ab. Die Kröpfungen sind unversehrt.

Band 54. Die Nieten 1 bis 4 sind abgescheert; Nietloch 4, das nur  $11\text{ mm}$  vom Bandrande absteht, ist  $17,5\text{ mm}$  lang,  $16\text{ mm}$  breit; das Eisen ist oben zerdrückt; eine leichte blanke Stelle findet sich an der Kröpfungsstelle. Das Bandende steht  $127\text{ mm}$  vom Gurtwinkel ab.

Band 52. Die Nieten 1 bis 4 sind abgescheert; das Band steht  $37\text{ mm}$  vom Stege und  $80\text{ mm}$  vom Gurtwinkel ab.

Bänder 50 und 48 zeigen um die Nietköpfe 1 bis 4 Risse in der Farbe und ebenso längs der Bänder.

An allen übrigen Bändern ist keine Aenderung zu bemerken. Die Vernietung ist durchweg gut.

**Druckstreben.** Band 67. Niet 10 ist gebrochen; der innere Kopf ist fest; das Band ist mit dem Gurtstege und Endpfostenbleche ausgebaucht, in der Mitte um  $12\text{ mm}$ . Um die Nietköpfe 8, 9, 11 sind Risse in der Farbe bemerkbar.

Band 65. Vom Niet 4 ist der Kopf innen abgesprungen; das Band ist zwischen den Nieten 1 und 5 sammt dem Stehbleche stark ausgeknickt; der Knick bei Niet 4 beträgt  $97\text{ mm}$  nach außen; das Band ist bei Niet 4 angebrochen.

Band 63. Um die Nietköpfe 1 bis 4 finden sich Risse im Anstrich; Niet 6 ist bei Band 62 behandelt; Niet 8 ist innen abgescheert. Das Band ist zwischen den Nieten 4 und 6 stark verbogen, in der Mitte  $55\text{ mm}$  nach außen, bei Niet 6  $95\text{ mm}$  nach innen,  $20\text{ cm}$  unterhalb Niet 6  $75\text{ mm}$  nach innen geknickt; an der Kröpfung und beim Knicke sind keine Risse bemerkbar. Das Band ist stark verdreht.

Band 61. Niet 4 ist bei dem Bande 58 behandelt; bei Niet 6 ist der äußere Kopf abgesprengt. Der Bruch ist langfaserig. Bei Niet 8 sind Strebe und Stehblech um  $12\text{ mm}$  nach außen verbogen; zwischen den Nieten 3 und 8 liegt eine S-förmige Verbiegung und das Band ist verdreht; zwischen 4 und 6 beträgt die Ausbauchung  $42$  bis  $110\text{ mm}$ , zwischen 6 und 8  $60$  bis  $120\text{ mm}$ .

Band 59. Die Nieten 5 und 6 sind abgescheert; bei Niet 7 ist der innere Kopf abgesprengt, Niet 8 ist vom Bande 60 abgescheert. Das Band ist von Niet 4 aus verdreht, bei 6 um  $30\text{ mm}$  nach außen verbogen, zwischen 6 und 8 nach innen geknickt, an der Kröpfungsstelle ist das Stehblech um  $32\text{ mm}$ , das Band um  $40\text{ mm}$  nach außen verbogen; kein Bruch ist bemerkbar.

Band 57. Niet 4 ist bei Band 54 behandelt. Niet 6 fehlt; das Band ist von Niet 3 an bis zur untern Kröpfung S-förmig verbogen und verdreht, zwischen 4 und 6 um  $115\text{ mm}$  nach außen, bei 6 um  $40\text{ mm}$  nach außen, zwischen 6 und 8 um  $75\text{ mm}$  nach innen gebogen.

Band 55. Die Nieten 4 und 8 sind von den Bändern 52 und 56 abgescheert; der Nietkopf 6 ist außen abgesprengt; der Bruch ist körnig. Das Band ist von Niet 3 bis 9 nach außen ausgebaucht und verdreht, bei der obern Kröpfung um  $15\text{ mm}$ , bei Niet 6 um  $125\text{ mm}$ ,  $230\text{ mm}$  unterhalb 6 um  $160\text{ mm}$ , am unteren Stehblechrande um  $140\text{ mm}$ ; der Stegrand selbst ist um  $10\text{ mm}$  nach außen verbogen.

Band 53. Um die Nietköpfe 1 und 2 zeigen sich Risse im Anstrich; von Niet 11 ist der Kopf innen abgesprungen; der Bruch ist körnig; das untere Stehblech ist längs dem Strebenrande geknickt. Die Strebe ist bis Niet 6 unverändert; bei Niet 7 ist sie um  $2\text{ mm}$ , bei Niet 8 sammt dem Stehbleche um  $45\text{ mm}$  nach außen verbogen.

Band 51. Um die Nietköpfe 4 und 8 bis 11 zeigen sich Haarrisse im Anstrich; bei Niet 4 am Stehblechstofe steht die Strebe  $2\text{ mm}$  ab und ist bei Niet 6 um  $7\text{ mm}$  nach innen verbogen; an der untern Befestigungsstelle zeigt sie eine Bewegung von  $1,5\text{ mm}$  an der obern von  $1\text{ mm}$ .

Band 49 ist in der Mitte um  $4\text{ mm}$  nach innen verbogen und oben um  $2\text{ mm}$ , unten kaum merklich verschoben; im Anstrich sind oben und unten Risse längs der Strebe zu erkennen.

Alle übrigen Streben sind unverändert und die Vernietung ist gut.

**Lager.** Die Lagerplatte gegen Offenburg ist hinten um  $7\text{ mm}$  gehoben, vorn um  $1\text{ mm}$  in den Betonpfeiler eingepreßt; der Träger steht hinten um  $1\text{ mm}$  über der Platte.

Ueber der Lagerplatte gegen Hausach ist der Trägeruntergurt derart gewölbt, daß er nur auf dem hintern und vordern Plattenrande aufruhrt und in der Mitte um  $5\text{ mm}$  absteht. Diese Erscheinung hat ihren Grund in der Wirkung der Streben 67 und 65 und des Pfostens XI.

**Einbau.** Am Querträger XI ist der Obergurt gegen Hausach mit  $25\text{ mm}$  Pfeil, der Untergurt gegen Offenburg mit  $10\text{ mm}$  Pfeil verbogen und der obere, innere, wagerechte Gurtwinkelschenkel unter den Längsträgern nach unten gedrückt. Querträger X ist um  $10\text{ mm}$  gegen Hausach verbogen; die Schrauben zwischen Längs- und Querträger sind abgescheert. Die übrigen Querträger sind unverändert. Die Vernietung ist durchweg unversehrt.

Die Schwellenträger sind unbeschädigt; nur die Stofsverbindung über Querträger IX ist gelöst und zwar sind

sämtliche vier Stofslaschen über dem Querträgerwinkel gegen Hausach durch die zweite, innere Nietreihe gebrochen; von den Befestigungsschrauben der Längsträger auf den Querträger sind die vier gegen Hausach abgesprengt.

Ueber Querträger X sind die Längsträger etwa 1 cm in die Querschwellen eingedrückt.

Der Längsträger trägt links von Querträger IX bis XI frei, rechts ruht der Längsträger nur noch auf dem einen Gurtwinkel des Querträgers X.

Ueber Querträger VIII und IX kamen die Schienen zur Auflagerung auf den beiderseitigen Gerüsten, die nur unbedeutend nachgegeben haben.

Die auf S. 318 besprochenen Spielräume zwischen den beiden Gurtstegblechen haben sich während der Probe nicht verändert.

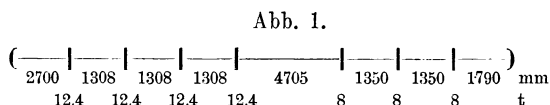
8. Bestimmung der Beanspruchungen.

a) Gurtbeanspruchung.

Die Brücke ruhte während des Betriebes, wie auch während der Bruchprobe auf 60 cm langen Gleitplatten. Der im Jahre 1893 aufgestellten Festigkeitsberechnung wurde den geltenden Bestimmungen entsprechend als Stützweite die Entfernung von Mitte zu Mitte Auflagerplatte mit rund 19,30 m zu Grunde gelegt.

Der Schwerpunktsabstand der beiden Gurtungen wurde zu 1,36 m ermittelt.

Die ruhende Belastung betrug einschliesslich Gleis, Schwellen und Belag 1700 kg/m; als Verkehrsbelastung wurden drei Lokomotiven nach Textabb. 1 angenommen und die grössten Mo-



mente der hierfür aufgestellten Zusammenstellung entnommen. Hiernach betrug für einen Träger:

- a) das grösste Moment  $M_1$  der ruhenden Belastung 39500 kg
- b) « « «  $M_2$  der Verkehrslast

$$0,5 \left( 221037 + \frac{1,3}{2,0} 44797 \right) = 125100 \text{ kg}$$

$$M_{gr} = M_1 + M_2 \text{ für einen Träger} = 164600 \text{ kg,}$$

daher die grösste Gurtkraft S in Trägermitte

$$S = \frac{164600}{1,36} = 120800 \text{ kg.}$$

Der volle Gurtquerschnitt beträgt 202,3 qcm. Die Stöße der Gurtplatten, Gurtwinkel und Stehbleche sind nicht besonders gedeckt; doch sind sie nach Abb. 3, Taf. XXXVI verschränkt angeordnet; daher wurde zur Berücksichtigung der Stöße auf die ganze Trägerlänge von Ober- und Untergurt eine Gurtplatte aufser Rechnung gelassen. Unter Berücksichtigung der Nietverschwächungen verbleibt hiernach ein Nutzquerschnitt der Gurtung von  $F = 153,2$  qcm, also beträgt die grösste Zug- und Druckspannung der Gurtung

$$\sigma^1 = \frac{120800}{153,2} = 788 \text{ kg/qcm.}$$

Hierzu treten jedoch noch Nebenspannungen.

Da die Achsen der Gitterstäbe sich nicht in der Schwerpunktsachse der Gurtung schneiden, so entsteht noch eine Nebenspannung durch das Moment  $M_0 = P \cdot a$ , das von der Gurtung und den Streben im Verhältnisse der Werthe  $\frac{J_1}{s} : \frac{J_2}{d}$  aufzunehmen ist, wenn

P = die wagerechte Seitenkraft der Gitterstabkraft,  
a den Abstand des Schnittpunktes eines Zugbandes mit der zugehörigen Druckstrebe von der Gurtungsschwerachse = 10 cm,

$J_1$  das Trägheitsmoment des Gurtquerschnittes = 16734 cm<sup>4</sup>,

$J_2$  das Trägheitsmoment des Strebenquerschnittes = 117 cm<sup>4</sup>, bezüglich der Schwerpunktsachse,

s die Länge des an den Knotenpunkt anschliessenden Gurtstabes = 60 cm,

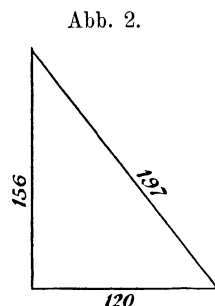
d die Länge des Gitterstabes = 49 cm

bedeutet.

Bei Bestimmung der Kraft P ist diejenige Laststellung zu wählen, die für den fraglichen Querschnitt das grösste Moment liefert. Die maßgebenden Querkräfte betragen danach

	Eigengewicht	Verkehrslast	Summe
a) am Auflager . . . . .	8200	30390	38590 kg
b) in $\frac{3}{4}$ der Stützweite . . . . .	4100	15150	19250 «
c) in Trägermitte . . . . .	0	3450	3450 «

Hieraus ergibt sich der Werth für P unter Berücksichtigung



sichtigung der vierfachen Wandgliederung nach Textabb. 2

a) zunächst dem Auflager  $P_1 = \frac{38590 \cdot 120}{4 \cdot 156} = 7420$  kg

b) in  $\frac{3}{4}$  der Stützweite  $P_{3/4} = \frac{120}{4 \cdot 156} \cdot 19250 = 3700$  kg

c) in Trägermitte  $P_{1/2} = \frac{120}{4 \cdot 156} \cdot 3450 = 660$  kg

bezeichnet ferner:

$l_1 = 32$  cm den Abstand der äussersten Faser von der Schwerpunktsachse der Gurtung,

$l_2 = 5,25$  cm der Strebe,

so beträgt die Nebenspannung\*) für die Gurtung

a) in der Nähe des Auflagers

$$V_1 = \frac{M_0 l_1}{s \left( 2 \frac{J_1}{s} + \frac{J_2}{d} \right)} = \frac{7420 \cdot 10 \cdot 32}{60 \left( 2 \frac{16734}{60} + \frac{117}{49} \right)} = 71 \text{ kg/qcm}$$

\*) Engesser, Nebenspannungen S 68.

b) in  $\frac{3}{4}$  der Stützweite  $\frac{3700}{7420} \cdot 71 = 35 \text{ kg/qcm}$

c) in Trägermitte  $\frac{660}{7420} \cdot 71 = 6 \text{ kg/qcm}$ .

Die Grund- und Nebenspannung der Gurtung sind in Textabb. 3 dargestellt. Es erhellt hieraus, dass obige Neben-

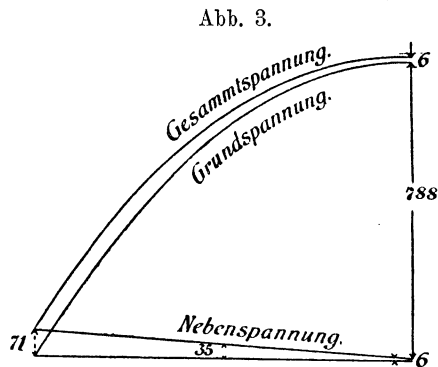


Abb. 3.

spannung mit Rücksicht auf den durchweg gleichen Gurtquerschnitt ohne wesentliche Bedeutung ist, wenigstens bei Auftreten der gewöhnlichen Verkehrslast.

Die bisherige Berechnung der Gurtbeanspruchungen setzt voraus, dass sich die Gurtspannkraft, abgesehen von der kleinen Nebenspannung, gleichmäßig über den ganzen Gurtquerschnitt vertheilen; dies trifft jedoch erfahrungsgemäß bei engmaschigen Gitterträgern, wie der vorliegende, nicht zu; vielmehr verhalten sich diese bezüglich der Gurtspannungen ähnlich wie die vollwandigen Träger, d. h. die Spannungen in den Gurtungen nehmen ungefähr im Verhältnisse der Entfernung der fraglichen Faser von der Schwerpunktsachse des Trägers zu. Die im Jahre 1895 an der Wiesebrücke bei Basel vorgenommenen eingehenden Spannungsmessungen haben diese Annahme vollauf bestätigt.

Das kleinste Trägheitsmoment des vollen Gurtquerschnittes beträgt  $J = 1905600 \text{ cm}^4$   
 ab für Nieten und eine Gurtplatte  $= 501600 \text{ cm}^4$   
 daher  $J = 1404000 \text{ cm}^4$

Das Widerstandsmoment ist

$$W = \frac{1404000}{74} = 18974 \text{ cm}^3,$$

die Spannung der äußersten Faser in Trägermitte am Plattenstosse ist also:

$$\sigma^2 = \frac{164600}{18974} = 867 \text{ kg/qcm}$$

Die tatsächliche Beanspruchung wird zwischen den als Fachwerk und als Vollwandträger berechneten Werthen liegen und kann etwa zu

$$\sigma = \frac{(788 + 6) + 867}{2} = 830 \text{ kg/qcm}$$

angenommen werden.

Die Beanspruchung der Gurtung, namentlich des Gurtstehbleches, wurde ferner noch durch die einseitige Befestigung der Gitterstäbe am Stehbleche ungünstig beeinflusst; da die Abweichung nur klein und die Querkräfte in der Nähe der Brückenmitte unbedeutend sind, so entsteht nur ein kleines Moment, das für die Beanspruchung der äußersten Gurtfaser in Trägermitte vernachlässigt werden kann.

Die Beobachtung während des Bruchversuches hat ergeben, dass die inneren Kanten der Lagerplatten die Drehpunkte der Trägerdurchbiegung bildeten, so dass tatsächlich die Stützweite nicht  $19,30 \text{ m}$ , sondern nur  $l = 18,80 \text{ m}$  betrug.

Werden die obigen Zahlen hiernach umgerechnet, so ergeben sich

$$M_1 = 37600 \text{ kg/m}$$

$$M_2 = 119500 \text{ «}$$

$$M_{gr} = M_1 + M_2 = 157100 \text{ kg/m}$$

$$\text{und } \sigma = \frac{(754 + 6) + 827}{2} = 794 \text{ kg/qcm}$$

oder rund  $800 \text{ kg/qcm}$  als größte Gurtbeanspruchung der Brücke während des Betriebes.

Beim Bruchversuche kamen folgende Belastungen in Betracht:

- a) Das Eisengewicht der Brücke mit  $23000 \text{ kg}$ , das als gleichmäßig vertheilt angenommen werden kann.
- b) Das Gewicht der Schwellensätze über Querträger  
 I/II mit  $3760 \text{ kg}$ , über III/IV mit  $3340 \text{ kg}$ ,  
 über V/VI mit  $3750 \text{ kg}$ , über VII/VIII mit  $3360 \text{ kg}$  und  
 über IX/X mit  $3480 \text{ kg}$ .
- c) Das Gewicht der aufgebrachten Schienen.

Wiewohl die Lasten b und c durch Vermittelung der durchlaufenden Längsträger auf die Querträger übertragen werden, so kann doch ohne wesentliche Beeinflussung der Rechnungsergebnisse angenommen werden, dass die Lasten über den einzelnen Querträgerpaaren hälftig auf die fraglichen beiden Querträger entfallen. Nur von der über den Querträgern IX/X befindlichen Last ist anzunehmen, dass ein Theil durch Vermittelung der Längsträger auf Querträger XI übertragen wurde. Für die Berechnung der größten Gurtbeanspruchung kann dies jedoch als unerheblich außer Rechnung gelassen werden.

Linker Träger. Die größten Momente ergeben sich an den Querträgern VI und VII. Das maßgebende Moment des Eisengewichtes a) wird mit  $M_1$ , das größte Moment aus Schwellen und Schienen mit  $M_2$  bezeichnet; ferner sei wie bisher

$$M_{gr} = M_1 + M_2 \quad S = \frac{M_{gr}}{h} = \frac{M_{gr}}{1,36}$$

die größte Gurtkraft und

$$\sigma^1 = \frac{S}{F} = \frac{S}{153,2}$$

die Gurtspannung.

Zusammenstellung III.

Gurtspannungen.

Belastung	$M_1$	$M_2$	$M_{gr}$	$S = \frac{M_{gr}}{h}$	$\sigma^1 = \frac{S}{F}$
I. v. 19. Oct. Abds. 5 Uhr	25500	149000	174500	128500	838
II. v. 20. „ Abds. 5 Uhr 30	25500	178000	203500	149500	975
III. v. 20. „ „ 6 Uhr 30	25500	185000	210500	154500	1008
IV. v. 21. „ Mgs. 9 Uhr 30	25500	235200	260700	192000	1253
V. v. 21. „ Mgs. 11 Uhr 40	25500	262300	287800	211500	1377
VI. v. 21. „ Mttgs 1 Uhr	24900	277500	302400	222300	1450
	kg/m	kg/m	kg/m	kg	kg/qcm

Die Nebenspannungen in Folge schiefer Befestigung der Wandglieder sind auch hierfür ganz unbedeutend und betragen im ungünstigsten Falle 21 kg/qcm.

Unter Berücksichtigung dieser Nebenspannungen steigern sich die größten Gurtspannungen

für Belastung I II III IV V VI  
auf  $\sigma^1 = 841 \quad 975 \quad 1013 \quad 1267 \quad 1400 \quad 1473$  kg/qcm

Momente und Querkräfte über Querträger VI über Querträger VII

Wird der Träger als Blechträger betrachtet, so ergeben sich als größte Spannungen der äußersten Gurtfaser:

für Belastung I II III IV V VI  
 $\sigma^2 = \frac{M \text{ gr}}{W} \quad 921 \quad 1070 \quad 1110 \quad 1375 \quad 1515 \quad 1595$  kg

Aus  $\sigma^1$  und  $\sigma^2$  ergibt sich wie früher ein Mittelwerth  
 $\sigma = \frac{\sigma^1 + \sigma^2}{2} = \frac{841 + 921}{2} \quad \frac{975 + 1070}{2} \quad \frac{1013 + 1110}{2}$

$\sigma = \frac{\sigma^1 + \sigma^2}{2} = \frac{1263 + 1375}{2} \quad \frac{1400 + 1515}{2} \quad \frac{1473 + 1595}{2}$   
= 1320 1458 1534

als Beanspruchung an der Stelle des größten Momentes.

An der Bruchstelle bei Querträger IX betragen die Spannungen:

Zusammenstellung IV.

Bruchstelle.						
Belastung		M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M gr	S = $\frac{M \text{ gr}}{h}$	$\sigma = \frac{S}{F}$
I.	v. 19. Oct. Abds. 5 Uhr 30	18000	102500	120500	88700	578
II.	v. 20. " " 5 Uhr 30	18000	127000	145000	106200	692
III.	v. 20. " " 6 Uhr	18000	132500	150500	110700	722
IV.	v. 21. " Mgs. 9 Uhr 30	18000	172000	190500	139700	912
V.	v. 21. " Mgs. 11 Uhr 40	18000	192500	210500	154700	1010
VI.	v. 21. " Mttgs. 1 Uhr	18000	215500	233500	171700	1120
		kg/m	kg/m	kg/m	kg	kgqcm

Werden die Nebenspannungen berücksichtigt und ferner auch die Beanspruchungen unter der Annahme eines Blechträgers berechnet und sodann, wie oben, die Mittelwerthe gebildet, so ergeben sich folgende Gurtspannungen an der Bruchstelle:

Zusammenstellung V.

Bruchstelle.					
Grundspannung $\sigma'$	Nebenspannung $\sigma''$	$\sigma^1 = \sigma' + \sigma''$	$\sigma^2 = \frac{M \text{ gr}}{W}$	$\sigma = \frac{\sigma^1 + \sigma^2}{2}$	
I.	578	42	620	635	628 kg/qcm
II.	692	51	743	761	752 "
III.	722	53	775	793	784 "
IV.	912	67	979	1002	990 "
V.	1010	74	1084	1108	1096 "
VI.	1120	78	1198	1230	1214 "

Während der Bruchprobe hat sich gezeigt, dafs in Folge der einseitigen Befestigung der Gitterstäbe Drehmomente auftraten, die eine Verbiegung des Gurtsteges verursachten. In der Nähe der Pfosten wurden diese Momente von den kräftigen Pfosten aufgenommen, zwischen letzteren wurden dagegen Nebenspannungen in den Gurtungen hervorgerufen, die an und für sich gering gewesen wären, wenn die Gurtungen als Ganzes

entgegen gewirkt hätten. Thatsächlich wirkten aber diese Drehmomente nur auf den freien Theil des Gurtsteges und brachten diesen unterstützt durch die Kröpfung der Gitterstäbe zur Ausbauchung. Diese Formänderungen wurden im Druckgurte und im Zuggurte beobachtet, woraus zu schliessen ist, dafs in den fraglichen Feldern im Wesentlichen nur die Gurtplatten, Gurtwinkel und der zwischen letzteren liegende Theil des Steges wirksam waren und bei Bestimmung der Gurtbeanspruchung für die Bruchbelastung in Rechnung gezogen werden können; hierdurch erhöht sich obige Gurtspannung unter Berücksichtigung der geänderten theoretischen Trägerhöhe wesentlich, nämlich um etwa 17% somit für die Bruchbelastung auf 1420 kg/qcm.

Die durch das Drehmoment selbst in den äußersten Gurtfasern bedingte zusätzliche Spannung kann daneben vernachlässigt werden. Hervorzuheben ist noch, dafs nach Ausknickung der Druckstreben derjenige Theil der Druckkräfte, der von diesen Streben nicht mehr übertragen werden konnte, durch Vermittelung der Gurtung auf die nächsten Ständer übertragen werden mußte. Dies bezieht sich in erster Reihe auf Feld X/XI, sodann auf Feld IX/X, in denen die Grundspannungen der auf die ganze Trägerlänge gleich starken Gurtungen klein sind, so dafs hier, wie auch an der Bruchstelle bei Ständer IX die Elasticitätsgrenze des Eisens nicht erreicht war, bevor durch Abscheeren der Wandgliednietung zwischen Ständer IX und XI der Zusammenhang zwischen Ober- und Untergurt gelöst war und beide Gurte als Einzelträger wirken mußten. Erst nach der Lostrennung der Gitterstäbe von den Gurtungen stieg die Gurtbeanspruchung rasch und führte zum Bruche der Gurte.

Der Vollständigkeit wegen sei noch erwähnt, dafs auch durch die oben (S. 321) beschriebene seitliche Verschiebung der Hauptträgergurte Nebenspannungen verursacht wurden, die aber ebenfalls als unerheblich unberücksichtigt bleiben können und dafs die Zugspannungen im Untergurte durch die entgegengesetzte Wirkung der Gleitlager vermindert wurde.

Für den rechten Träger ergeben sich auf gleiche Weise folgende Werthe:

An der Stelle des größten Werthes:

Zusammenstellung VI.

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M gr	S = $\frac{M \text{ gr}}{h}$	$\sigma^1 = \frac{S}{F}$	$\sigma^1$	$\sigma^2 = \frac{M \text{ gr}}{W}$	$\sigma = \frac{\sigma^1 + \sigma^2}{2}$
I	25500	150000	175500	129000	841	848	925	887
II	25500	180000	205500	151000	986	994	1082	1038
III	25500	187500	213000	156700	1022	1029	1125	1077
IV	25500	232500	258000	189800	1238	1245	1360	1303
V	25500	257000	282500	208000	1358	1365	1490	1427
VI	25500	270000	295500	217000	1418	1423	1557	1490

An der Bruchstelle bei Querträger IX:

Zusammenstellung VII.

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M gr	S	$\sigma^1$	$\sigma^1$	$\sigma^2$	$\sigma$
I	16100	96000	112100	82400	538	584	590	587
II	16100	115900	132000	97000	634	689	695	692
III	16100	120000	136100	100000	653	709	716	713
IV	16100	154900	171000	125800	822	893	900	897
V	16100	172700	188800	138900	906	985	995	990
VI	16100	191000	207100	152400	995	1079	1090	1085
	kg/m	kg/m	kg/m	kg	kg	kg	kg	kg/qcm

Für die Bruchbelastung ergibt sich mit 17 0/0 Zuschlag 1270 kg/qcm. Im Uebrigen gilt das Gleiche, wie für den linken Träger.

Bei vorstehenden Berechnungen wurde angenommen, daß sich die Last über jedem Querträger hälftig auf jedem Träger vertheilt habe. Diese Voraussetzung trifft, wie später gezeigt werden wird, nicht zu und zwar zu Ungunsten des linken Trägers.

#### b) Beanspruchung der Gitterstäbe.

Zunächst ist die 1893 aufgestellte Berechnung der Gitterstäbe nach den bestehenden Vorschriften mitzutheilen.

Die Stützweite wurde von Mitte zu Mitte Auflagerplatte mit 19,3 m eingeführt, die Querkräfte der Verkehrslast der hierfür gültigen Zusammenstellung entnommen; hiernach erhalten für einen Träger

- a) am Auflager  $0,5 (57279 + \frac{1,3}{2} 5242) = 30390 \text{ kg} = V_1$   
 b) in  $\frac{3}{4}$  Stützweite  $0,5 (36775 + \frac{1,3}{2} 1843) = 18990 \text{ kg} = V_{3/4,1}$   
 c) in Trägermitte  $0,5 (19654 + \frac{1,3}{2} 1009) = 10486 \text{ kg} = V_{1/2,1}$

Hierzu vom Eigengewicht herrührend

$$V_1 = 8200 \quad V_{3/4,1} = 4100 \quad V_{1/2,1} = 0,$$

daher im Ganzen

$$V_1 = 38590 \text{ kg} \quad V_{3/4,1} = 23090 \text{ kg} \quad V_{1/2,1} = 10486 \text{ kg}$$

Mit diesen Werthen wurden die Gitterstabbeanspruchungen berechnet und hierbei die Annahme gemacht, daß das Gitterwerk mit vier Stäben gleichmäÙig wirke.

Die Gitterstäbe haben sämmtlich den Querschnitt  $10,5/1,2 \text{ cm}$  mit einem vollen Querschnitte  $F = 12,6 \text{ qcm}$  und einem Nutzquerschnitte  $f = (10,5 - 1,5) 1,2 = 10,8 \text{ qcm}$ .

Die Stabkraft ist

$$D = \frac{V}{4 \sin \alpha},$$

wenn  $\alpha$  den Winkel der Strebe mit der Wagerechten bezeichnet

$$\sin \alpha \text{ ist} = \frac{156}{\sqrt{156^2 + 120^2}} = 0,79$$

(Textabb. 2), daher

$$\text{Stabkraft am Auflager } D = \frac{38590}{4 \cdot 0,79} = 12220 \text{ kg}$$

$$\text{in } \frac{3}{4} \text{ Stützweite} = \frac{23090}{4 \cdot 0,79} = 7320 \text{ kg}$$

$$\text{in Trägermitte} = \frac{10486}{4 \cdot 0,79} = 3320 \text{ kg}$$

daher Beanspruchung der Gitterstäbe

$$\sigma^1 = \frac{D}{f},$$

beim Auflager, in  $\frac{3}{4}$  der Stützweite in Trägermitte  
 $\sigma^1 = 1130 \quad 677 \quad 307 \text{ kg/qcm}$

Entsprechend den Ausführungen von S. 325 kommt hierzu noch eine zusätzliche Beanspruchung in Folge schiefer Befestigung der Gitterstäbe, welche beträgt:

a) in der Nähe des Auflagers

$$\sigma'' = \frac{M_0 l_2}{d \left\{ 2 \frac{J_1}{s} + \frac{J_2}{d} \right\}} = \frac{7420 \cdot 10 \cdot 5,25}{49 \left\{ 2 \frac{16734}{60} + \frac{117}{49} \right\}} = 14 \text{ kg/qcm},$$

$$\text{b) in } \frac{3}{4} \text{ der Stützweite } \frac{3700}{7420} \cdot 14 = 7 \text{ kg/qcm},$$

$$\text{c) in Trägermitte } \frac{660}{7420} \cdot 14 = 3 \text{ kg/qcm},$$

somit nur 1,0 0/0 der Grundspannung.

Die Befestigung eines jeden Stabes erfolgt mit 4 Nieten von 15 mm Durchmesser mit zusammen 7,07 qcm Querschnitt, daher Nietbeanspruchung

$$\sigma'' = 1130 \frac{10,8}{7,07} = 1728; \quad 677 \frac{10,8}{7,07} = 1035;$$

$$307 \frac{10,8}{7,67} = 469 \text{ kg/qcm}.$$

Das vorhandene Gitterwerk wirkt jedoch nur so lange annähernd vierfach gleichmäÙig, als die Druckstreben mindestens einfache Knicksicherheit besitzen.

Das Trägheitsmoment einer Strebe rechtwinklig zur Trägerebene beträgt

$$J = \frac{10,5 \cdot 1,2^3}{12} = 1,512 \text{ cm}^4,$$

der Trägheitshalbmesser

$$i = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{1,512}{12,6}} = 0,346 \text{ cm}.$$

Bei  $l = 49 \text{ cm}$  Knicklänge ergibt sich

$$\lambda = \frac{l}{i} = \frac{49}{0,346} = 142,$$

daher ist die zulässige Knickfestigkeit

$$K_0 = \frac{20000000}{142^2} = 993 \text{ kg/qcm}.$$

Die Knicksicherheit beträgt somit auf Maschenlänge

$$n = \frac{993 \cdot 12,6}{12220} = 1,025.$$

Die Beobachtung während der Bruchprobe ergab, daß nur eine Stützweite  $l = 18,80 \text{ m}$  maßgebend ist, daher verkleinern sich die obigen Werthe wie folgt:

$$\text{a) am Auflager} \quad V = 37690 \quad D = 11950 \quad \sigma' = 1105$$

$$\sigma'' = 1690$$

$$\text{b) in } \frac{3}{4} \text{ Stützweite} \quad V = 22760 \quad D = 7200 \quad \sigma' = 660$$

$$\sigma'' = 1025$$

$$\text{c) in Trägermitte} \quad V = 10030 \quad D = 3170 \quad \sigma' = 293$$

$$\sigma'' = 448$$

$n = 1,05$  fache Knicksicherheit.

Dieser Werth ist nur zutreffend, so lange sich die Verkehrslasten gleichmäÙig auf die vier Netze vertheilen und von den beiden sich kreuzenden Streben die Kraft im Zugbande nicht kleiner ist, als die in der zugehörigen Druckstrebe. Die Knicksicherheit wird in diesem Falle mit Rücksicht auf die durch die festen Knotenpunktverbindungen verkürzte Knicklänge eine noch höhere sein; dagegen wird sich der Sicherheitsgrad vermindern, sobald eine ungleiche Lastvertheilung auf die einzelnen Netze eintritt, was besonders an den Stellen der Lastangriffspunkte eintreten kann. Da alle vier Netzzüge an der Kreuzungstelle mit den kräftigen Pfosten, den Angriffspunkten der Lasten, fest vernietet sind, so wird, so lange die Druckstreben auf Maschenlänge knicksicher sind, eine im Wesentlichen gleiche Lastvertheilung eintreten. Tritt dagegen bei größerer Belastung eine Ueberlastung der Druckstreben

ein, so können diese innerhalb der Grenze ihrer Elasticität nur so viel Kraft aufnehmen, wie ihrer einfachen Knicksicherheit entspricht; der Rest ist durch Vermittelung der Pfosten und der Gurtung in die Zugstreben zu übertragen.

Da die Zugbänder und die Druckstreben im Anschlusse an das Gurtstehblech gekröpft sind, so erleiden sie eine weitere Nebenspannung, hervorgerufen durch das Moment  $M = D \cdot r$ , wenn  $D$  die Stabkraft und  $r = 0,6$  cm das Maß der Kröpfung bedeutet.

Am Auflager ist somit  $M = 12220 \cdot 0,6 = 7332$  kg/cm Das Widerstandsmoment eines Gitterstabes ist:

$$W = \frac{1}{6} (10,5 \cdot 1,2^2) = 2,52,$$

daher die zusätzliche Beanspruchung an der Kröpfungstelle:

$$\sigma = \frac{7332}{2,52} = 2910 \text{ kg/cm}^*).$$

Diese Beanspruchung würde in Verbindung mit der oben berechneten Grundspannung der Strebe von 1105 kg/qcm die Bruchfestigkeit des Eisens überschreiten; gleichwohl zeigten die Streben des langjährigen Betriebes der Brücke an diesen Stellen keine Risse oder Veränderungen, die auf eine derartige Ueberanstrengung schließen lassen. Es ist dies ein Beweis dafür, daß die oben berechnete hohe Nebenspannung thatsächlich nicht auftrat und erklärt sich dies aus dem Umstande, daß die Kraftübertragung in erster Reihe in der Berührungsebene zwischen Gurtsteg und Strebe durch Reibung und Vermittelung der Nieten erfolgte, also in einer Ebene, die mit der Achse der abgekröpften Streben zusammenfällt.

Die Wirkung der einseitigen Befestigung der Gitterstäbe am Gurtstehbleche wird durch die symmetrische Anordnung der Zug- und Druckbänder und deren Vernietung an den Kreuzungstellen im Wesentlichen aufgehoben. Dies trifft jedoch nur zu, solange die Lastvertheilung auf die einzelnen Netze gleichmäßig erfolgt und die Druckstreben mindestens einfache Sicherheit gegen Ausknicken haben.

Für die einzelnen Belastungen bei der Probelastung ergeben sich folgende Querkräfte:

a) Für den linken Träger.

Zusammenstellung VIII.

	Eigen- gewicht	Schwellen- und Schienenbelastung					
		I	II	III	IV	V	VI
Auflager . . .	10810	35500	38570	39370	45400	48500	50000
Querträger I	10690	29260	32330	33180	39160	42260	43760
„ II	8620	23020	26090	26890	32920	36020	37520
„ III	6550	16880	19950	20480	26780	29880	31380
„ IV	4480	10740	13810	14340	20640	23740	25240
„ V	2410	4500	5940	5930	9710	11380	12880
„ VI	340	1740	1930	2480	1220	980	520
„ VII	1730	8340	9700	10450	12150	13240	11740
„ VIII	3800	14180	17470	18220	22880	25150	24000
„ IX	5870	20350	25270	26570	33740	37750	40170
„ X	7940	26520	33000	34350	44600	50000	56340
„ XI	10010	26520	33000	34350	44600	50000	56340
Auflager . . .	10810	26520	33000	34350	44600	50000	56340

\*) Bezüglich des Umstandes, daß diese Berechnung zu ungünstig ist, verweisen wir auf Zeitschr. d. Ver. deutsch Ing., 1892, S. 533; Zeitschr. f. Arch.- und Ing.-Wesen, Wochen-Ausgabe, 1899 S. 250. Anmerkung der Schriftleitung.

Wird hierfür wie oben eine gleichmäßige Vertheilung auf die vier Netze angenommen und ferner vorausgesetzt, daß alle Bänder eines lothrechten Schnittes gleich beansprucht sind, eine Voraussetzung, die durch die vermittelnde Wirkung der Pfosten wesentlich unterstützt wird, so ergeben sich die in den Zusammenstellungen IX und X ausgeführten Spannungen aus Eigengewicht und der ganzen Lastensumme.

Dazu kommen noch die Nebenspannungen aus der schiefen Befestigung der Wandglieder; diese sind im Verhältnisse zu den Grundspannungen belanglos, weshalb hier nur die beiden Grenzwerte angegeben werden.

Grundspannungen aus

Zusammenstellung IX.

	Eigen- gewicht	Schwellen- und Schienenbelastung					
		I	II	III	IV	V	VI
in Feld 0/I	316	1040	1130	1155	1330	1422	1465
I/II	314	860	947	972	1146	1240	1280
II/III	252	674	764	787	964	1055	1099
III/IV	192	494	584	599	795	875	915
IV/V	131	379	406	422	607	697	743
V/VI	70	132	174	174	285	334	378
VI/VII	10	50	56	72	35	28	15
VII/VIII	51	244	284	306	356	387	343
VIII/IX	111	415	512	533	670	736	703
IX/X	172	596	740	778	988	1106	1180
X/XI	293	777	966	1006	1306	1465	1620
XI/0	316	777	966	1006	1306	1465	1620

Gesamtspannungen aus

Zusammenstellung X.

		aus Eigengewicht und Belastung						Neben- span- nung
		I	II	III	IV	V	VI	
in Feld 0/I	1356	1446	1471	1646	1738	1781	25—33	
I/II	1174	1261	1286	1460	1554	1594	22—29	
II/III	926	1016	1039	1216	1307	1351	17—26	
III/IV	686	776	791	987	1067	1107	13—21	
IV/V	510	537	553	738	828	874	8—17	
V/VI	202	244	244	355	404	448	4—8	
VI/VII	60	66	82	45	38	25	1—0,4	
VII/VIII	295	335	351	407	438	394	5—8	
VIII/IX	526	623	644	781	847	814	10—16	
IX/X	768	912	950	1160	1278	1352	14—26	
X/XI	1070	1259	1299	1599	1758	1913	19—36	
XI/0	1093	1282	1322	1622	1781	1936	20—37	

kg/qcm.

Zur Befestigung der Wandglieder an den Gurtungen dienen 4 Niete von 15 mm Durchmesser mit zusammen 7,07 qcm Querschnitt, deren Gesamtspannung ergibt sich aus Zusammenstellung XI.

Nietspannungen aus  
Zusammenstellung XI.

		aus Eigengewicht und Belastung					
		I	II	III	IV	V	VI
in Feld	0/I	2075	2212	2251	2518	2659	2725
	I/II	1796	1929	1968	2234	2378	2439
	II/III	1417	1554	1589	1855	1999	2067
	III/IV	1049	1187	1210	1510	1632	1694
	IV/V	780	821	846	1129	1267	1337
	V/VI	309	373	373	543	618	685
	VI/VII	92	101	125	69	58	38
	VII/VIII	451	512	546	623	670	603
	VIII/IX	805	957	985	1195	1296	1241
	IX/X	1175	1395	1454	1775	1950	2065
	X/XI	1637	1926	1987	2446	2689	2922
	XI/0	1672	1961	2023	2482	2725	2958

kg/qcm.

## b) Für den rechten Träger.

Für den rechten Träger ergaben sich auf gleiche Weise die

Querkräfte zu  
Zusammenstellung XII.

	Eigen- gewicht	Schwellen- und Schienenbelastung					
		I	II	III	IV	V	IV
Auflager . . .	10810	32900	36290	37490	43010	45660	46820
Querträger I	10070	26600	30050	31250	36770	39420	40580
„ II	7940	20400	23810	25010	30530	33180	34340
„ III	5870	14280	17670	18870	24390	27040	28200
„ IV	3800	8540	11530	12730	18250	20900	22060
„ V	1730	2300	3660	4320	7320	8540	9700
„ VI	340	3940	4210	4090	3610	3820	2660
„ VII	2410	10000	11980	11860	14440	16080	14920
„ VIII	4480	16220	19750	19630	25270	28340	27180
„ IX	650	22390	27550	27980	36130	40630	43350
„ X	8620	28500	35220	36330	47000	59520	59520
„ XI	10690	28500	35220	36330	47000	59520	59520
Auflager . . .	10810	28500	35220	36330	47000	59520	59520

kg.

Wandgliedspannung zu  
Zusammenstellung XIII.

	Eigen- gewicht	Schwellen- und Schienenbelastung					
		I	II	III	IV	V	VI
in Feld	0/I	316	964	1063	1098	1260	1337
	I/II	316	779	880	915	1077	1155
	II/III	293	597	697	732	893	972
	III/IV	172	418	517	552	714	792
	IV/V	111	250	337	372	534	612
	V/VI	51	67	107	126	213	250
	VI/VII	10	115	123	119	105	111
	VII/VIII	70	292	351	347	423	471
	VIII/IX	131	475	578	575	740	830
	IX/X	192	656	807	819	1058	1161
	X/XI	252	835	1031	1065	1377	1550
	XI/0	314	835	1031	1065	1377	1550

Gesamtwandgliedspannungen.  
Zusammenstellung XIV.

		aus Eigengewicht und Belastung					
		I	II	III	IV	V	IV
in Feld	0/I	1280	1379	1414	1576	1653	1687
	I/II	1095	1196	1231	1393	1471	1497
	II/III	890	990	1025	1186	1265	1299
	III/IV	590	689	724	886	964	998
	IV/V	361	448	483	645	723	757
	V/VI	118	158	177	264	301	335
	VI/VII	125	133	129	115	121	88
	VII/VIII	362	421	417	493	541	507
	VIII/IX	606	709	706	871	961	927
	IX/X	848	999	1011	1250	1353	1462
	X/XI	1087	1283	1317	1629	1802	1996
	XI/0	1149	1345	1379	1691	1864	2058

Nietspannung.

Zusammenstellung XV.

in Feld	0/I	1958	2109	2163	2411	2529	2581
	I/II	1675	1830	1883	2131	2251	2290
	II/III	1362	1515	1568	1815	1935	1987
	III/IV	901	1054	1108	1356	1475	1527
	IV/V	552	685	739	987	1106	1158

		I	II	III	IV	V	VI
Feld	V/VI	180	242	271	404	461	513
	VI/VII	191	204	197	176	185	135
	VII/VIII	554	644	638	754	828	776
	VIII/IX	927	1084	1080	1333	1470	1418
	IX/X	1297	1528	1547	1913	2070	2237
	X/XI	1663	1963	2015	2492	2757	3054
	XI/0	1758	2058	2109	2587	2851	3149

in kg/qcm.

Nach vorstehenden in üblicher Weise berechneten Wandglied- und Nietspannungen ergeben sich die größten Beanspruchungen im rechten Träger zunächst dem Auflager gegen Hausach. Gleichwohl zeigten sich die ersten Formänderungen der Wandglieder im linken Träger und zwar schon unter Belastung IV; in diesem Träger trat auch der Bruch zuerst ein.

Die berechnete größte Wandgliedspannung beträgt:

im linken Träger Feld X/XI 1913 kg, Feld XI/0 1936 kg  
im rechten „ „ 1996 „ „ 2058 „  
somit im rechten Träger mehr 83 kg 122 kg

Eine genaue Begründung dieser auffallenden Erscheinung kann nicht gegeben werden; sie scheint in der ungleichen Höhenlage der Lagerplatten ihren Grund zu haben, die auch, wie auf Seite 317 bemerkt wurde, während des Betriebes vorhanden war.

Beide Träger hatten in unbelastetem Zustande schon während des Betriebes und bei dem Bruchversuche eine Durchbiegung, die für beide Träger nahezu gleich war, 12 und 11 mm, woraus auf eine Mehrbelastung des einen Trägers durch das



Eigengewicht nicht geschlossen werden konnte, um so weniger, als diese Durchbiegungen auf mangelhafte Aufstellung zurückzuführen sind.

Die Durchbiegungen unter der Verkehrslast waren während des Betriebes und unter den Belastungen I, II und III (Abb. 2 bis 4, Taf. XXXVII) für beide Träger gleich, da die Gesamtspannungen aus Eigengewicht und Verkehrslast die Elasticitätsgrenze noch nicht überschritten.

Daher trat die ungleiche Lastvertheilung während des Betriebes nicht in die Erscheinung, sondern erst unter der Belastung IV, unter welcher der linke Träger eine etwas größere Durchbiegung von 27,4 mm, als der rechte Träger mit 27,2 mm zeigte und die ersten Streben im linken Träger auszuknicken begannen.

Während des Betriebes und während des Bruchversuches lagen die Träger auf sämtlichen vier Lagern schon in unbelastetem Zustande hart auf. Das Eigengewicht der Brücke hat also allein genügt, um die Träger auf sämtlichen Lagern zum Aufliegen zu bringen. Die Mehrbelastung des einen Trägers liegt also jedenfalls innerhalb der Grenzen der Eigengewichtsbeanspruchungen.

Es fragt sich nun, wie groß diese Mehrbelastung war.

An dem für die Bruchprobe maßgebenden Ende der Brücke gegen Hausach lag das Lager des rechten Trägers tiefer, als das des linken. Die Querträger wirkten somit solange, bis der rechte Träger auf sein Lager heruntergesunken war, vom linken Träger aus verkragend mit der Last des rechten Trägers am freien Ende.

Hierdurch wurde ein Theil des Eigengewichtes des rechten Trägers auf den linken übertragen. Wie groß dieser Antheil war, läßt sich rechnerisch nicht ermitteln, da die genaue Gestalt der Träger bei der Aufstellung unbekannt ist. Die Bruchprobe selbst aber liefert Anhaltspunkte hierfür.

Im linken Träger wurden die ersten Formänderungen unter der Belastung IV, im rechten Träger erst unter der Belastung V beobachtet. Werden sonst gleiche Verhältnisse vorausgesetzt, eine Annahme, die wegen des früheren Eintretens von Formänderungen im linken Träger nicht vollständig zutreffen kann, so wird der Eintritt der ersten Formänderungen in jedem der beiden Träger bei der gleichen Beanspruchung erfolgt sein; für Belastung IV müssen also die Beanspruchungen im linken Träger so groß gewesen sein, wie für die Belastung V im rechten.

Nun ist aber in den Feldern IX/X, X/XI, XI/0 des linken Trägers für Belastung IV 1160 1599 1622 kg/qcm  
 > rechten < < < V 1353 1802 1864 <  
 somit im rechten Träger mehr . . . . 193 203 242 <

Sollen beide Spannungen gleich sein, so muß durch ungleiche Lastvertheilung soviel Last auf den linken Träger mehr, auf den rechten weniger abgegeben worden sein, wie einer Beanspruchung von  $\frac{193}{2} = 96$   $\frac{203}{2} = 101$   $\frac{242}{2} = 121$  kg/qcm entspricht; bei Eintritt der ersten Formänderungen wirken dann im linken Träger unter der Belastung IV, im rechten unter

Belastung V folgende Stabspannungen: in Feld IX/X 1256, X/XI 1700, XI/0 1743 kg/qcm. Die größte Spannung ergibt sich, wie nicht anders zu erwarten war, im Felde XI/0.

Es war daher anzunehmen, daß in diesem Felde die ersten Formänderungen eintreten würden. Wenn gleichwohl Band 59 im Felde X/XI und nicht Band 65 im Felde XI/0 zuerst auszuknicken begann, so liegt der Grund in Folgendem: Der Pfosten XI liegt nur rund 70 cm vom Stützpunkte des Trägers entfernt; die auf die ganze Länge gleich starke Gurtung ist hier nur ganz wenig beansprucht und der Untergurt daher im Stande, einen Theil der Querkkräfte durch Biegungsspannungen unmittelbar auf das Lager zu übertragen, wodurch die Streben des Endfeldes selbst entlastet werden. Hierzu kommt noch, daß sich der linke Träger während der Belastung um die der Trägermitte zugekehrte Auflagerplattenkante drehte und sich hinten von der Platte abhob, was nur bei wesentlicher Entlastung der Strebe 65 erfolgen konnte. Im Endfelde hatte daher die Strebe 63 am meisten auszuhalten, nach dem Gesagten jedoch wahrscheinlich weniger, als Strebe 59.

Ferner ist noch zu beachten, daß Strebe 63 wegen der Vernietung mit dem Pfosten XI eine kleinere freie Knicklänge hat, als Strebe 59.

Es wurde bisher angenommen, daß die Lastvertheilung gleichmäßig auf die vier Netzzüge erfolge. Wäre dies tatsächlich zutreffend, so hätte mit Rücksicht auf die größere Beanspruchung durch Eigengewicht Strebe 61 vor Strebe 59 auszuknicken müssen, was nicht der Fall war.

Die Druckstrebe 59 schließt im Obergurt unmittelbar an einen Pfosten X an, was bei der Strebe 61 nicht zutrifft. Die Strebe 59 wird daher von der Last in X unmittelbar, 61 nur mittelbar belastet. Nach den gemachten Erfahrungen, die durch die eingehenden Versuche an der Mühlbaehbrücke bei Mumpf bestätigt wurden, erhält aber das unmittelbar belastete Netz immer mehr, als das mittelbar belastete. Wie groß der Unterschied im vorliegenden Falle ist, läßt sich bei der großen Unbestimmtheit des Trägers schwer sagen, doch ist anzunehmen, daß er wegen der Vernietung sämtlicher Strebenzüge mit den Pfosten kein erheblicher sein kann; dieser Unterschied in den Spannungen der Streben 59 und 61 dürfte mit 5% reichlich bemessen sein, dann ergeben sich für Belastung IV statt der berechneten 1700 kg

für Strebe 59 etwa 1740 kg/qcm  
 < < 61 nur 1660 <

Die Stabkraft in der Druckstrebe 59 betrug hiernach beim Ausknicken

$$10,8 \cdot 1740 = 18800 \text{ kg}$$

bei  $f = 10,8$  qcm Nutzquerschnitt der Strebe; die Knickfestigkeit betrug

$$K_0 = \frac{18800}{12,6} = 1490 \text{ kg}$$

bei  $F = 12,6$  qcm vollem Strebenquerschnitte.

Das Trägheitsmoment einer Strebe beträgt

$$J = \frac{10,5 \cdot 1,2^3}{12} = 1,512 \text{ cm}^4,$$

der Trägheitshalbmesser

$$i = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{1,512}{12,6}} = 0,346.$$

Bezeichnet man mit  $l$  die freie Knicklänge, so ist

$$K_0 = \frac{20\,000\,000}{\left(\frac{l}{i}\right)^2} = 1490 \text{ kg,}$$

$$l = \sqrt{\frac{20\,000\,000 \cdot i^2}{1490}} = 41 \text{ cm,}$$

was der freien Länge der Strebe zwischen der Kröpfungstelle und dem Befestigungsniel an der Kreuzungstelle entspricht.

Mit der Ueberschreitung der Knicksicherheit der Streben tritt eine andere Lastvertheilung auf die einzelnen Glieder ein, von welcher der Eintritt des Bruches der Brücke wesentlich abhängig ist.

Wir lassen hier zunächst den vor der Bruchprobe verfaßten Bericht über die Bestimmung der voraussichtlichen Bruchbelastung der Brücke folgen, um hiermit sodann die Ergebnisse der Bruchprobe zu vergleichen.

»Den schwächsten Theil der Brücke bilden die Gitterstäbe und deren Befestigung an die Gurtung. Soll daher ein Bruch der Brücke herbeigeführt werden, so kann dieser entweder durch Ueberanstrengung der Wandglied-Anschlußniete oder der Streben selbst erfolgen. In beiden Fällen ist das Verhalten der Druckstreben gegen Ausknicken von besonderer Bedeutung. Wird die Belastung der Brücke und hiermit die Beanspruchung der Druckstreben allmähig gesteigert, so wird die Druckstrebe, sobald die Knickfestigkeit erreicht oder überschritten ist, ausknicken beginnen, und in diesem Zustande zunächst nur noch soviel aufzunehmen im Stande sein, wie einfacher Knicksicherheit entspricht, d. h. wie nöthig ist, um die Streben ausgebaucht zu erhalten, vorausgesetzt, daß die Träger den Rest der Belastung ohne bleibende Formänderung zu tragen vermögen. Treten jedoch bleibende Formänderungen namentlich der Zugbänder ein, was mit Rücksicht auf die Kröpfung am Gurtstehblech zu befürchten ist, so wird auch eine weitere Ausbauchung der Streben erfolgen und sofern die äußerste Faser hierdurch überangestrengt wird, auch eine bleibende Verbiegung der Druckstrebe eintreten und hiermit die letztere ihre Widerstandskraft ganz oder zum Theile einbüßen. Die bisher noch von den Druckstreben getragenen Querkräfte müssen nunmehr von den lothrechten Pfosten aufgenommen und von diesen unmittelbar oder durch Vermittelung der Gurtungen an die Zugbänder übergeführt werden.

Da nur jeder dritte Knotenpunkt einen Pfosten besitzt, der zugleich zur Befestigung der Querträger dient, also die Uebertragung der Verkehrslast auf die Hauptträger vermittelt, so werden diejenigen Gitterstäbe, an die die Pfosten die lothrechten Kräfte unmittelbar abgeben können, stärker beansprucht werden, als die übrigen; auch werden die Gurtungen nunmehr größere Nebenspannungen auszuhalten haben, die mit der Größe der Querkräfte von Trägermitte gegen die Auflager hinwachsen.

Da der Gurtquerschnitt unveränderlich ist, und zudem die Momente der beschwerten Lasten gegen die Widerlager hin

rasch abnehmen, so ist die Zunahme der Nebenspannungen von keiner besondern Bedeutung.

Es fragt sich nun, wieviel die Streben, und wieviel deren Befestigungsniete auszuhalten vermögen?

Der Nutzquerschnitt einer Strebe beträgt 10,8 qcm; wird eine Zugfestigkeit des Eisens von 3500 kg/qcm angenommen, so ist eine Bruchbelastung von

$$D = 10,8 \cdot 3500 = 37\,800 \text{ kg,}$$

oder eine Querkraft von

$$V = 37\,800 \frac{156}{197} = 30\,000 \text{ kg}$$

erforderlich.

Wird gutes Nieteisen mit einer Scheerfestigkeit von 3800 kg/qcm vorausgesetzt, so ergibt sich bei einem Gesamt-Nietquerschnitte von nur 7,07 qcm hierfür eine Bruchbelastung von

$$D = 7,07 \cdot 3800 = 26\,866 \text{ kg}$$

und eine Querkraft von

$$V = 26\,866 \frac{156}{197} = 21\,300 \text{ kg.}$$

Wird ferner angenommen, daß während das am ungünstigsten beanspruchte Zugband eines Schnittes eine Querkraft  $V$  aufzunehmen hat, die drei andere Zugbänder desselben Schnittes im Durchschnitte nur  $\frac{2}{3}V$  erhalten, so würde der Bruch der Befestigungsniete der Bänder bei einer größten Querkraft von  $V + 3 \cdot \frac{2}{3}V = 3V = 63\,900 \text{ kg}$  eintreten. Das

Eigengewicht der Brücke bedingt eine Querkraft von 8200 kg. Der Rest von 55 700 kg entspricht dem  $\frac{55\,700}{30\,390} = 1,83$ -fachen Betrage der Belastung durch die Verkehrslast (vergl. S. 328).

Diese Querkraft von 63 900 kg ist aber auch von dem lothrechten Pfosten an der fraglichen Stelle aufzunehmen, insofern nicht die Druckstreben noch einen Theil aushalten. Bleiben letztere hier vollständig außer Betracht, so erhält der Pfosten bestehend aus 2 L 8,2  $\times$  8,2  $\times$  1,05 cm mit einem Nutzquerschnitte von 2  $\cdot$  1,05 (8,2 + 7,15) = 1,5  $\cdot$  2 1,05 = 29,07 qcm eine Beanspruchung

$$\sigma = \frac{63\,900}{29,07} = 2200 \text{ kg,}$$

thatsächlich jedoch mit Rücksicht auf das Querträgeranschlußblech weniger, und die zur Befestigung dienenden 6 Niete von 15 mm Stärke und 10,6 qcm Querschnitt eine Nietspannung von

$$\sigma' = \frac{63\,900}{10,6} = 6030 \text{ kg/qcm.}$$

Da die Nieten diese Spannung nicht aushalten können, so muß entweder deren Nachgeben vor dem der Strebenbefestigungsniete eintreten, oder etwa die Hälfte der Querkraft, der Druckkraft im Pfosten, muß durch unmittelbare Berührung der Pfostenenden mit den Gurtungswickeln übertragen werden, oder die Druckstreben müssen diese Querkraft aufnehmen, wofür sie noch eine Knicksicherheit von  $3 \cdot \frac{12\,220}{63\,900} \cdot 1,025 = 1,18$  be-

sitzen, wenn eine gleiche Vertheilung auf die drei den Pfosten

kreuzenden Druckstreben angenommen wird. Da diese Knicksicherheit genügt, so wird eine gemeinsame Druckübertragung der Pfosten und Druckstreben eintreten, wobei die Beanspruchung der Befestigungsniete der letzteren kleiner bleiben wird, als diejenige der Zugbänder.

Es steht somit zu erwarten, daß der Bruch der Brücke durch den Bruch der Befestigungsniete der Streben verursacht werden wird, und zwar bei einer Belastung, die voraussichtlich den doppelten Betrag der Verkehrslast, welcher für die statische Berechnung vorgeschrieben ist, nicht erreichen wird. Je nach der Güte der Vernietung und der Wirkung der Kröpfungen der Streben kann unter Umständen nicht einmal der oben berechnete 1,83fache Betrag der gewöhnlichen Verkehrslast zur Herbeiführung des Bruches erforderlich sein. «

Die befürchtete Streckung der Zugbänder an der Kröpfungstelle konnte während der Bruchprobe nicht beobachtet werden, was wohl mit dem auf S. 329 über die Wirkung der Kröpfung der Wandglieder gesagten zusammenhängt; auch haben, wie später gezeigt werden wird, die Bänder 4 und 5 an der Kröpfungstelle bei den Eisenproben eine Spannung von 2070 und 2320 kg/qcm im linken und die Bänder 36 und 60 im rechten Träger 2710 und 2780 kg/qcm an der Streckgrenze erreicht. Der Einfluß der Kröpfung ist daher hier nicht von wesentlicher Bedeutung für den Eintritt des Bruches gewesen.

Es fragt sich nun, in welcher Weise die Uebertragung der Druckkräfte nach Ausknicken der Druckstreben erfolgte.

Da sich in den Druckstreben schon vor Eintritt des Zusammenbruches der Träger bleibende Formänderungen, Knicke, bildeten, so waren diese Streben nicht einmal mehr im Stande, eine der einfachen Knicksicherheit entsprechende Druckkraft aufzunehmen; die Uebertragung der Druckkräfte mußte vielmehr im wesentlichen durch Vermittelung der Pfosten und Gurtungen, die bis zu einem gewissen Grade steife Rahmen bildeten, erfolgen, wodurch in diesen Theilen erhöhte Nebenspannungen entstanden.

Nachdem schon unter Belastung IV im linken Träger die Strebe 59 ausgeknickt war, ging ein Theil der Druckkraft sofort durch Vermittelung der Gurtung, des Pfostens X und des Obertheiles des Bandes 56 auf Strebe 61 über und brachte auch diese zum Ausknicken; ein Theil ging durch den Pfosten X in die Strebe 57, das Band 58 und den Untergurt über und wurde von diesen zunächst in die Bänder 60 und 62 und sodann in den Pfosten XI und in die eine erhöhte Knicksicherheit besitzende Druckprobe 63 übergeführt.

Die Druckkraft in 63 ging sodann unmittelbar auf das Lager über, ebenso, wie auf S. 331 näher ausgeführt wurde, ein großer Theil der Druckkraft im Pfosten XI, während der Rest den Weg durch die Bänder des Endfeldes XI/0 und den Endpfosten auf das Lager nahm. Da der Stützpunkt unter dem Schnittpunkte der Bänder 63 und 66 lag, so wirkte das Band 66 bei dieser Kraftübertragung als Druckstrebe und als Theil des Endpfostens.

Die Kraftvertheilung auf die einzelnen Glieder zahlenmäßig nachzuweisen, ist nicht möglich; man ist auf mehr oder weniger zutreffende Annahmen angewiesen.

Wird angenommen, daß nur derjenige Betrag der Druckstrebenkräfte, der über die einfache Knicksicherheit der Streben in Feld X/XI hinausging, auf die entsprechenden Zugbänder übergegangen ist, der durch die bleibenden Formänderungen bedingte weitere Betrag aber durch Vermittelung der hier verhältnismäßig sehr starken Gurtung und Pfosten übertragen wurde, so ergeben sich nach den Zusammenstellungen IX und X S. 329 zu der auf S. 331 berechneten größten Stabspannung von 1740 kg/qcm noch weitere

$$2(1913 - 1599) = 628 \text{ kg,}$$

oder im Ganzen  $\sigma = 2368 \text{ kg/qcm}$  in Feld X/XI für die Bruchbelastung des am meisten beanspruchten Zugbandes 58 und für deren Befestigungsniete  $\sigma' = \frac{2368 \cdot 10,8}{7,07} = 3620 \text{ kg/qcm.}$

Wird die Scheerfestigkeit der Nieten zu 90% der Zugfestigkeit angenommen, so betrüge letztere rund 4000 kg/qcm.

Da die Beschaffenheit des Nieteisens nicht für eine so hohe Festigkeit spricht, so muß angenommen werden, daß nur ein geringerer Theil der Druckstrebenkräfte durch den Pfosten in die fraglichen Zugbänder übergeleitet wurde, als oben vorausgesetzt worden ist.

Die Streckgrenze des Eisens der Wandbänder war nach den angestellten Eisenproben laut Zusammenstellung bei der Bruchbelastung erreicht; wenn die Niete nicht zuvor abgescheert worden wären, so wäre bei weiterer Belastung eine rasche Steigerung der Durchbiegung eingetreten. Formänderungen, die darauf hätten schließen lassen, daß die Streckgrenze vor Eintritt des Bruches schon überschritten war, konnten nicht beobachtet werden.

Bezüglich des Leibungsdruckes der Niete ist zu bemerken, daß die Beanspruchung der Nietlochwandung nur

$$\frac{3,14 \cdot 1,5^2}{4} \sigma'' = \frac{47}{48} \sigma''$$

beträgt, wenn  $\sigma''$  die Nietbeanspruchung bedeutet.

Da nicht anzunehmen ist, daß sich dieser Druck gleichmäßig auf den Stegquerschnitt vertheilt hat, so war jedenfalls die Beanspruchung in dem der Strebe zunächstliegenden Stehblechtheile größer, als obiger Werth, worauf auch die an verschiedenen Stellen beobachteten Verdrückungen hinweisen.

### 9. Sicherheitsgrad der Brücke während des Betriebes.

Werden die Querkräfte, die sich nach den üblichen Rechnungsverfahren aus dem Eigengewichte der Brücke sammt Gleis und Eindeckung, sowie aus der Verkehrslast nach den für die Rechnung vorgeschriebenen Belastungen für das Feld X/XI ergeben, mit den unter gleichen Voraussetzungen berechneten Querkräften während der Bruchbelastung verglichen, so ergibt sich folgendes.

In Feld X/XI betrug die gesammte Querkraft:

a) während des Betriebes der Brücke . . .	32 200 kg
b) bei Eintritt der ersten Formänderung unter Belastung IV . . . . .	44 600 kg
c) beim Bruche . . . . .	56 340 kg.

Der Einfluss der ungleichen Lagerhöhe kann bei diesem Vergleiche außer Betracht bleiben, da die gleichen Höhenunterschiede der Lager auch während des Betriebes der Brücke vorhanden waren.

Es ergibt sich somit für die Gitterstäbe eine  $\frac{44600}{32200} = 1,4$ fache Sicherheit gegen Ausknickung und für die ganze Brücke eine  $\frac{56340}{32200} = 1,75$ fache Sicherheit gegen Bruch.

Zu bemerken ist, dass sich auch bei gleicher Höhenlage der Unterlagplatten ungefähr die gleiche Sicherheit gegen Ausknicken und Bruch ergeben hätte, nur wäre dann der Bruch im rechten Träger zuerst erfolgt.

Ferner muss hervorgehoben werden, dass die berechnete Sicherheit nur für ruhende Belastung erreicht wurde, dass letztere aber längere Zeit getragen wurde, bevor der Bruch eintrat.

Der Bruch erfolgte, wie oben bemerkt, durch Abscheerung der Wandgliedbefestigungsniete; hätte deren Querschnitt im richtigen Verhältnisse zu dem Bandquerschnitte gestanden, so hätte die Belastung bis zur Bruchfestigkeit der Gitterstäbe gesteigert werden können; diese betrug nach den Zerreißproben an der abgekröpften Stelle im Mittel 2960 kg/qcm; hiernach wäre die Sicherheit der Zugbänder gegen Bruch unter Berücksichtigung der geänderten Kraftvertheilung etwa eine 2fache gewesen.

Die Zugfestigkeit der Streben beträgt nach den in Zusammenstellung XVI mitgetheilten Zerreißversuchen im Mittel 3500 kg/qcm, so dass diese auch ohne Kröpfung nur eine etwa 2,2fache Bruchsicherheit ergeben hätten.

Wären die kräftigen Pfosten nicht vorhanden und die Gurtungen nach den Enden hin nicht überschüssig stark gewesen, so hätte der Bruch der Brücke schon nach einer mäßigen Steigerung der Belastung IV erfolgen müssen.

#### 10. Ergebnisse der Eisenproben.

Angaben über Proben des zur Brücke verwendeten Eisens vor Inbetriebnahme oder während des Betriebes sind nicht vorhanden. Nach erfolgtem Bruche wurden jedoch Probestäbe entnommen und die üblichen Versuche hiermit angestellt. Die Stäbe stammen theils aus stark, theils aus gering beanspruchten Gliedern; auch wurden solche unmittelbar der Bruchstelle entnommen, um Vergleiche anstellen zu können. Die Prüfung des Eisens erfolgte in der Eisenbahnhauptwerkstätte in Karlsruhe und erstreckte sich auf die Bestimmung der Bruchfestigkeit, der Einschnürung und Dehnung, der Belastung an der Streckgrenze, sowie auf die Beobachtung des Verhaltens bei Bruch- und Biegeproben; auch wurden Versuche mit gekröpften Stäben angestellt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Zusammenstellung XVII aufgeführt. Hiernach haben von 41 Proben 28 den dermaligen Bedingungen für Schweißisen nicht genügt, und zwar 10 bezüglich der Zugfestigkeit, 12 bezüglich der vorgeschriebenen Dehnung und 6 bezüglich der Zugfestig-

keit und der Dehnung. Die Kaltbiegeproben haben alle bis auf zwei den Vorschriften entsprochen.

Die Streckgrenze ist im Allgemeinen hoch, was auch auf eine hohe Elasticitätsgrenze schließen lässt; letztere dürfte auf die Erschütterungen während des Betriebes zurückzuführen sein.

Die Bruchfläche des Eisens zeigte vorwiegend ein sehniges aber kurzes Gefüge; acht Proben hatten auf 5 bis 10 %, fünf 20 bis 25 % des Querschnittes krystallinisches Gefüge. Einige Proben zeigten Schweißnähte, oder waren unganzz und gerostet.

Das Nieteisen war größtentheils sehnig. Das Eisen der Brücke war, wie die Proben zeigen, ein sehr ungleiches, weshalb die gewonnenen Ergebnisse sehr verschieden sind.

Werden die Proben gruppenweise zusammengefasst und Mittelwerthe gebildet, so ergibt sich

Zusammenstellung XVI.

Glied	Spannung an der Streckgrenze	Bruchfestigkeit	Einschnürung %	Dehnung %
a) für die <b>Wandglieder</b>	kg/qcm	kg/qmm	—	—
aus Brückenmitte . . .	23,5	35,0	13,5	10,8
vom Trägerende . . .	20,9	35,4	18,8	11,0
Druckstreben . . .	22,0	34,8	18,1	11,1
Zugbänder . . . . .	19,2	36,1	19,8	10,9
b) <b>Obergurt</b>				
Gurtplatten . . . . .	27,2	35,0	25,2	15,9
Stehbleche . . . . .	30,6	37,9	19,9	11,5
Gurtwinkel . . . . .	27,8	36,4	24,5	15,5
Mittelwerth . . . . .	28,5	36,4	23,2	14,3
c) <b>Untergurt</b>				
Gurtplatten . . . . .	30,3	40,0	21,7	18,7
Stehbleche . . . . .	31,9	38,8	19,3	8,4
Gurtwinkel . . . . .	28,2	36,4	14,7	12,0
Mittelwerth . . . . .	30,1	38,4	18,6	13,0

Aus Zusammenstellung XVI ist besonders hervorzuheben, dass diejenigen Theile, die während des Betriebes auf Druck beansprucht waren, geringere Zugfestigkeit aufweisen, als die während des Betriebes gezogenen; ebenso ist die Streckgrenze für die Gurtglieder in ersterm Falle niedriger, als in letzterm, Einschnürung und Dehnung dagegen höher.

Von den Proben Nr. 3 des Bandes 36 und Nr. 17 der Strebe 4 wurde die Stabform an der gekröpften Stelle vor und nach der Zerreißprobe aufgezeichnet, um das Strecken der Kröpfung zu ermitteln. Es war in der That eine erhebliche Streckung eingetreten.

Die Versuche mit den gekröpften Theilen der Wandglieder ergaben verhältnismäßig hohe Bruchfestigkeit, im Mittel 2960 kg/qcm, und ebenso eine hohe Streckgrenze, im Mittel 2470 kg/qcm, dagegen geringe Dehnung, im Mittel nur 6,4 %; die Streckgrenze konnte jedoch bei diesen Stäben nicht mit Sicherheit bestimmt werden.

Bei einer Probe war das Eisen an der gekröpften Stelle etwas verbrannt; die übrigen Kröpfungen der Probestäbe waren gut ausgeführt.

Ein endgültiges Gutachten bezüglich des Nieteisens konnte von der Eisenbahnhauptwerkstätte nicht gegeben werden, da die zur Verfügung stehenden Stücke für eingehendere Versuche zu kurz sind.

#### 11. Kosten der Bruchprobe.

Die Gesamtkosten der Bruchprobe für das Verschieben der Brücke, Bau und Wiederabbruch der neuen Widerlager, Pacht des Geländes für den Versuch, Aufstellen der Brücke, Errichtung der Gerüste, Beschaffung, Aufbringen und Wiederentfernen der Belastungen und photographische Aufnahmen und deren Vervielfältigung belaufen sich auf rund 2800 Mk.

#### 12. Ergebnis der Bruchprobe.

- Der schon während des Betriebes festgestellte geringe Grad der Betriebsicherheit der Brücke ist auch durch die Probelastung erkannt, so daß die erfolgte Auswechslung der Brücke gegen eine neue gerechtfertigt erscheint. Der unter bestimmten Annahmen vorher ermittelte mutmaßliche Sicherheitsgrad (S. 332) wurde bei der Probe annähernd gefunden.
- Die Beobachtung ergab, daß für die Gitterstäbe als Knicklinge nur die Maschenlänge maßgebend war, und die Kreuzungstellen im wesentlichen als feste Punkte wirkten, woraus folgt,
- Daß die Spannkkräfte in den Zugbändern stets mindestens so groß waren, wie in den sie kreuzenden Druckstreben.
- Die schädliche Wirkung der Kröpfungen der Streben, namentlich die großen Nebenspannungen an den Kröpfungsstellen, traten innerhalb der Grenzen der Bruchbelastung nicht in dem befürchteten Maße auf; auch wurden keine Streckungen der Streben an diesen Stellen bemerkt, außer bei dem Zugbände 58 nach dem Bruche (S. 322); gleichwohl geht aus dem Versuche und namentlich aus den Eisenproben hervor, daß das Kröpfen der Streben die Tragfähigkeit der Brücke wesentlich beeinträchtigte.
- Die Formänderungen, insbesondere das Ausknicken der Streben erfolgte nicht, wie dies bei Fachwerkträgern der Fall zu sein pflegt, plötzlich, sondern erst, nachdem die fragliche Belastung einige Zeit unverändert gewirkt hatte; so begann die Strebe 59 erst eine halbe Stunde nach vollständiger Aufbringung der Belastung IV auszubauchen und in gleicher Weise wurde die Bruchbelastung etwa eine halbe Stunde getragen, bevor der Bruch erfolgte. Das Verhalten der Brücke war also ein ähnliches, wie das eines vollwandigen Trägers.
- Nach dem Ausknicken der Druckstreben änderte sich die Kraftverteilung in den einzelnen Gliedern, namentlich wurden die Pfosten und Gurtungen an den Träger-

enden in erhöhtem Maße beansprucht; es zeigte sich somit auch hier, daß außerhalb der Elasticitätsgrenze die Lastverteilung sich ändert und zwar derart, daß die stärkern Theile zu Gunsten der schwächeren mehr in Mitleidenschaft gezogen werden.

#### Zusammenstellung XVII.

##### Ablenkung der Streben aus der geraden Richtung.

Linker Träger.

Rechter Träger.

Strebe	Pfeil der Kröpfung mm	Strebe	Pfeil der Kröpfung mm	Strebe	Pfeil der Kröpfung mm	Strebe	Pfeil der Kröpfung mm
0	0	34	8	0	0	34	7
1	0	35	7	1	0	35	8
2	8	36	7	2	3	36	8
3	5	37	7	3	01	37	7
4	12	38	7	4	4	38	6
5	1	39	8	5	9	39	10
6	10	40	10	6	3	40	5
7	5	41	6	7	10	41	10
8	9	42	9	8	5	42	5
9	5	43	6	9	8	43	9
10	7	44	8	10	3	44	5
11	6	45	7	11	10	45	7
12	7	46	11	12	4	46	6
13	7	47	5	13	10	47	7
14	10	48	8	14	5	48	5
15	4	49	7	15	11	49	8
16	6	50	8	16	4	50	7
17	6	51	6	17	11	51	8
18	9	52	11	18	5	52	6
19	7	53	3	19	9	53	9
20	11	54	10	20	6	54	8
21	4	55	4	21	9	55	7
22	10	56	9	22	4	56	5
23	4	57	5	23	9	57	8
24	11	58	7	24	4	58	4
25	4	59	8	25	8	59	10
26	10	60	8	26	4	60	8
27	4	61	6	27	8	61	7
28	9	62	7	28	5	62	6
29	6	63	7	29	7	63	7
30	7	64	7	30	3	64	5
31	8	65	8	31	10	65	10
32	8	66	0	32	3	66	0
33	7	00	0	33	10	00	0

## Zusammenstellung XVIII.

## Eisenproben-Ergebnis.

Die Oberfläche der Probestäbe war wenig rau; die Bruchstellen der Bruch- und Biegeproben zeigten sehniges, jedoch kurzes Gefüge.

Die Proben Nr. 1, 17 und 18 wurden aus den Wandgliedern derart ausgearbeitet, daß die Kröpfungstelle in die Mitte des Probestabes fiel. Mit Nieten von genügender Länge wurden Bruchproben vorgenommen, diese zeigten theilweise sehniges, andere wieder körniges Gefüge.

Nr.	Bezeichnung der Probestäbe	Querschnitt qmm	Zugfestigkeit kg/qmm	Einschnürung 0% des ursprünglichen Querschnittes	Dehnung %	Belastung an der Streckgrenze kg/qmm	Verhalten des Stabes bei der		Aussehen der Bruchfläche des Stabes		
							Bruchprobe mit ruhigem Druck	Biegeprobe mit ruhigem Druck			
										Stab eingekerbt	Stab ganz
<b>Rechter Träger.</b>											
1	Wandglied Nr. 60 (gekröpfte Stelle)	540	30,8	0	8,7	27,8	30	74	100% sehnig		
2	" " 65	585	33,5	12,4	7,0	26,7	28	51	100 " ungan		
3	" " 36 (gekröpfte Stelle)	450	27,2	2,2	4,5	27,1	31	72	sehnig, ungan,		
									gerostet		
4	" " 36 (ungekröpft)	380	30,6	2,6	7,0	25,5	—	—	100% ungan		
	" " 37	585	35,2	11,8	11,0	26,7	20	53	100 " sehnig		
	" " 37	540	38,3	4,4	11,0	22,6	—	—	100 " "		
									ungan		
5	" " 6	540	43,5	16,3	13,5	24,8	30	60	sehnig, ein kleiner		
									Theil körnig		
6	" " 6	456	36,7	21,0	19,0	25,7	—	—	100% sehnig		
	" " 7	540	32,2	22,2	13,0	—	32	80	100 " "		
	" " 7	540	34,1	22,2	17,0	—	—	—	100 " "		
7	4. Platte des Obergurtes bei Querträger VII	450	34,0	11,1	5,5	29,4	26	35	100 " "		
8	4. " " Untergurtes " " "	420	39,8	12,1	14,0	29,3	20	60	70 " "		
									grobkörnig		
9	2. " " Obergurtes am Trägerende	450	35,6	34,7	20,0	26,4	40	180	100% sehnig		
10	2. " " Untergurtes " " "	420	39,6	25,8	22,0	29,8	35	180	100 " "		
11a	Aeuferes Stehblech des Untergurtes (Bruchstück am Trägerende gegen Hausach.)	270	40,4	18,5	10,0	27,8	50	180	60 " "		
11i	Inneres Stehblech, desgleichen	270	36,7	18,5	6,5	33,7	55	180	100 " "		
									gerostet		
12a	Aeuferes Stehblech des Obergurtes zwischen Pfosten VIII und IX	270	38,6	18,5	9,0	31,5	30	180	50% sehnig		
12i	Inneres, desgleichen	270	36,7	20,4	10,5	29,2	35	180	100 " "		
13	Oberer äußerer Gurtwinkel zwischen Pfosten VIII und IX	364	33,8	28,6	15,3	24,4	50	180	80 " "		
14a	Aeuferes Stehblech des Untergurtes zwischen Pfosten VIII und IX	270	38,9	18,5	7,5	31,5	30	75	100 " "		
14i	Inneres, desgleichen	252				35,7	36	180	100 " "		
									Probe ungan,		
									in den Backen ge-		
									brochen.		
15	Unterer äußerer Gurtwinkel zwischen Pfosten VIII und IX	374 336	36,7 36,0	14,4 14,9	13,3 10,6	28,1 28,3	— 56	— 75	95 " "		
									90 " "		
									grobkörnig		
16	Oberer äußerer Gurtwinkel am Trägerende gegen Hausach	336	40,5	22,6	17,3	31,2	34	65	95% sehnig		
<b>Linker Träger.</b>											
17	Wandglied Nr. 4 (gekröpfte Stelle)	540	29,8	18,5	4,5	20,7	30	180	95 " "		
18	" " 5	540	30,4	20,4	6,5	23,2	20	65	100 " "		
	" " 5	540	30,0	20,4	8,0	—	—	—	100 " "		
19	" " 34	540	39,8	20,4	9,0	28,9	30	64	95 " "		

Nr.	Bezeichnung der Probestäbe	Querschnitt	Zugfestigkeit kg/qmm	Einschnürung % des ursprünglichen Querschnittes	Dehnung %	Belastung an der Streckgrenze kg/qmm	Verhalten des Stabes bei der		Aussehen der Bruchfläche des Stabes
							mit ruhigem Druck		
							Bruchprobe	Biegeprobe	
							Stab eingekerbt	Stab ganz	
20	Wandglied Nr. 35 . . . . .	540	32,4	20,4	10,0	25,0	30	62	100% sehnig
	" " 35 . . . . .	456	33,8	21,1	17,0	—	—	—	100 " "
21	" " 58 . . . . .	540	37,1	22,2	8,5	28,8	35	62	100 " "
	" " 58 . . . . .	380	41,1	12,3	5,0	—	—	—	100 " "
22	" " 55 . . . . .	540	34,3	20,4	10,0	22,2	25	55	100 " "
	" " 55 . . . . .	540	35,0	20,4	6,0	—	—	—	100 " "
23	2. Platte des Obergurtes zwischen Pfosten I u. II	450	36,9	23,6	15,0	29,0	35	180	100 " "
24	2. " " Untergurtes " " I u. II	450	40,5	27,1	20,0	31,8	40	180	95 " "
25	4. " " Obergurtes bei Pfosten V . . . . .	420	33,4	31,5	23,0	23,8	70	180	100 " "
26	Aeußerer oberer Gurtwinkel vom Trägerende gegen Hausach . . . . .	312	35,0	22,4	14,0	27,3	30	50	100 " "
27 a	Aeußeres Stehblech des Obergurtes zwischen Pfosten VII und VIII . . . . .	270	38,5	20,4	12,5	33,0	30	29	100 " "
27 i	Inneres, desgleichen . . . . .	270	37,8	20,4	14,0	28,8	30	170	100 " "
28 a	Aeußeres Stehblech des Untergurtes zwischen Ständer VII und VIII . . . . .	270	38,2	20,4	9,0	32,2	35	170	95 " "
28 i	Inneres, desgleichen . . . . .	270	39,7	20,4	9,0	34,4	35	75	100 " "
<b>Einbau.</b>									
29	Oberer Gurtwinkel von Querträger X . . . . .	495	34,4	23,6	13,0	26,3	35	100	100 " "
30	Unterer " " " X . . . . .	495	31,6	—	9,5	25,0	30	85	100 " "
31	Pfostenwinkel . . . . .	240	36,7	26,7	12,0	28,4	30	75	100 " "
32	Schwellenträger, I-Eisen . . . . .	585	36,8	19,2	13,5	25,0	20	51	60 " "
33	Windband Nr. 9. . . . .	540	36,9	20,4	11,5	25,0	25	60	100 " Schweifnaht



DIE  
**ELEKTRISCHE ZUGFÖRDERUNG**

AUF DER

**WANNSEEBAHN.**

VON

**BORK,**

Eisenbahndirektor und Mitglied der Königlichen Eisenbahndirektion Berlin.

---

Hierzu Zeichnungen auf den Tafeln XL bis XLIII.

---

ERGÄNZUNGSHEFT ZUM ORGAN FÜR DIE FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS, JAHRGANG 1900.

---

**WIESBADEN.**

C. W. KREIDEL'S VERLAG.

1900.



ist das in der jeweiligen Fahrriichtung vordere Abtheil als Führerraum eingerichtet, während die beiden folgenden an dem einen Ende als Gepäckraum, und am andern als Kessel-, Kohlen- und Wasserraum für die während des Winters zu betreibende Dampfheizung bestimmt sind. Die übrigen Abtheile verbleiben der Personenbeförderung.

Beim Richtungswechsel der Züge in Berlin und Zehlendorf hat der Wagenführer seinen Standort der Fahrriichtung entsprechend so zu wechseln, daß er stets vorn steht. Im Uebrigen ist keinerlei Aenderung an dem Zuge selbst erforderlich.

Sämmtliche Wagen sind mit Luftdruckbremse versehen. Die erforderliche Prefsluft wird durch eine in jedem Führerabtheile befindliche elektrisch angetriebene Luftpumpe beschafft. Die Beleuchtung des Zuges erfolgt durch Glühlampen. Außerdem sind die Triebwagen mit den durch die Signal- und Betriebsordnung vorgeschriebenen Einrichtungen ausgerüstet.

Wie in Abb. 1, Taf. XL dargestellt ist, wird die zum Betriebe erforderliche elektrische Arbeit von dem der Firma Siemens und Halske gehörigen Kraftwerke in Groß-Lichterfelde in Form von Gleichstrom mit 750 Volt Spannung mittels oberirdischer Leitung den längs der Strecke verlegten Arbeitsleitungen zugeführt. Die Ueberführung des Stromes von der Arbeitsleitung zu den Achs-Antrieben erfolgt durch besondere an den Triebwagen angebrachte Stromabnehmer, während die Rückleitung des Stromes durch die Fahrschienen vermittelt wird. Mit Rücksicht auf den sehr ungleichen Arbeitsbedarf, sowie zur Vermeidung hoher Spannungsverluste in der Arbeitsleitung war es zweckmäßig, sowohl in Berlin, als auch in Zehlendorf Bufferspeicher aufzustellen. Diese sind nach Abb. 1, Taf. XL an die Arbeits- und Rückleitung angeschlossen. Die »Akkumulatoren-Fabrik Aktien-Gesellschaft in Berlin« hat diese Speicher für die Dauer des Versuchsbetriebes leihweise überlassen.

Bei der Eigenheit und Neuheit der Anlage sollen im Folgenden zunächst die wesentlichen Einzelheiten der Arbeitsleitung, der elektrischen Betriebseinrichtung des Zuges, der Stromerzeugungsanlage und der Bufferspeicher einer näheren Betrachtung unterzogen und zum Schlusse noch einige Mittheilungen über die bisher vorliegenden Versuchsergebnisse gebracht werden.

### 3. Arbeitsleitung und Stromabnehmer.

Die Abb. 4, Taf. XL und Abb. 4, Taf. XLI lassen die wesentlichen Einzelheiten der Arbeitsleitung und der Stromabnehmer erkennen. Für die Arbeitsleitung sind ausgemusterte Eisenbahnschienen verwendet, wie bereits im Jahre 1891 vom Verfasser vorgeschlagen wurde. Sie sind an der in der Fahrriichtung linken Seite des Gleises in einer Entfernung von 1570 mm von Gleismitte verlegt und liegen mit ihrer Oberkante 320 mm über den Fahrschienen. An den Stößen sind die Schienen in der auch bei Straßenbahnen üblichen Weise durch Kupferseile leitend verbunden. In ähnlicher Weise sind auch die Fahrschienenstöße mit kupfernen Leitungen ausgerüstet. Sowohl die Leitungsschienen, als auch die Fahrschienen sind in gewissen Abständen untereinander zur Verminderung des Leitungswider-

standes in Verbindung gebracht. Eine Unterbrechung der Stromzuleitung bei den einfachen Weichen ist vermieden, indem die Leitungen an den betreffenden Stellen auf der bezüglich der Fahrriichtung rechten Seite des Gleises verlegt wurden. Bei den doppelten Kreuzungsweichen war ein stromloses Stück von etwa 15 m Länge nicht zu vermeiden. Für den vorliegenden Betrieb ist dieser Umstand jedoch belanglos, weil bei der an beiden Zugenden stattfindenden Stromabnahme Leitungsunterbrechungen bis zu 100 m Länge zulässig sind.

Die Leitungsschienen sind der Schwellentheilung entsprechend in Entfernungen von 4 bis 5 m auf nicht leitenden Stühlen gelagert. Die Befestigung auf diesen ist in Abb. 4, Taf. XL dargestellt; die Stühle sind auf den mit den betreffenden Schwellen verschraubten Sattelhölzern befestigt.

Diese Anordnung hat den Vortheil, daß die Lage der Schienen der Arbeitsleitung gegen die Fahrschienen bei Veränderungen der Gleislage aus Anlaß von Unterhaltungsarbeiten nicht verändert wird. Die Bauart der nichtleitenden Stühle lehnt sich an eine bei unterirdischen Stromzuführungen von Siemens und Halske angewandte an. Die eigentliche Stütze ist mit einem Hartgummiüberzuge versehen, welcher von der zweitheiligen, die Leitungsschienen aufnehmenden, gußeisernen Tragekappe fest umschlossen wird.

Zum Schutze gegen unbeabsichtigte Berührung der Arbeitsleitung sind Schutzbretter (Abb. 4, Taf. XL) vorgesehen. Da, wo die Leitungsschienen nur 360 mm von einander entfernt sind, war eine Durchführung der Schutzbretter zwischen den Schienen nicht erforderlich, jedoch wurden in Entfernungen von annähernd 100 m Tritte zum bequemen Uebersteigen der Leitungen angebracht (Abb. 4, Taf. XLI). Längs der hohen Bahnsteige genügte die Anbringung eines Schutzbrettes an der frei liegenden Seite.

Die Stromabnehmer (Abb. 5, Taf. XL) sind an sämmtlichen Achsbüchsen der Triebwagen angebracht. Durch diese Anordnung ist ihre Lage gegen die Leitungsschienen vollkommen gesichert, so daß seitliche Verschiebungen nur bis zum Maße des Spielraumes zwischen Radflansch und Fahrschiene eintreten können. Senkrechte Verschiebungen kommen, abgesehen von der geringfügigen Abnutzung der Radreifen, nur nach jedesmaligem Abdrehen der Räder vor und sind dann durch entsprechende Unterlagen an den Stromabnehmerplatten leicht zu beseitigen. Die Absonderung der Stromabnehmer von den Achsbüchsen wird in einfachster Weise durch mit Paraffin oder Theeröl getränkte Hölzer bewirkt.

An den Unterbrechungstellen der Leitungsschienen sind diese mit einer entsprechenden Steigung verlegt, so daß die Gleitschuhe der Stromabnehmer möglichst ohne Stofs auflaufen können. Die Fortführung des von den Gleitschuhen aufgenommenen Stromes erfolgt durch Kupferseile nach der obern Stromabnehmerplatte und von hier aus mittels Kabels nach der durch den ganzen Zug laufenden Stromabnehmerleitung. Diese Leitung vermittelt dann die Weiterführung durch die Fahrschalter nach den Achsantrieben.

Außer den dargestellten Stromabnehmern ist noch eine zweite Bauart nach amerikanischem Muster zur Anwendung gekommen.

#### 4. Die elektrische Betriebseinrichtung des Zuges.

Die beiden Triebwagen sind hinsichtlich des elektrischen Theiles vollkommen gleichmäÙig ausgerüstet. Abb. 1 bis 3, Taf. XLI stellt Wagenkasten und Untergestell desjenigen Triebwagens dar, welcher im zweiten Abtheile den für die Heizung des Zuges vorgesehenen Kessel führt. Das Gewicht dieses Triebwagens beträgt 33 t, das des andern 30 t. Jede der drei Achsen wird unmittelbar durch eine Hauptstrom-Antriebsmaschine bethätigt, deren Anker fest mit der Achse verbunden ist, während das zweitheilige Magnetgehäuse einerseits mittels zweier Lager auf der Radachse sitzt, andererseits durch eine Hebelanordnung gegen das Wagenuntergestell festgelegt ist. Am andern Triebwagen sind außerdem die Magnetgehäuse noch durch Federn am Untergestelle aufgehängt, welche so weit angespannt werden, daß die Radachse bei regelmäÙigem Bufferstande grade vom Magnetgewichte entlastet ist. Diese Anordnung wurde getroffen, um die unabgefederten Lasten möglichst zu verringern. Ueber den Einfluß dieser Aufhängungsart werden die Versuche noch Aufschluß geben. Das Gewicht des Magnetgestelles beträgt einschließlic der Hebel und Federn 2570 kg, das der Achse mit Rädern und Anker 1850 kg.

Die freien Lenkachsen sind für die Triebwagen beibehalten, so daß die Uebertragung der Zugkraft von den Achsbüchsen nicht auf die Achshalter, sondern durch Vermittelung der Tragfedern und deren Gehänge auf das Untergestell erfolgt. Jeder der sechs Achsantriebe kann während des Anfahrens bis zu einer Stromstärke von 200 Ampère belastet werden, so daß beide Triebwagen bei einer Klemmenspannung von 600 Volt zusammen 6.200.600 Watt = 720 Kilowatt aufzunehmen vermögen, entsprechend einer Leistung von etwa 975 P. S.

Im Führerabtheile jedes Triebwagens ist an der Stirnwand, welche in ihrer ganzen Breite mit Fenstern ausgestattet ist, der Fahrschalter aufgestellt. Hinter diesem nimmt der Führer seinen Stand ein, so daß er die Strecke frei überblickt. Zu seiner Rechten befinden sich das Bremsventil der Westinghouse-Bremse und darüber eine Luftdruckpfeife. Außerdem enthält jedes Führerabtheil noch die elektrisch betriebene Luftpumpe mit selbstthätigem Anlasser, eine Handbremse, Sicherungen, selbstthätige Ausschalter, Watt-Stundenzähler, Spannungs-, Stromstärke- und Geschwindigkeits-Messer, sowie ein Schaltbrett zur Bedienung der Signallaternen und der anderen obengenannten Vorrichtungen.

Die Vorschalt-Widerstände, welche aus gewelltem Bleche bestehen, befinden sich theils auf dem Dache, theils unter dem Fußboden jedes Triebwagens. Die Regelung der Bewegung des ganzen Zuges erfolgt nach einem von der Firma Siemens und Halske angegebenen Verfahren\*), und wird vom Fahrschalter des an der Zugspitzé stehenden Triebwagens aus bewirkt. Wie aus der Schaltung der ganzen Anlage (Abb. 1, Tafel XLII) zu entnehmen ist, werden hierbei stets nur die Widerstände des vordern Wagens benutzt. Die Regelung der Zugkraft beim Anfahren ist in der Weise durchgeführt, daß zuerst bei geringer Geschwindigkeit die Antriebgruppen der

beiden Triebwagen hinter-, nach Erreichung einer bestimmten Geschwindigkeit aber nebeneinander geschaltet werden. Dabei bleiben die drei Antriebe eines Wagens dauernd nebeneinander geschaltet. Für jede der beiden Hauptschaltweisen sind noch verschiedene Fahrstufen durch Vorschalt-Widerstände gebildet. Es läßt sich durch diese Anordnung erreichen, daß bei sachgemäÙser Bedienung eine ziemlich gleichmäÙige Zugkraft bis zur Ausschaltung sämmtlicher Widerstände erzielt werden kann.

Jeder Fahrschalter besteht aus zwei senkrecht stehenden Walzen, von denen die rechte zur Steuerung, die linke zur Geschwindigkeitsregelung des Zuges dient. Die Steuerwalze gestattet sechs verschiedene Schaltungen, welche den Stellungen:

1. Vorwärts mit Triebwagen I und II,
2. « « « I allein,
3. « « « II «
4. Bremsen « « I «
5. Rückwärts « « I «
6. Ausschalten

entsprechen.

Bei regelmäÙiger Fahrt wird die Steuerwalze des Wagens I auf Schaltung 1 eingestellt. Die Steuerwalze des Wagens II befindet sich dabei auf Stellung 6, wodurch die Antriebgruppen des hintern Triebwagens bezüglich der Fahrriichtung auf Rückwärtsarbeit eingeschaltet sind und sich nur vom Fahrschalter des vordern Wagens aus regeln lassen.

Sobald die Steuerwalze auf eine der Schaltungen 1 bis 5 eingestellt ist, kann der Führer mittels einer Handkurbel der Reglerwalze folgende 14 Stellungen geben.

- a) Bei reihenweiser Schaltung der Antriebgruppen beider Triebwagen:

Stellung I vorgeschaltet	3,8 Ohm . .	Einleitungsstellung,
« II «	1,1 « . .	Fahrstellung,
« III «	0,44 « . .	«
« IV «	0,2 « . .	«
« V «	0,0 « . .	«
« VI bis X	sind als Uebergangstellungen schnell zu übergehen.	

- b) Bei Nebeneinanderschaltung der Antriebgruppen beider Triebwagen:

Stellung XI vorgeschaltet	0,22 Ohm . .	Fahrstellung,
« XII «	0,14 « . .	«
« XIII «	0,066 « . .	«
« XIV «	0,0 « . .	«

Abb. 1, Tafel XLII zeigt den gesammten Stromverlauf im elektrischen Zuge.

Die sechs Stromabnehmer führen den Strom in einer besondern, durch den ganzen Zug laufenden Leitung zu der positiven Klemme des vordern Wagens. Von hier aus durchläuft der Strom z. B. bei Hintereinander-Schaltung die Sicherung, den Watt-Stunden-Zähler, den selbstthätigen Ausschalter, die Strommesser, den Fahrschalter, die Widerstände, die Sicherungen der Antriebsmaschinen, die Anker- und Magnetwindungen, die zweiten Widerstände des ersten Wagens und geht dann durch die Verbindungsleitung zum Fahrschalter des zweiten

\*) D. R. P. 107 666.

Triebwagens, um von hier aus durch die Antriebmaschinen, die Magnetgehäuse, deren Lager, die Achsen und die Triebäder zur Fahrschienenrückleitung zu gelangen.

Die Thätigkeit des Wagenführers beim Anfahren besteht nun darin, daß er die Stromstärke jeder Antriebmaschine und damit die gesammte Zugkraft mittels der Reglerwalze auf möglichst gleicher Höhe hält, wobei er jedoch darauf zu achten hat, daß die Stromstärke im Anker 200 Ampère nicht überschreitet.

Die im Führerabtheile untergebrachte Luftpumpe für die Westinghouse-Bremse wird durch einen von der Stromabnehmerleitung gespeisten elektrischen Antrieb mittels Rädervorgeleges bethätigt. Der Antrieb wird selbstthätig angestellt, sobald der Ueberdruck im Luftbehälter unter  $6\frac{1}{2}$  at gesunken ist, bei 8 at wird er selbstthätig wieder ausgeschaltet. Im Uebrigen hat die Anbringung der Westinghouse-Bremse nur insofern eine Aenderung erfahren, als die Druckluftleitungen nach außen gelegt und die Bremsgestänge um die Gestelle der Achsantriebe herumgeführt sind. Außer dieser Bremse ist in jedem Führerabtheile noch eine Handbremse und eine mittels des Fahr Schalters zu bedienende elektrische Kurzschlußbremse vorgesehen.

Die einzelnen Stromkreise der zur Beleuchtung dienenden Glühlampen sind zwischen die durchlaufende Stromabnehmerleitung und das Wagenuntergestell geschaltet. Sie enthalten je sechs Lampen zu 110 Volt und 16 N. K. Die Schaltvorrichtungen für die Lampen sind bei den Triebwagen im Innern des Führer-Abtheiles und bei den übrigen Wagen an den Langträgern angebracht.

##### 5. Stromerzeugungsanlage und Bufferspeicher.

Zur Erzeugung des erforderlichen Gleichstromes von 750 Volt wurde das Kraftwerk in Groß-Lichterfelde in der Weise erweitert, daß eine von der Aktien-Gesellschaft Siemens und Halske erbaute Innenpol-Dynamomaschine J 99/41 aufgestellt wurde, welche bei 750 Volt 400 Ampère herzugeben im Stande ist, jedoch zwecks Ladung der Bufferspeicher eine Erhöhung der Spannung bis auf 900 Volt gestattet. Die Dynamomaschine wird unmittelbar durch eine Verbund-Dampfmaschine von 500 P.S. mit Einspritzniederschlag getrieben, welche von A. Borsig in Tegel geliefert wurde. Den erforderlichen Dampf erzeugen zwei Wasserrohrkessel der Bauart Heine von je 200 qm Heizfläche, welche ebenfalls von A. Borsig bezogen wurden.

Die Speicher, welche in Berlin und Zehlendorf aufgestellt sind, bestehen aus 311 und 318 Zellen E.S. 44 der »Akkuumulatorenfabrik-Aktien-Gesellschaft« in Berlin. Sie besitzen eine größte Ladestromstärke von 500 Ampère und eine Lade-fähigkeit von 814 Ampèrestunden bei einstündiger, oder von 1138 Ampèrestunden bei dreistündiger Entladung.

Abb. 1, Tafel XLII läßt die Schalteinrichtungen des Kraftwerkes und der Speicher, sowie deren Verbindungen mit den Streckenleitungen erkennen.

##### 6. Bisherige Versuchsergebnisse; der Versuchsplan.

Während des ersten dreimonatlichen Betriebes ist nur eine kurze Unterbrechung zu Ausbesserungsarbeiten an der Betriebsdampfmaschine im Kraftwerke vorgekommen.

Das Anfahren vollzieht sich in außerordentlich ruhiger und sanfter Weise, und auch sonst treten während der Fahrt keinerlei Zuckungen und Stöße im Zuge auf, trotzdem der Antrieb des Zuges von der Spitze und vom Ende aus erfolgt. Dieser Umstand ist insofern bemerkenswerth, als Anfangs befürchtet wurde, daß sich besonders während des Ueberganges von der Hintereinander- zur Nebeneinander-Schaltung Zuckungen nicht ganz vermeiden lassen würden. Außer dem sanften Fahren empfinden die Reisenden die Abstellung des lästigen Geräusches des auspuffenden und des aus den Zylinderhähnen entweichenden Dampfes und den Fortfall der Rauchbelästigung als Wohlthaten. Für die Zugförderungs-Mannschaft sind gegen den Lokomotivbetrieb außerordentliche Erleichterungen sowohl während der Fahrt, als auch auf den Endstationen zu verzeichnen.

Auch die Stromzuführung hat sich insoweit bewährt, als keinerlei Störungen an der Arbeitsleitung eingetreten sind. Nur bei der Fahrschienen-Rückleitung zeigte sich der Uebelstand, daß die aus 8<sup>mm</sup> starkem Kupferdrahte bestehenden Schienenverbindungen zum größten Theile zerbrochen, weshalb sie durch Kupferseile ersetzt werden. Außerdem stellte sich heraus, daß ein Theil des rückfließenden Stromes zur Erde übergang und die Block-, Zugmelde- und Fernsprech-Einrichtungen beeinflusste, so daß für diese Schwachstromanlagen besondere metallische Rückleitungen hergestellt werden mußten.

Die Funkenbildung zwischen Arbeitschiene und Stromabnehmer hat sich wesentlich verringert, nachdem die anfänglich den Stromübergang sehr beeinträchtigende Rostschicht durch besondere Maßnahmen, sowie durch das oftmalige Befahren beseitigt ist. Der Leitungswiderstand hat sich nach den bisher angestellten Messungen nur unerheblich höher gestellt, als ursprünglich auf Grund von Versuchen mit einzelnen Schienen ermittelt war. Der gesammte Widerstand für 1 km der zweigleisigen Strecke beträgt 0,045 Ohm, doch darf angenommen werden, daß er sich noch mehr verringern und dem ursprünglich berechneten von 0,0385 Ohm nähern wird, wenn die gebrochenen Schienenverbindungen sämmtlich durch biegsamere ersetzt sein werden.

Die Sonderung der Zuleitung kann gleichfalls als ausreichend erachtet werden. Bei trockener Witterung wurde ein Absonderungswiderstand bis zu 3700000 Ohm für 1 km der eingleisigen Strecke beobachtet, welcher bei feuchter Witterung oder Nebel in einem Falle auf 55000 Ohm zurückging.

Auch auf die sachgemäße Ausführung der Unterhaltungsarbeiten am Oberbau hat die Anordnung der Arbeitsleitung keinerlei nachtheiligen Einfluß ausgeübt. Ebenso sind bei Auswechselungen von Schienen und Schwellen, welche zufällig gleich nach Fertigstellung der Anlage in erheblicher Zahl vorgenommen wurden, keine Störungen oder sonstige Erschwernisse aufgetreten. Insbesondere ist aber festgestellt worden, daß die gewählte Bauart der Arbeitsleitung und der Stromabnehmer eine in jeder Beziehung betriebstüchtige ist und den zu stellenden Anforderungen in vollkommener Weise entspricht. Sehr wahrscheinlich wird sich aber eine noch wesentlich vereinfachte und mit erheblich geringerem Kostenaufwande herzustellende Bauart der nichtleitenden Stühle ermöglichen lassen.

Ueber die bisher an dem elektrischen Zuge selbst angestellten Versuche ist Folgendes zu berichten.

Zunächst ist in Abb. 1, Taf. XLIII das Verhalten eines der Achsantriebe dargestellt, welches durch Bremsversuche bei einer Klemmenspannung von 600 Volt festgestellt wurde und die Abhängigkeit zwischen Drehmoment, Umlaufzahl, Leistung und Wirkungsgrad einerseits und der Stromstärke andererseits erkennen läßt.

Hieraus ergibt sich die in Abb. 2, Taf. XLIII dargestellte Beziehung zwischen Stromstärke und Geschwindigkeit für die einzelnen Stellungen des Fahrschalters mittels der Gleichungen:

a) bei Hintereinander-Schaltung der beiden Antriebsgruppen

$$\frac{E}{2} - c - i \Sigma r = 0$$

$$\frac{E}{2} - \frac{N \cdot z \cdot n}{10^8 \cdot 60} - i (r_a + r_m + \frac{3}{2} r_v) = 0$$

$$J = 3i.$$

b) bei Nebeneinander-Schaltung der beiden Antriebsgruppen:

$$E - c - i \Sigma r = 0$$

$$E - \frac{N \cdot z \cdot n}{10^8 \cdot 60} - i (r_a + r_m + 6 r_v) = 0$$

$$J = 6i.$$

Hierin bedeuten:

E die Klemmenspannung am Achsantriebe in Volt,  
 c die elektromotorische Gegenkraft in Volt,  
 i die Ankerstromstärke in Ampère,  
 J die gesammte Stromstärke in Ampère,  
 r<sub>a</sub> den Widerstand der Ankerwindungen in Ohm,  
 r<sub>m</sub> den Widerstand der Magnetwindungen in Ohm,  
 r<sub>v</sub> den gesammten Vorschaltwiderstand in Ohm,  
 N die Anzahl der Kraftlinien,  
 z die Zahl der Drähte des Ankers und  
 n die Zahl der Umdrehungen in der Minute.

Angenommen ist dabei, daß die Stromstärke eines Antriebes 200 Ampère nicht überschreitet.

Man erkennt, daß die Umschaltung der beiden Antriebsgruppen erst nach Erreichung einer Geschwindigkeit von 16 km/St. erfolgen darf, andernfalls würde die Gesamtstromstärke über das zulässige Maß hinausgehen.

Zu jeder Stromstärke gehört nun ein bestimmtes Drehmoment und eine auf den Triebradhalbmesser bezogene Zugkraft Z, welche ebenfalls in Abb. 2, Taf. XLIII eingetragen wurde.

Die Zugwiderstände auf wagerechter Bahn wurden durch die Gleichung

$$W = Q_m \left( 3 + \frac{V^2}{1000} \right) + Q_w \left( 2,5 + \frac{V^2}{1000} \right)$$

festgelegt, in welcher

W den Gesamtwiderstand in t,  
 Q<sub>m</sub> das Gewicht der Triebwagen in t,

Q<sub>w</sub> das Gewicht sämtlicher Personenwagen in t und  
 V die Zuggeschwindigkeit in km/St.

bedeutet. Alsdann ergibt sich, unter Ausnutzung der Leistungsfähigkeit des elektrischen Zuges bei einem Gesamt-Zuggewichte von 220 t in vollbesetztem Zustande die in Abb. 2, Taf. XL, dargestellte Beziehung zwischen der Beschleunigung p und der Geschwindigkeit v, gemessen in m und Sek., aus welcher zugleich die größte erreichbare Geschwindigkeit V<sub>gr</sub> = 53,7 km/St. abzulesen ist.

Aus dem Integrale

$$t_2 - t_1 = \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{p}$$

erhält man auf dem Wege der Rechnung oder Zeichnung die zur Erreichung einer bestimmten Geschwindigkeit erforderliche Zeit in Sekunden (Abb. 2, Taf. XL). Demnach ergibt sich als mittlere Anfahrbeschleunigung bei schnellster Fahrt und auf wagerechter Strecke für den vollbesetzten Zug vom Beginne der Bewegung bis zum Ausschalten des letzten Widerstandes der Werth 0,16 m/Sek<sup>2</sup>.

Abb. 6, Taf. XLI gibt eine Uebersicht über die Stromschwankungen im elektrischen Zuge während einer Hin- und Rückfahrt zwischen Berlin und Zehlendorf. Der Versuch wurde im Triebwagen während einer regelmäßigen Fahrt mit Personenbeförderung in der Weise angestellt, daß die Stromstärke in Zwischenräumen von je 5 Sekunden am Strommesser abgelesen wurde.

Zur Beurtheilung der Wirkungsweise der Speicher wurden in Zehlendorf ebenfalls während einer regelmäßigen Fahrt Spannung und Stromstärke in ihrem zeitlichen Verlaufe gemessen. Ein Vergleich mit der entsprechenden Aufnahme in dem Kraftwerke zeigt deutlich die Bufferwirkung der Speicher bei nur wenig schwankender Belastung der Dynamomaschine (Abb. 5 und 7, Taf. XLI).

Einen vollständigen Ueberblick über die elektrischen und mechanischen Vorgänge im Zuge bieten die Darstellungen in Abb. 3, Taf. XL, welche der Fahrt eines etwa halbbesetzten Zuges von 200 t Gesamtgewicht von Groß-Lichterfelde nach Zehlendorf entsprechen. Da der Zug innerhalb des Fahrplanes verkehren sollte, brauchte die Zugkraft der Achsantriebe nicht vollkommen ausgenutzt zu werden. Aufgenommen wurden bei diesem Versuche Spannung, Stromstärke und Geschwindigkeit, und zwar ebenfalls in einem Triebwagen in der oben angegebenen Weise. Aus der Stromstärke wurde mittels Abb. 2, Taf. XLIII die Zugkraft ermittelt, welche nach Abzug der Widerstände und unter Berücksichtigung der Steigungsverhältnisse die Beschleunigungskraft ergab.

Wie aus den Abbildungen zu entnehmen ist, stimmt der so erhaltene Verlauf der Beschleunigung gut mit den Angaben der durch Versuch unmittelbar aufgenommenen Geschwindigkeitslinie überein.

Die wichtigsten der aus der Abbildung 3, Tafel XL zu entnehmenden Angaben sind nachstehend zusammengestellt:

	Größter Werth **)	Mittlerer Werth *)
Spannung in Volt im Triebwagen gemessen	~ 700	~ 600
Stromstärke in Ampère . . . . .	~ 1100	~ 600
Aufgenommene Arbeit in P. S. . . . .	830	470
Abgegebene " " . . . . .	690	330
Wirkungsgrad . . . . .	0,85	0,70
Zugkraft in kg . . . . .	6000	3200
Beschleunigung in m/Sek. <sup>2</sup> . . . . .	0,24	0,11
Geschwindigkeit in km/St. . . . .	50	36

Die angegebenen Werthe geben natürlich noch keinen sichern Anhalt für die Beurtheilung der ganzen Anlage. Hierzu sollen vielmehr nach dem aufgestellten Versuchsplane während des Versuchsjahres folgende Ermittlungen und Feststellungen gemacht werden:

1. Laufende Aufschreibungen des Wattstundenverbrauches durch selbstthätige Aufschreibvorrichtungen in der Stromerzeugungsanlage und in den Triebwagen.
2. Feststellung der Spannung an den Klemmen der Dynamomaschine, an der Einführungstelle der Zuleitung in die Arbeitsleitung in Steglitz, an den Speichern in Berlin und Zehlendorf, sowie in den Triebwagen.
3. Aufnahme von Stromverlauf-Schaulinien in der Stromerzeugungsanlage, an den Speichern und in den Triebwagen.
4. Aufnahme von Geschwindigkeits-Schaulinien.
5. Ermittlung der Abnutzung der Radreifen an den Triebwagen.
6. Aufschreibungen über die Unterhaltungskosten der Leitung, der Speicher und der gesammten elektrischen Einrichtung des Zuges.

\*) Die mittleren Werthe beziehen sich auf die bis zum Abschalten des Stromes vergangene Zeit von 130 Sek. mit Ausnahme der mittlern Geschwindigkeit, welche für die ganze Fahrzeit von 270 Sek. ermittelt ist.

\*\*) Der größte Werth der Spannung tritt nur beim Abschalten des Stromes auf.

7. Feststellung des Verbrauches an Schmier- und Putzmitteln.
8. Ermittlung der Kosten für die elektrische Beleuchtung, die Heizung und die Unterhaltung des Zuges, ausschließlich der elektrischen Einrichtung.
9. Aufschreibungen über die Gehälter, Löhne und Nebeneinnahmen der Triebwagenführer, der Zugmannschaft und der Speicherwärter.

Daneben werden für einen mit Dampflokomotiven gefahrenen Wannseebahnzug von der Platzzahl des elektrisch betriebenen die zum Vergleiche erforderlichen Aufschreibungen über Heizstoff- und Wasser-Verbrauch, Unterhaltungskosten der Lokomotiven, Verbrauch an Putz- und Schmiermitteln, Kosten der Beleuchtung und Heizung, Gehälter, Löhne und Nebenbezüge der Lokomotiv- und Zug-Mannschaften u. s. w. gemacht.

Durch die vorgenannten Feststellungen und die im Laufe des Versuchsjahres zu machenden allgemeinen Wahrnehmungen wird eine sichere Unterlage zur Beurtheilung der Frage geschaffen, ob zunächst für die Wannseebahn die vollständige Durchführung des elektrischen Betriebes sowohl in betriebstechnischer, als auch in wirtschaftlicher Beziehung zweckmäfsig ist. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit ist dabei allerdings noch zu berücksichtigen, dafs die endgültige elektrische Zugförderungsanlage sich selbstverständlich nicht unwesentlich von der Versuchseinrichtung unterscheiden wird, und dafs diesen veränderten Umständen bei der Ermittlung der künftigen Betriebskosten Rechnung getragen werden mufs. Die vorerwähnten Aufschreibungen und Versuchsergebnisse, sowie die anderweit gesammelten Erfahrungen über die Stromerzeugungskosten großer elektrischer Kraftwerke werden indes hierfür einen vollständig sichern Anhalt bieten.

Ogleich die allgemeine Einführung des elektrischen Betriebes nur zu erwarten ist, wenn er sich mit geringeren Betriebskosten durchführen läfst, als der Dampftrieb, so kann die elektrische Betriebsweise doch unter gewissen Umständen wegen ihrer sonstigen, früher erwähnten Vorzüge besonders für Vorort- und Stadtbahnen auch dann noch zweckmäfsig erscheinen, wenn die Betriebskosten nur wenig verschieden von denjenigen des Dampfbetriebes sind.