

# ORGAN

für die

## FORTSCHRITTE DES EISENBAHNWESENS

in technischer Beziehung.

Organ des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

Neue Folge XXVII. Band.

Ergänzungsheft. 1890.

### Die Technik bei der Herstellung von Geldwerthzeichen, Eisenbahn-Schuldverschreibungen u. s. w.

Von Josef Krämer, Ingenieur, Docent für Elektrotechnik und Beamter der K. K. priv. galiz. Carl Ludwig-Bahn.

Wenn in diesen nur für technische Erörterungen bestimmten Blättern auch einmal von Schuldverschreibungen, Actien, Prioritäten und Obligations-Conversionen u. s. w. die Rede ist, so kann es sich selbstverständlich auch nur um die technische Mache und um die dabei zu verzeichnenden Fortschritte bei der Herstellung solcher Werthpapiere handeln. Bei Staatsbahnen sowohl, als auch bei Privatbahnen fällt die Beschaffung der auszugebenden Eigenthums-Antheilscheine und Schuldverschreibungen in die Arbeiten der technischen Fachabtheilung, da man es heutzutage nicht mehr wie früher der jene Papiere ausgebenden Bank ohne Weiteres überlassen will, und solche Herstellungen den lithographischen und anderen Druckereien bei den vielen im Handel vorkommenden Papierfälschungen nicht mehr ohne Ueberwachung anvertrauen kann. Es wird also an manchen Techniker die Frage heranreten, wie weit er mit diesem Fache vertraut ist, und da sich insbesondere Conversionen mehren, viele der vor 20 und 30 Jahren ausgegebenen Werthpapiere erneuert werden müssen, so dürfte es angezeigt sein, hier vorerst jene Punkte und Bedingungen festzustellen, die bei solchen Arbeiten zu berücksichtigen sind, dann aber auch zu erörtern, wie weit der heutige Stand der Papier- und Drucktechnik geeignet ist, jenen Bedingungen zu entsprechen.

Es würde auch an dieser Stelle nicht unberechtigt erscheinen, die mathematischen Begründungen und Möglichkeiten von Conversionen des Weiteren auszuführen, doch soll im Nachstehenden im Hinblick auf die Zwecke des »Organes« nur die rein technische Durchführung dargestellt werden.

Der Verfasser war mit der Aufgabe betraut, Papier und Vordruck für die konvertirten Werthzeichen über die von der Galizischen Carl Ludwig-Bahn ausgegebenen 75 Millionen Gulden zu beschaffen, und es sollen im Nachstehenden die diesbezüglich erworbenen Erfahrungen zum Nutzen derer aufgezeichnet werden, die ähnliche Aufgaben zu bewältigen haben.

Die Bedingungen, welche bei der Ausgabe von Werthpapieren in technischer Beziehung zu erfüllen sind, lassen sich

in Folgendem zusammenfassen: Die Werthpapiere müssen bezüglich Werthangaben, Serirung und Nummerirung dem Tilgungsplane entsprechen, es muß bei der Wahl des Papiere, der Druckfarben und der Herstellungsart auf die Dauer des Umlaufes dieser Papiere Rücksicht genommen werden und man muß danach streben, das Fälschen der Papiere auf das Aeußerste zu erschweren. Man unterscheidet bei den gebräuchlichen in Rede stehenden Werthpapieren hauptsächlich 3 Theile: den Titel, die Coupons und den Talon.

Bei langlaufenden Papieren, und das sind die Eisenbahnwerthpapiere zumeist, ist es wohl nur selten möglich, alle Coupons für die ganze Umlaufsdauer schon bei der ersten Ausgabe beizuschließen. Deswegen ist es vortheilhaft, den Titel auf einen sogenannten Mantelbogen zu drucken und demselben einen sogenannten Couponbogen mit anhängendem Talon einzulegen, obwohl bei einigen Anstalten die Ausgabe einfacher Bogen, wovon das erste Blatt den Titel, das zweite Blatt die Coupons enthält, als zweckentsprechender erachtet wurde. Bei der Aufnahme großer Capitalien, besonders solcher, die ein an den Börsen viel verkehrendes Papier bilden sollen, ist es nöthig, verschiedenwerthige Schuldtitel anfertigen zu lassen, doch ist es nicht empfehlenswerth einzelne Stücke mit höheren Werthen als 20000 Mark auszugeben, weil sonst der Coupon einen allzu hohen Werth erhält.

Man könnte eigentlich die Ausfertigung der Talons unterlassen, und die nöthig werdende Ausgabe neuer Couponbogen auf Grund des vorzuzeigenden Mantelbogens bewirken. Da es jedoch gebräuchlich, ja in einigen Fällen sogar gesetzlich geboten ist, die Mantelbogen bzw. Titel in Staatskassen zu hinterlegen, und nur die Couponbogen im eigenen Besitze zu behalten, so empfiehlt sich die Ausfertigung von Talons ebenso aus Rücksicht auf den leichteren Verkehr, wie zur Erzielung eines einfacheren Geschäftsganges und besserer Ueberwachung.

Der Text des Titels richtet sich nach dem jeweiligen Gegenstande und man hat dabei nur darauf zu sehen, daß die Werth-

angabe sehr deutlich und wiederholt auf dem Titelblatte ersichtlich ist. Verschiedene Werthtitel eines zusammengehörigen Kapitals sind in verschiedenen Farben auszuführen; dabei ist es selbstverständlich, daß zusammengehörige Mantel- und Couponbogen immer in der gleichen Farbe hergestellt sein müssen.

Bezüglich des Coupontextes und zwar rücksichtlich der Kapitalbezeichnung, Werthangaben und des Fälligkeitstages haben sich bei den vielen in Verkehr gesetzten Werthpapieren börsenmäßige Gebräuche eingebürgert, die hauptsächlich eine leichte Uebersicht bei der Einlösung bezwecken und daher möglichst zu berücksichtigen sind.

Die zwei weiteren Bedingungen der technischen Herstellung: 1. Rücksicht auf die Dauer der Werthpapiere und 2. die möglichste Erschwerung von Fälschungen, sind zusammen zu betrachten.

Fälschungen von Werthpapieren ganz unmöglich zu machen ist ein unerfüllbares Verlangen. Was ein Mensch herzustellen im Stande ist, das können andere Menschen nachmachen. Es kann sich also nur darum handeln, das Nachahmen der Werthpapiere auf das Aeußerste zu erschweren, und man hat es in dieser Beziehung ziemlich weit gebracht, insbesondere wenn man in der Lage ist, jene Erfahrungen und Errungenschaften berücksichtigen zu können, die bei der Herstellung staatlicher Geldwerthzeichen erzielt worden sind.

Nach dem heutigen Stande der Vervielfältigungstechnik, beziehungsweise auch der Fälschungstechnik, liegt die Möglichkeit Fälschungen zu erschweren einzig und allein in der richtigen Auswahl des Papiers, und zwar steht eigentlich nur eine einzige Art zur Verfügung, das Sicherheits-Faser-Papier nach dem Patente E. d. Musil, welches einen vollkommenen Schutz bietet.

Die galiz. Carl Ludwig-Bahn hat daher bei ihrer letzten Ausgabe von Werthpapieren über ein Anlehen von 25 Millionen, unter gleichzeitiger Conversion von früher ausgegebenen 50 Millionen, die Coupons auf solches Sicherheits-Faser-Papier drucken lassen. Da nicht anzunehmen ist, daß Mantelbogen gefälscht werden, und da das Sicherheits-Faser-Papier ziemlich hoch im Preise steht, wurde zu den Mantelbogen ein sehr gutes Documenten-Papier gewählt, doch wurden diesbezüglich mit der bestimmten Papier-Fabrik besondere Abmachungen vereinbart, die Erzeugung des Papiers selbstverständlich auch durch Beamte der Gesellschaft überwacht.

#### Herstellung und Prüfung des Papiers.

Es wurde vor Allem bestimmt, daß zur Herstellung des Zeuges ausschließlich nur Leinenhadern und Baumwollstoff (Chiffon und Creton) verwendet werden dürfen. Alle Ersatzstoffe als: Jute, Manilahanf, Pfriemengras, Espartogras, Nessel, Heu, Disteln, Wespennester, Baummoos, Wassermoos, Hopfenranken, Weinreben, Baumblätter, Kohlstrünke, Samenwolle von Wollgras und von Disteln, Kartoffelkraut, Bohnenranken, Rohrstengel, Bambus, insbesondere aber Stroh von Roggen, Gerste, Hafer, Weizen, Reis und Mais und Holzstoffe aller Art, sowie Asbest, Seide, Schafwolle und Haare müssen unbedingt ausgeschlossen bleiben. Man sieht aus dieser Aufzählung der verschiedenen Stoffe, daß die moderne Papiertechnik ihre Rohstoffe aus allen drei Reichen bezieht, insbesondere ist es aber

der Holzstoff der heutzutage ein vortreffliches Papier zu liefern ermöglicht, vortrefflich allerdings nur dann, wenn man bei der Auswahl des Papiers zu den verschiedenen Zwecken mit mehr Ueberlegung vorgehen würde, als es jetzt gewöhnlich geschieht.

Es ist soweit gekommen, daß man ein gutes Papier aus reinen Bastzellen von Flachs, Leinen und Hanf im Handel gar nicht mehr erhält, sondern besonders bestellen muß. Dem dauernden Bestande der geistigen Errungenschaften unserer Zeit droht dadurch eine große Gefahr, daß das jetzt zur Verwendung gelangende Papier mehr oder weniger Holzstoff enthält, und solches Papier nach längerer Zeit von selbst, besonders schnell aber dann braun und morsch wird, wenn es dauernd dem Lichte und scharfem Wärmewechsel ausgesetzt ist.\*) Für kurzlebige Zwecke, wie sie im Eisenbahndienste vielfach vorkommen, bietet das aus Holzstoff erzeugte Papier, das in allen Stärken, allen Farben und gut aussehend hergestellt werden kann, ein ebenso zweckentsprechendes, wie billiges Papier. Zu Verträgen aber, zu wichtigen Akten, zu Rechnungsbelägen und zu allen Zwecken, welche auf unbestimmt lange oder sicher lange Zeit laufen, muß die Verwendung von Holzstoff-Papier ausgeschlossen werden. Es dürfte angezeigt sein, hier Einiges über die Erzeugung des Holzstoffes und die Papiererzeugung einzuschalten, da die Papiererzeuger mit nicht ganz unberechtigtem Stolze darauf verweisen, wie herrlich weit sie es in der Holzverwendung gebracht haben.

Man gebraucht zur Darstellung von Papier abgerindetes völlig astloses Holz der verschiedensten Holzarten, muß sich aber hüten, bei Papiererprobungen mittels Thymollösung in Alkohol mit Wasser und Kaliumchlorat oder mittels Metadiamidobenzol aus dem Nachweise des Lignins (ein Gemisch aus mehreren Bestandtheilen, insbesondere aus Vanillin und Coniferin) ohne Weiteres zu schliessen, daß man es mit Papier aus Holz zu thun hat. Die Faserbestandtheile, der Cellulose-Grundstoff, — hier Cellulose im chemischen und nicht im technologischen Sinne verstanden — können verholzt, d. h. mit Lignin eingehüllt sein, ohne daß Holz unmittelbar zu Erzeugung verwendet worden ist. Es giebt nämlich mehrere Rohstoffe der Weberei, die Lignin enthalten, z. B. Bastfasern, Jute u. s. w., welche freilich auch ein minderwerthiges Erzeugnis liefern.

Man unterscheidet je nach der Zubereitung zwei Arten des Holzstoffes. Das mittels Mahlgängen oder Schleifsteinen mechanisch derart zerrissene Holz, daß schliesslich nur Fasern bzw. Faserbündel übrig bleiben, bildet den sogenannten »Holzschliff« und dieser dient zur Erzeugung des minderwerthigen Papierzeuges. Wird aber das abgerindete, astlose und einfach zerleinerte Holz von Coniferen und anderen Waldbäumen in Alkalien, Schwefelsäure, Natronlauge oder anderen Chemicalien gekocht, bis alle der Faser anhaftende Bestandtheile beseitigt sind, so erhält man feinen reinen Holzzellstoff, sogenannte »Holzcellulose«, die als ein vergleichsweise recht guter Ersatz für Leinen- und Hanffaser dienen kann. Die allzuhäufige und ausgedehnte Verwendung dieses Holzstoffes wird aber die Veranlassung sein, daß unsere Bücher wahrscheinlich schon der zweiten, sicher

\*) Vergl. Mittheilungen aus dem Königlich technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 1887, S. 2 und Ergänzungsheft IV (Ueber Druckpapiere der Gegenwart), 1888, S. 126.

der dritten Generation verloren gehen. Man erhält heutzutage Papiere von 30 Pfennig bis 7 Mark für 1 kg; es wird sich aber rächen, wenn man ohne Rücksicht auf den Verwendungszweck den Preis als allein ausschlaggebend beim Einkaufe gelten läßt.

Leider ist mit der Verwendung von Holzschliff und Holzcellulose als Grundstoff die Reihe der die Güte des Papiers schädigenden Rohstoffe nicht erschöpft, denn in den Fabriken wird zur Ausfüllung der Zwischenräume der Fasern auch sogenannter »Füllstoff« verwendet. Ein solcher ist zur Erzielung weißer Farbe und Undurchsichtigkeit unumgänglich nöthig, doch sollte man dazu nur Kaolin und davon auch nicht mehr als 5% des Papiergewichtes verwenden; auch dann kann das Papier nur den Anspruch auf die Bezeichnung »gut« machen.

Man gebraucht ferner als Füllstoff: Kreide, Baryum- und Zink-Carbonat und Bleiweiß, Thon, kieselsauren Kalk, Wasserglas, Bleicherde, Magnesia, Stärke, Bauxit, Gyps, Annalin (schwefelsaurer Kalk), Schwerspat etc.; es giebt im Handel zu diesem Zwecke sogar einen sogenannten Patentfüllstoff.\*)

Jedes trockene Papier enthält ferner immer noch 5 bis 10% seines Eigengewichtes an Wasser und wirkt zudem hygroskopisch, Eigenschaften, die bei der Aufbewahrung und Verwendung des Papiers, insbesondere beim Drucken und bei Passerarbeiten wohl in Berücksichtigung gezogen werden müssen.

Trockenes Papier darf 5% Wasser enthalten. Wie schon angedeutet hat ein aus den vorerwähnten Rohstoffen, Füllstoffen und Wasser erzeugtes Papier gewöhnlich keine rein weiße Farbe. Um überhaupt weiße Farbe zu erzielen muß das Papierzeug gebleicht werden; dies geschieht durch Behandlung mit Chlorkalk und zwar in zwei Vorgängen: der Hauptbleiche und der Nachbleiche. Beiden Behandlungsweisen ist besondere Sorgfalt zuzuwenden; denn wenn Spuren von Chlor im Zeuge zurückbleiben, so bilden sich später im Papiere Säuren, die es in sehr kurzer Zeit zerstören. Häufig wird das Zeug auch gefärbt, was bei Erzeugung farbiger Papiere und bei dem Verlangen einer Abtönung der weißen oder Naturfarbe nicht zu umgehen ist. Man verwendet zum Färben des Stoffes organische oder anorganische Farben, oder auch Mischungen aus diesen.

Hauptsächlich kommen in Verwendung:

- für Roth: Cochenille, Sandelholz, Fernambuk, Krapplack, Eisenoxyd,  
 « Blau: Indigo, Smalte, Ultramarin,  
 « Grün: Indigo und irgend ein Gelb,  
 « Gelb: Ocker, Chromgelb, Pikrinsäure, Curcuma, Gelbholz, Orangemennige u. s. w.

Aus diesen Hauptfarben können dann auch Mischfarben erzeugt werden. Außerdem finden die modernen Anilinfarben bei der Papierfärbung ausgedehnte Verwendung, wobei man natürlich auch allen bekannten Unannehmlichkeiten, welche die sonst so prächtigen und leicht zu behandelnden Anilinfarben zur Folge haben, ausgesetzt ist. Für Documentenpapiere sind Anilinfarben daher nicht zu verwenden.

Wichtig bei der Papierbereitung ist auch die »Leimung« desselben. Man verwendet dazu vegetabilischen oder animalischen

Leim. Bei Verwendung des letzteren werden die fertigen Bogen in eine farblose Tischlerleimlösung oder Gelatine getaucht, wobei nur die Oberfläche einen Leimüberzug erhält. Es ist das eine mühselige und zeitraubende Behandlung, obwohl ein geübter Arbeiter bis 50000 Bogen in einem Tage leimen kann. Bei dieser Art Leimung muß das Papier dann aber noch getrocknet werden, und behält öfters einen unangenehmen ammoniakalischen Geruch nach Leim. Man hat daher diese Art der Leimung gänzlich aufgegeben, und zieht vor, das Zeug in der Bütte oder im Holländer zu leimen, indem man dem Stoffe in Soda gelöstes und mit Alaun ausgefälltes Kolophonium zusetzt. Hierdurch wird der Zweck der Leimung — jede einzelne Faser mit Harztheilchen mehr oder minder vollständig zu umhüllen — am vortheilhaftesten erreicht und man kann den Grad der Leimung besser dem bestimmten Zwecke anpassen, weil Papiere zu Druckerzeugnissen anders zu leimen sind als solche, die zum Beschreiben dienen sollen. Der Grad der Leimung übt selbstverständlich auf die Stärke des Papiers einen bestimmenden Einfluß.

Es ist hier nicht der Ort und auch nicht der Zweck dieser Zeilen eine Abhandlung über die Papiererzeugung zu bringen, es soll daher gleich erläutert werden, was mit dem fertig gestellten Papierstoffe weiter geschieht. Der fertige flüssige Stoff wird unter dauernder Bewegung vom Holländer in die Bütte geleitet und auch in dieser mittels eines »Rührers« vor einem Zusammenfilzen bewahrt. Früher nun wurde das Papier aus der Bütte geschöpft; Schöpfer, Gautscher und Leger erzielten auf diese Art in 12 Arbeitsstunden 5000 bis 6000 Bogen gewöhnlichen Formates und 9000 bis 10000 Bogen wenn Doppelformat erzeugt wurde.

Das was früher Schöpfer, Gautscher und Leger besorgten, leistet heute die Papier-Maschine, die gewöhnlich auch mit einer Trocken- und Glätt-Vorrichtung versehen ist, so daß der flüssige Papierstoff durch die Maschine in wenigen Augenblicken in fertiges zum Gebrauche völlig geeignetes Papier verwandelt wird. Das Papier hat in diesem Falle die sogenannte Maschinenglätte; man kann diese aber bis zum Hochglanz steigern, und hat dazu eine eigene Vorrichtung, den Calander. Je größer der Druck, mit dem die stellbaren Rollen des Calanders beim Durchlaufen des Papiers aufeinander drücken, desto glätter und auch härter wird das Papier. Gutes Documenten-Papier soll, wenn es die Maschine am Haspel verlassen hat, 3 bis 4 Tage trocknen und ausruhen, bevor es geglättet wird, auch nach dem Glätten soll es vor dem Schneiden einige Tage ausruhen, um das Eingehen des Papiers, das bei Passerarbeiten in der Druckerei sehr unangenehm werden kann, hintanzuhalten.

Wichtig ist, daß das Papier eine durch die ganze Lieferung völlig gleichmäßige Glättung erhält. Die Abtönung des Papiers ist besonders zu vereinbaren. Vortheilhaft ist es dabei, eine Naturfarbe zu erzielen, die dem Zwecke entspricht und ein Färben des Zeuges unnöthig macht. Ist man aber beim Drucke an bestimmte Farben gebunden, so muß man hierauf bei der Abtönung des Papiers Rücksicht nehmen, um nicht unschöne Farbenzusammenstellungen zu erhalten. Ausgeschlossen ist ganz weißes Papier, da, wie schon erwähnt, nur im Papiere die Sicherheit gegen Fälschungen gelegen sein kann, und rein

\*) 15% Füllstoff verursachen beim Papier eine Festigkeits-Abnahme um 50%.

weißes Papier überall leicht erhältlich ist. Das Papier muß ferner ein bestimmtes Gewicht und eine vorher bestimmte mechanische Festigkeit besitzen.

Papiere für Geldwerthzeichen, insbesondere für Mantelbogen von Schuldverschreibungen, sollen ein Gewicht von 12 bis 14 kg auf das Neuries (1000 Bogen) haben. Bezüglich der mechanischen Festigkeit bietet die sogenannte »Reifslänge« den gebräuchlichen Maßstab.

Die nie zu unterlassenden Prüfungen von Papieren müssen sich auf zwei Fragen erstrecken, nämlich auf die chemische Beschaffenheit und auf die technisch-mechanischen Eigenschaften. In Folge dessen zerfallen diese Prüfungen auch in solche mit chemischen Reagentien und in solche mit dem Mikroskope und dem Dasymeter. Zweck der Untersuchung ist:

1. die Feststellung der Zusammensetzung aus reiner Papierfaser (Hanf, Leinen, Baumwolle).

Wenn wässrige Jodlösung sofort, Jodtinctur nach Verdunsten eine tief bräunliche Färbung am zu untersuchenden Papiere hervorbringt, ist das Vorhandensein reiner Papierfaser erwiesen.

2. Die Feststellung, daß das Papier weder Holzschliff, noch Holzcellulose, noch verholzte Fasern von Jute, Bast, Bambus u. s. w. enthält.

Das Papier wird Reactionen mit schwefelsauerem Anilin (Gelbfärbung) oder mit Phloroglucin und Salzsäure (Rothfärbung) ausgesetzt. Fallen dieselben negativ aus, so ist der Beweis erbracht, daß das Papier kein Lignin enthält.\*)

3. Feststellung des zur Leimung verwendeten Stoffes.

Schwefelsäure und Zuckerlösung müssen eine dunkelrosenrothe Färbung des Papiere erzielen, wenn dem Papiere eine kräftige Harzleimung gegeben worden ist.\*\*)

4. Feststellung des Vorhandenseins von Füllstoffen.

Man ermittelt den Aschengehalt des Papiere in Hunderttheilen. Uebersteigen diese nicht 1,5 bis 2,0 %, so ist das Ergebnis als zufriedenstellend zu betrachten.

5. Feststellung des Wassergehaltes.

Man ermittelt das Gewicht eines Quadratmeters Papier, und trocknet dasselbe bei 100° C. Der Gewichts-Unterschied ergibt nach Abzug der gestatteten 5 % den unnöthigen Wassergehalt.

Die mikroskopische Untersuchung des Papiere ist außerordentlich wichtig, doch gehört hierzu viel Uebung um aus dem

\*) Papier aus einer guten Holzcellulose reagirt ebensowenig, wie Papier aus Hanf- und Leinenfasern auf Lignin; es wird also bei gewissenhaften Prüfungen die Probe auf chemischem Wege durch die Befunde am Mikroskope unterstützt werden müssen.

\*\*) Stärkeleimung mit gährungsbefördernden Körpern reagirt auf Jod, insbesondere wenn man das Papier vorher mit Salzsäure behandelt. Holzstoffpapier, mit harzsauerer Thonerde geleimt, giebt mit Schwefelsäure eine schmutziggrüne Farbe.

Thierische Leimung wird mit salpetersauerem Quecksilber (Millon's Reagens) erprobt; das Papier färbt sich damit rosen- oder ziegelroth; da jedoch Eiweißkörper im Papiere auch aus den Rohstoffen des Papierzeuges stammen können, ist eine solche Untersuchung mittels des Mikroskopes zu ergänzen.

erhaltenen Bilde, sichere Schlüsse ziehen zu können. Die Baumwollfaser ist ein Haar, also ein Oberhautgebilde und zeigt im Mikroskope bei etwa 800facher Längen-Vergrößerung breite, bandartige mit breitem Lumen versehene Stücke, mit glatten oder nur wenig ausgefaserten Bruchenden, häufig noch mit deutlicher Schraubendrehung; die Zellwände zeigen häufig gitterförmig verlaufende Streifen. Jedes ganze Baumwollhaar hat ein spitzes geschlossenes und ein offenes breites Ende, und als Ueberzug ein, besonderes Gefüge nicht zeigendes, feines Häutchen, das sich in Kupferoxyd-Ammoniak nicht löst. Die zerstörte Baumwollfaser zeigt schiefe Spalten und Streifen. Die Leinenfaser ist viel schmaler, zeigt ein linienförmiges Lumen, trägt meistens eigenartige Zeichen der Bearbeitung (Knoten, Verdrehungen, Knickungen), sehr spitze Enden, stark ausgefaserte aufgelöste Bruchenden. Flachs und Hanf im Papiere mittels des Mikroskopes zu unterscheiden wird nur dem sehr Geübten möglich sein.

Papiere aus Holzschliff zeigen unter dem Mikroskope gehöft getüpfelte Röhrchen bei Stoff aus Coniferen, während bei Stoff aus Laubholz große getüpfelte Gefäßglieder erscheinen. Kupferoxydammoniak löst übrigens Holzschliff ebenso wie Holzcellulose. Stroh-papiere zeigen gezackte Oberhautplättchen.

Im Vorstehenden sind nun allerdings die Hauptsachen bezüglich der Papierprüfung, soweit diese die Stoffermittelung betrifft, aufgezählt und die Mittel angedeutet wie man die verschiedenen Feststellungen durchzuführen hat. Diese Mittel werden auch in den meisten Fällen ausreichen. Immerhin wird man aber gut thun, bei sehr wichtigen Papieren die Untersuchung durch einen Fachmann vornehmen zu lassen.

Für die Carl Ludwig-Bahn hat der k. k. Prof. Dr. T. F. Hanausek, Docent für Waarenkunde an der Eisenbahnschule, ein Gutachten über die chemischen und mikroskopischen Eigenschaften abgegeben und festgestellt, daß das zu den Mantelbogen der 75 Millionen-Anleihe verwendete Papier ausschließlich aus Leinen- und Baumwollfasern erzeugt worden ist, mit harzsauerer Thonerde gut geleimt wurde, frei von Füllstoff ist und daher im Vergleiche zu den üblichen Papiermustern in die erste Stoffklasse (Papier nur aus Hadern mit nicht mehr als 2 % Asche) eingereiht werden kann.

Die Proben bezüglich der mechanisch-technischen Eigenschaften wurden vom Verfasser selbst durchgeführt. Zu derartigen Proben eignet sich am besten die W e n t l e r'sche Papier-Prüfungsvorrichtung (Dasymeter). Es stand mir ein in Berlin amtlich geaichetes Werkzeug zur Verfügung, welches gleichzeitig das Zerreißgewicht (in kg) und die Dehnung (in %) angiebt. Man muß bei diesen Proben darauf achten, daß die 15<sup>mm</sup> breiten und 200<sup>mm</sup> langen Papierstreifen sehr sorgfältig eingespannt werden, damit sie in der Mitte zerreißen. Wenn der Riß bei der Erprobung an der Klemme erfolgt, so ist der Versuch als mißlungen zu betrachten.

Die Erprobung, welche in mehreren Versuchen vorgenommen werden muß, soll Reifproben des Papiere nach der Längs- und nach der Querrichtung umfassen. Das von der Carl Ludwig-Bahn verwendete Mantelbogen-Papier lieferte folgende Ergebnisse.

## I. In der Längsrichtung:

|            |         |                |           |         |
|------------|---------|----------------|-----------|---------|
| 1. Versuch | 5,70 kg | Zerreißgewicht | bei 2,2 % | Dehnung |
| 2. "       | 5,65 "  | "              | " 2,0 "   | "       |
| 3. "       | 6,50 "  | "              | " 2,2 "   | "       |
| 4. "       | 6,15 "  | "              | " 2,8 "   | "       |
| 5. "       | 6,20 "  | "              | " 2,4 "   | "       |

## II. In der Querrichtung:

|            |         |                |           |         |
|------------|---------|----------------|-----------|---------|
| 6. Versuch | 3,85 kg | Zerreißgewicht | bei 3,8 % | Dehnung |
| 7. "       | 3,90 "  | "              | " 3,6 "   | "       |
| 8. "       | 4,15 "  | "              | " 3,9 "   | "       |
| 9. "       | 4,10 "  | "              | " 4,0 "   | "       |
| 10. "      | 4,15 "  | "              | " 3,9 "   | "       |

Summa 50,35 kg daher im Mittel: **5,035 kg.**

Um nun die maßgebende »Reißlänge« zu ermitteln, bedient man sich der Formel

$$\text{Reißlänge } R = \frac{P}{g \cdot b} \times 1000,$$

worin

P = Zerreißgewicht (5035 gr)

g = Gewicht für 1 qm (75 gr)

b = Breite des Versuchstreifens (15<sup>mm</sup>).

Man erhält daher aus obigen Versuchen

$$R = \frac{5035}{75 \cdot 15} \times 1000 = 4475^m \text{ Reißlänge.}$$

Wegen des Wassergehaltes sollte man strenggenommen bei der Anwendung dieser Formel eine Berichtigung dadurch anbringen, daß man das Papiergewicht um das Wassergewicht vermindert. Erfahrungsgemäß kann man bei jungen Papieren den Wassergehalt mit 6,5 % ansetzen. Das so richtig gestellte Gewicht beträgt dann in unserem Falle nicht 75 gr, sondern 70,125 gr, und die Reißlänge ermittelt sich in Folge dessen mit 4790<sup>m</sup>. Nun lautet aber die Eintheilung für die Reißlängen:

|        |         |           |                   |
|--------|---------|-----------|-------------------|
| Papier | I. Güte | . . . . . | 6000 <sup>m</sup> |
| "      | II. "   | . . . . . | 5000 <sup>m</sup> |
| "      | III. "  | . . . . . | 4000 <sup>m</sup> |

Bei Papieren mit Wasserzeichen wird die Reißlänge von 6000<sup>m</sup> wohl nur selten erreicht.

Bezüglich des Werthes der Wasserzeichen sind die Ansichten sehr verschieden. Sicher ist, daß das Wasserzeichen bei richtiger Stellung und richtigem Schnitte des Papieres eine bedeutende Erschwerung der Fälschung bildet, und daß bei der Prüfung anlässlich vermutheter Fälschungen, das vor dem Lichte festgestellte Passen des Wasserzeichens ein Hauptmerkmal bezüglich der Echtheit oder Unechtheit des Papieres bildet.

Dies hat auch die mehrerwähnte Bahnverwaltung veranlaßt im Papiere für die Mantelbogen ein deutliches Wasserzeichen anzubringen, das um so mehr Schutz bietet, als dasselbe beiderseits schwarz bedruckt worden ist.

Für die Couponbogen der 75 Millionen-Anleihe wurde, wie schon erwähnt, das Sicherheits-Faserpapier nach dem Patente E. d. Musil verwendet. Dieses Papier wird unter der besondern Aufsicht des k. k. Reichs-Finanz-Ministeriums erzeugt, auch nur mit dessen Bewilligung ausgegeben, und hat zum erstenmale eine größere Verwendung bei der Ausgabe der österreichischen Einguldennoten vom Jahre 1889 gefunden. Die Erzeugungsweise dieses Papieres ist ein streng und gut gehütetes Geheimnis, und darin hauptsächlich liegt die Sicherheit. Es

kann wohl kaum nachgeahmt werden, und Fälschungsversuche sind deshalb aussichtslos, dann aber bietet es die weitere Sicherheit, daß es unmöglich ist, ein brauchbares Bild des auf solchem Papiere angebrachten Druckes photographisch wiederzugeben.

Da der Coupon ein auch im Kleingeldverkehre vorkommendes Geldwerthzeichen bildet, und daher die Gefahr der Fälschung der bis zu 100 fl. betragenden Halbjahrcoupons nicht ausgeschlossen ist, mußte eine so weit gehende Sicherheit angewendet werden, umso mehr als in jüngster Zeit vielfach über Fälschungen von Coupon-Papieren geklagt wird.

Daß dieses Sicherheits-Papier nur unter strengster Aufsicht eines Staatsministeriums erzeugt und ausgegeben wird, die bezüglichen Verträge auf lange Zeit laufen, bietet weitere Gewähr dafür, daß das Papier nicht in die Hände Unbefugter gelangt.

Da der Stoff zu diesem Sicherheits-Faser-Papier nicht aus den gebräuchlichen Rohstoffen und auch nicht auf die gebräuchliche Art hergestellt wird, so ist dessen Einreihung in die üblichen Gütebezeichnungen nicht möglich. Auch bei diesem Papiere hat der Verfasser die Festigkeits- und Dehnungs-Proben vorgenommen, und dabei folgende Ergebnisse erzielt:

## I. In der Längsrichtung:

|            |         |                |           |         |
|------------|---------|----------------|-----------|---------|
| 1. Versuch | 6,24 kg | Zerreißgewicht | bei 3,0 % | Dehnung |
| 2. "       | 6,01 "  | "              | " 3,0 "   | "       |
| 3. "       | 6,15 "  | "              | " 3,0 "   | "       |
| 4. "       | 6,25 "  | "              | " 3,0 "   | "       |
| 5. "       | 6,40 "  | "              | " 3,0 "   | "       |

## II. In der Querrichtung:

|            |         |                |           |         |
|------------|---------|----------------|-----------|---------|
| 6. Versuch | 3,20 kg | Zerreißgewicht | bei 5,2 % | Dehnung |
| 7. "       | 3,20 "  | "              | " 5,0 "   | "       |
| 8. "       | 3,15 "  | "              | " 5,0 "   | "       |
| 9. "       | 3,30 "  | "              | " 5,3 "   | "       |
| 10. "      | 3,40 "  | "              | " 5,9 "   | "       |

im Mittel **47,30 kg.**

Reißlänge bei 64 gr Gewicht für 1 qm

$$R = \frac{4730}{64 \times 15} \times 1000 = 4938^m.$$

Das geringere Gewicht (10 kg für das Neuries) ist bei der Verwendung für Couponbogen erwünscht. Auch dieses Papier war gut aber nicht übermäßig geleimt und scharf geglättet. Da dieses Papier ohnedem nur mit Bewilligung des k. k. Reichs-Finanz-Ministeriums ausgegeben werden darf, entfiel die Sicherung gegenüber dem Verfertiger; bezüglich des Mantelpapieres aber, das von einer andern Fabrik (Schlögelmühle, von der die Oesterreich-Ungarische Bank das Banknotenpapier bezieht, und die deshalb ebenfalls nur schwer zugänglich ist) bezogen wurde, ist die Erklärung verlangt worden, daß von diesem Papiere nur das während der Dauer der Beaufsichtigung Erzeugte hergestellt worden ist, und daß das gleiche Papier an keinen Dritten abgegeben wurde noch wird. Zudem wurde die Rolle mit dem Wasserzeichen gleich nach Beendigung der Maschinen-Arbeit versiegelt und nach Beendigung des Abliefers aus der Fabrik der bahngesellschaftlichen Kasse zur Aufbewahrung übergeben.

Die Ueberwachung der Papierherstellung daraufhin, daß nur die bestellte Menge und nicht mehr erzeugt wird, und daß die etwaige Mehrerzeugung sofort eingestampft wird, hat seine Schwierigkeiten. In einer großen gewerblichen Anlage, welche

der Aufsichtsbeamte meistens bei dieser Veranlassung zum erstenmale sieht, kann bei den zahlreichen Maschinen und dem ausgedehnten Röhrennetze eine scharfe Aufsicht wohl kaum durchgeführt werden; man ist in dieser Beziehung auf die Vertrauenswürdigkeit der Leiter der Fabrik angewiesen. Die Ueberwachung der Verwendung der Wasserzeichen-Rolle durch Versiegeln ist eine unerlässliche Mafsnahme des Aufsichtsbeamten und dürfte bei durch ihren Ruf gewährleistenden Werken ausreichen, wenn auch nach Möglichkeit jeder Vorgang nur nach Augenschein beurtheilt werden soll. Die Beaufsichtigung der Papier-Erzeugung bezüglich der Güte kann entfallen, denn kein Werk wird sich der Gefahr aussetzen, ihr mit Wasserzeichen versehenes Erzeugnis zurückgewiesen zu sehen.

Wird das Papier in 2 oder 4 fachem Formate erzeugt, so ist darauf zu sehen, daß die Abstände der Mittelpunkte des Wasserzeichens genau eingehalten werden, und während das Zeug durch die Maschine läuft, sind diese Abstände wiederholt zu messen, da Abweichungen später bei den Passer-Arbeiten an der Druckmaschine sehr störend wirken. Solche Abweichungen werden durch veränderten Druck der verschiedenen Maschinenrollen, oder durch veränderte Wärmezuführung in den Trockenrollen veranlaßt, und es ist Sache des Maschinen-Meisters in dieser Beziehung bei so wichtigen Papieren volle Gleichmäßigkeit zu erzielen.

Fassen wir das Vorstehende zusammen, so ergeben sich folgende zu berücksichtigende Punkte bezüglich des Papieres für die in öffentlichen Verkehr zu setzenden Schuldverschreibungen mit Couponbogen:

1. Es darf nur Papier aus reinen Hanf-, Leinen- und Baumwollfasern ohne jede Beimengung von Holzschliff, Holzcellulose, oder anderen Ersatzstoffen und ohne Füllstoff erzeugt, gut mit Harz geleimt, also ein Papier erster Güte, mit einer Reifslänge von mindestens 4500<sup>m</sup> verwendet werden.
2. Für die Mantelbogen, zu denen das vorbezeichnete Papier zu wählen ist, empfiehlt sich ein am zweiten Blatte anzubringendes Wasserzeichen. Gebogene, runde Linien im Wasserzeichen sind besser als gerade.
3. Für Couponbogen, von denen kleine Theile (Coupons) als baare Geldwerthzeichen in den Verkehr kommen, soll nur schwer nachzuahmendes Sicherheitspapier verwendet werden, welches eine brauchbare photographische Wiedergabe des darauf Gedruckten unmöglich macht.
4. Ganz weißes Papier ist zu solchen Zwecken ausgeschlossen, es empfiehlt sich, dasselbe passend abzutönen. Anilinfarben sind dabei auszuschließen.
5. Die Herstellung des Papieres muß bezüglich Güte und Menge überwacht werden. Zur Ueberwachung der Güte genügt die nachträgliche Prüfung durch einen Fachmann oder eine behördlich geleitete Prüfungs-Anstalt; die Ueberwachung der Menge kann sich auf eine

dauernde Ueberwachung der Verwendung der Wasserzeichenrolle beschränken; im Uebrigen ist das Werk schriftlich zur Einhaltung der vertragsmäßigen Menge zu verpflichten.

6. Das Papier muß in seiner ganzen Masse vollkommen gleichmäßig geglättet sein, da sonst, insbesondere beim Farbendrucke, ungleich abgetönte Bilder entstehen, was bei der Einlösungsstelle sehr störend wirkt.

Das Papier ist in der Fabrik abgezählt zu übernehmen und der Druckerei mit der gleichen Genauigkeit bogenweise zuzuzählen; schließlic muß dann die Zahl der abgelieferten farbigen Drucke einschließlic der allenfalls abzuliefernden Fehldrucke mit der Zahl der übergebenen Bogen genau stimmen.

### Druckerei.

Wenn einer Druckerei das Papier zugezählt ist, so kann der Druck nach den gepflogenen Vereinbarungen beginnen. Letztere umfassen zumeist:

1. Feststellung der Farben und Form des Unterdruckes für
  - a) den Mantel,
  - b) den Couponbogen;
2. Feststellung des Textaufdruckes;
3. Bestimmung bezüglich der Unterschriften;
4. Bestimmung der Scrirung und Nummerirung;
5. Vereinbarung bezüglich der Ueberwachung des Druckes.

Der Unterdruck hat zwei Zwecke: er soll das Nachahmen erschweren und er soll den Werth des Papieres schon durch dessen äußere Erscheinung hervorheben.

Man hat verschiedene Arten des Unterdruckes: vollen und nicht vollen. Der erstere besteht aus vielen feinen regelmäßigen Linienverschlingungen, die ebenfalls gekrümmt, nicht geradlinig sein sollen und mit der Guillochir-Maschine ausgeführt werden. Man kann diesen Linien auch einen Sinn unterlegen, d. h. man kann sie als Buchstaben ausführen, doch soll solche Schrift von Figuren und Bändern unterbrochen sein. Der Unterdruck ist mit einem Rahmen einzufassen, der in verschlungenen Linien hübsche Muster zeigt; in den Ecken angebrachte Rundschilder mit der Werthangabe in auffallender Form sind sowohl Zierde, als auch praktisches Mittel das Zählen zu erleichtern. Nicht volle Unterdrucke empfehlen sich bei Sicherheits-Papieren. Auch hier ist ein Rahmen mit Schildern angezeigt, doch sind die dünnen Linien nicht dicht neben einander, sondern in etwas weiteren, aber nicht regelmäßigen Abständen in vielfachen Verschlingungen so zu führen, daß sie sich zu irgend einer Figur vereinigen. Dabei können größere Flächen des Papieres (2 bis 4 qcm) innerhalb des Rahmens von Unterdruck gänzlich frei bleiben, was dem Grundsatz, die Sicherheit gegen Fälschungen mehr im Papiere selbst, als in schwierigen Drucken zu suchen, vollkommen entspricht.

Am Mantel wird natürlich nur die erste Seite, der Spiegel, einen farbigen Untergrund erhalten. Die Rückseite der Couponbogen kann frei bleiben, was Fälschungen sehr erschwert, weil kaum angenommen werden kann, daß die Nachahmung des Papieres selbst genügend gelingt, um nicht schon durch oberflächliche Besichtigung erkannt zu werden.

Die Wahl der Farben für den Unterdruck hängt, wie schon erwähnt, von der Verschiedenheit der Werthtitel für ein zusammengehöriges Kapital ab. Verschiedenwerthige Antheilscheine sind in verschiedenen Farben auszuführen. Die Stellung und Mischung der Farbe ist heutzutage gleichgiltig; alle Farben wirken für sich allein auf photographische Platten und es ist kaum daran zu zweifeln, daß man auch bald Farben mittels der Photographie wiedergeben wird. Schwierigkeiten bereitet man der photographischen Fälschung vorläufig nur, wenn man sogenannte lichtschwache oder Halbfarben in eigenthümlichen bestimmten Reihenfolgen mit Grundfarben gemischt, einzeln neben einander stellt und sie abgetönt in einander übergehen läßt. Noch größere Schwierigkeiten bereitet aber das Sicherheitspapier, Patent Musil, und das ist auch die Begründung der nunmehr allgemein gültigen Ansicht, daß man die Sicherheit gegen Fälschung heutzutage nicht mehr in den Drucken und den verschiedenen Farben, sondern ausschliesslich nur in der Eigenthümlichkeit des Papieres zu suchen hat.

Beim Drucken ist die Dicke, die Leimung und die Glätte des Papieres zu berücksichtigen. Dicke Papiere sind Veränderungen weniger ausgesetzt, als dünnere und eignen sich sehr gut zu Passerarbeiten, andererseits sind dicke Papiere schwerer zu bedrucken, als dünne. Papier zu Druckzwecken soll nach dem technischen Ausdrucke etwas mehr als halb geleimt sein, nie weniger. Bezüglich des Grades der Glätte ist zu bemerken, daß eine glatte Oberfläche die Farbe besser annimmt, als eine rauhe, daß aber die Farbe auf Papieren mit Hochglanz abgestoßen wird und zerrinnt.

Für Steindruck eignet sich besser mälsig geglättetes, für Maschinen-(Lettern)-Druck ist scharf geglättetes Papier nöthig, um volle satte Farbtöne zu erzielen.

Nach der Glätte des Papieres richtet sich der Flüssigkeitsgrad der Druckerfarbe und zwar gilt im Allgemeinen die Regel: je glatter das Papier, desto dicker muß die Druckfarbe gehalten werden.

Die Carl Ludwig-Bahn hat bei der Ausgabe der 75 Millionen Schuldverschreibungen 4 verschiedene Werthtitel (100, 300, 1000 und 5000 Gulden) gewählt und hierfür die Farben Rosa, Blau, Braun und Grün bestimmt. Natürlich müssen Mantel und Couponbogen in der gleichen Farbe hergestellt werden, doch empfiehlt es sich, die Couponbogen in einer viel lichterem Abtönung zu halten, weil der einzelne Coupon, ein recht kleines Stückchen Papier, oft dicht bedruckt wird und daher die geschäftliche Handhabung bei der Einlösung durch dunklen Untergrund sehr erschwert wird. Die Unterdrucke sollen auf beiden Theilen übereinstimmende Erscheinung geben, aber durchaus nicht völlig gleich sein. Am Couponbogen sollen die einzelnen Coupons zwar einen freien Rand unbedruckten Papieres haben, je vier Coupons sollen aber in ihren zusammenstossenden Ecken im Unterdrucke eine gemeinschaftliche Figur bilden, von welcher ein Viertel ausschnitt bis innerhalb des Couponrahmens reichen muß.

Das Anbringen von Geheimzeichen in jedem einzelnen Coupon ist empfehlenswerth. Der Unterdruck wird mittels Steindruck bewirkt, es ist aber streng darauf zu sehen, daß die Farbe gleichmälsig und immer in gleicher Tönung auf den Stein aufgetragen wird; dem genehmigten und bestellten Muster nicht

vollkommen gleichfarbige und gleichabgetönte Bögen sind von der Uebernahme entschieden auszuschließen.

Bezüglich des Textes ist nichts weiter zu bemerken, als daß die Werthangabe und gewöhnlich auch der Zinsfuß in besonders deutlicher Schrift auffallend hervorzuheben sind. Diese beiden wichtigen Angaben in farbiger Schrift von dem sonst schwarzen Textdrucke besonders abstechen zu lassen, hebt das Aussehen, ist aber nicht nöthig.

Ob die Schuldverschreibungen der handschriftlichen Ausfertigung eines oder mehrerer zur Unterschrift berechtigter Beamten bedarf, hängt von den gesetzlichen Bestimmungen des Landes ab, in welchem sie ausgegeben werden und in welchem die Werthpapiere verkehren sollen. Daß man die handschriftliche Ausfertigung gern umgeht, und durch formgetreue Nachbildung der Unterschrift leitender Persönlichkeiten ersetzt, ist natürlich und in jüngster Zeit auch gebräuchlich; doch soll jede Schuldverschreibung, wenigstens die handschriftliche Ausfertigung eines Ueberwachungsbeamten aufweisen, der dann auch für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Schuldverschreibung innerhalb der Verwaltung verantwortlich ist.

Das Anbringen der Serien-Zahlen und der Nummern auf dem Mantel und besonders auf den Coupons und dem Talon verursacht viel Arbeit in den Druckereien. Die Nummerirungen werden durch den Tilgungsplan bestimmt. Es wird in den meisten Fällen möglich und praktisch sein, die Nummern gleichzeitig mit dem Texte in der Maschine zu drucken, die Serien müssen dann allerdings mit besonderer Nummerirmaschine aufgedruckt werden.

Die Nummern und Serien sind recht deutlich und auffallend sowohl auf dem Mantel, als auf jedem einzelnen Coupon ersichtlich zu machen. Es ist darauf zu sehen, daß diese Zahlen an solchen Stellen angebracht werden, an denen der Untergrund besonders licht ist. Bei den Coupons ist dies manchmal schwierig, da dieselben nach der Einlösung durchlocht werden, und man darauf achten muß, daß durch diese Behandlung Serie und Nummer nicht verletzt werden. Bezüglich der Wahl der Zifferlettern für diese Zahlen ist keine bestimmte Anweisung zu geben, sie wird vom Untergrunde und dem sonstigen textlichen Inhalte des Coupons bestimmt; doch werden diesbezüglich kurze gedrungene, aber recht fette Lettern die besten Dienste leisten. Die Coupons erhalten überdies fortlaufende große Ordnungszahlen, für die ebenfalls recht fette und besonders große Ziffern zu wählen sind; diese werden in der Maschine aufgedruckt.

Bezüglich des Verkehres mit der Druckerei sind folgende Punkte zu berücksichtigen: Hat man mit der Druckerei erschöpfend abgeschlossen, so daß Leistung, Preis, Zahlung und Zeitpunkt der Lieferung genau feststehen, so hat die Druckerei Muster für Unterdruck, für Textdruck und für Nummerndruck vorzulegen. Nach den genehmigten Mustern hat dann die Druckerei zu arbeiten; die Ueberwachung dieser Arbeit muß so durchgeführt werden, daß nicht gedruckt werden darf, bevor der überwachende Beamte das erste fertige Exemplar, das die Maschine verläßt, gesehen, für gut befunden und erklärt hat, daß keine Aenderung in der Anordnung mehr nöthig ist. Im weiteren Verlaufe hat der Ueberwachende schon während der Arbeit darauf zu sehen, daß nur völlig gleichmälsig abgetönte

Abdrücke erzeugt, abweichende sofort ausgeschieden werden. Der Aufsichtsbeamte hat ferner vor Beginn der Nummerirung die Wirkung der aufgedruckten Nummern bei den ersten Abzügen zu beurtheilen, so lange noch eine Abänderung möglich ist. Nach Beendigung des Druckes, bei dem auch etwa 5% der Abdrücke in Vorrath herzustellen sind, müssen die Unterdruck-Platten und Stereotyp-Platten für den Textdruck der Kasse zur Aufbewahrung für etwaiges Nachdrucken übergeben werden. Es ist besonders bei etwas sprödem Papiere empfehlenswerth, die gedruckten und nummerirten Abzüge einige Tage liegen zu lassen, damit Farbe und Druck gehörig eintrocknen. Die fertigen brauchbaren Abzüge werden der bestimmten Dienststelle abgeliefert, gleichzeitig aber auch die gesammten Fehldrucke übergeben, so daß die Zahl der der Druckerei zugezählten Papier-Menge nachgewiesen ist. Von unbedruckten Bogen ist gleichfalls eine ausreichende Zahl in Vorrath zu behalten.

Die Druckerei hat außerdem eine beglaubigte Bescheinigung auszustellen, daß sie außer den abgegebenen Abzügen der bestellten Geldwerthzeichen keine weitere hergestellt hat, und daß sie auf Bestellung dritter keine gleichen Werthpapiere erzeugen wird. Die Werthpapiere mit Randschrift (Juxta) in gebundenen Büchern abliefern zu lassen ist zwecklos, da aus einer Verletzung der krummen Schnittlinie nicht die Ungültigkeit des Werthpapiers abgeleitet werden kann, und die Randschrift durch einfache Verzeichnisse ausreichend und vortheilhaft ersetzt werden kann.

Nach dem Vorstehenden sind also folgende Mafsnahmen zu empfehlen:

1. Der Mantel auf Documentenpapier erhält einen vollen Guilloche-Unterdruck, mit Rahmen, Schildern, Bändern und Figuren, während die Couponbogen auf Sicherheits-Faser-Papieren einen lichterem nicht vollen Unterdruck erhalten.

2. Die Wahl der Farben für den Unterdruck bedarf keiner besonderen Rücksichten, nur wird es gut sein, lichtschwache Halbfarben zu wählen. Anilinfarben sind auszuschließen. Die Unterdrucke für Mantel- und Couponbogen sind zwar gleichfarbig auszuführen, doch soll die Farbe auf dem Couponbogen heller abgetönt werden.
3. Die gewählten Farben müssen auf allen Abdrücken in völlig gleicher Abtönung erscheinen. Hellere oder dunklere Stücke sind als Ausschufs zu behandeln.
4. Handschriftliche Unterschriften auf Schuldverschreibungen sind nicht mehr gebräuchlich, doch soll jede Schuldverschreibung bei der Ueberprüfung vor der Ausgabe von einem Ueberwachungs-Beamten handschriftlich ausgefertigt werden.
5. Für sämtliche Nummern (Serien, Ordnungszahlen) sind kurze gedrungene, aber fette Zifferlettern zu wählen; es ist darauf zu achten, daß diese Nummern an besonders hellen Stellen des Untergrundes aufgedruckt werden.
6. Es ist darauf zu dringen, daß die Zahlen beim Nummerdrucke in der richtigen Abmessung und in passenden Abständen aufgedruckt werden; es ist daher auf eine gewissenhafte Punktirung zu achten und schon von vornherein auf die Inanspruchnahme der Punkte Rücksicht zu nehmen.
7. Es ist nicht gut, die fertigen Abdrücke von der Maschine weg in Verwendung zu nehmen. Die Farben müssen eintrocknen, da sonst bei den Buchführungs-Arbeiten ein Verwischen der Druckfarben vorkommen kann, wodurch das gute Aussehen der Papiere beeinträchtigt wird.

## Beiträge zur Schienenstatistik und Untersuchung der Ausnutzung (Dauer), Abnutzung und Brüche der Eisenbahnschienen

nach statistischen Nachweisungen der k. k. priv. Kaiser Ferdinands-Nordbahn.

Von Franz Ritter von Stockert, k. k. Regierungsrath, Central-Inspector der Kaiser Ferdinands-Nordbahn a. D.

### Inhalts-Uebersicht.

|   | Seite |  | Seite |
|---|-------|--|-------|
| Einleitung . . . . .  | 259   | b) Martinstahlschienen . . . . .   | 275   |
| I. Schienenausnutzung und Schienenabnutzung . . . . .   | 259   | c) Nachweisung der Anwendbarkeit des für Eisen- und Puddelstahlschienen gefundenen Gesetzes auf Flufsstahlschienen . . . . . | 278   |
| II. Schienenquerschnitte der Kaiser Ferdinands-Nordbahn . . . . .   | 259   | VII. Einfluß der Radbelastung auf die Schienenausnutzung . . . . .   | 279   |
| III. Schienenausnutzung . . . . .   | 260   | VIII. Vergleich der Ausnutzungsfähigkeit der in den Zusammenstellungen 1 bis 37 beschriebenen Schienen . . . . .             | 279   |
| IV. Zusammenstellungen über Schweißmetallschienen . . . . .   | 262   | IX. Einfluß des Materiales auf die Ausnutzungsfähigkeit . . . . .  | 281   |
| a) Eisenschienen . . . . .  | 262   | X. Einfluß der Stofsverbindungen auf die Ausnutzungsfähigkeit . . . . .  | 281   |
| b) Puddelstahlschienen . . . . .  | 262   | XI. Schienenabnutzung . . . . .  | 282   |
| c) Nachweisung der Anwendbarkeit des für Eisenschienen aufgestellten Gesetzes auf Puddelstahlschienen . . . . . | 269   | XII. Schienenbrüche . . . . .  | 283   |
| V. Vorbemerkungen zu den statistischen Nachweisen über die Ausnutzung der Flufsstahlschienen . . . . .          | 269   | XIII. Schlußfolgerungen . . . . .  | 286   |
| VI. Zusammenstellungen über Flufsstahlschienen . . . . .  | 270   |  |       |
| a) Bessemerstahlschienen . . . . .  | 270   |  |       |

### Einleitung.

Das in neuester Zeit in immer weitere Kreise dringende Bestreben nach Einführung schwerer Schienen, ohne welche die Vergrößerung der Achslasten und der Geschwindigkeit für unzulässig gehalten wird, hat seit 1886 zur Verwendung der Goliathschiene in Belgien, seit 1888 zur Einführung von schwereren Schienen auf einigen französischen Bahnen geführt. In Deutschland betheiligen sich namentlich die Walzwerke an gleichen Bestrebungen, und vor einem Jahre hat sich auch der 3. internationale Eisenbahnkongress einhellig für die 42 bis 52 kg schwere Schiene ausgesprochen. \*) Welche Gründe zur Annahme des entsprechenden Antrages des Oberingenieur Michél geführt haben, ist nicht bekannt geworden, auffallend ist aber der gleichzeitige Beschluss, eine Schienenstatistik in einer Form einzuführen, welche zu beweisen scheint, dass den Antragstellern die Durchführung einer viel ausführlicheren Statistik im deutschen Eisenbahnvereine nicht bekannt war.

Dem Verfasser, der auch nach seinem Rücktritte vom praktischen Eisenbahndienste die Lebensfragen des Eisenbahnwesens eifrigst verfolgt, wurde hierdurch die Frage geweckt, ob die Grundlagen des tief einschneidenden Beschlusses auch wohl wirklich sichere seien, und er suchte sich daher selbst eine Entscheidung über die Nothwendigkeit der Gewichtsvermehrung der Schienen aus den Aufzeichnungen der Kaiser Ferdinands-Nordbahn zu bilden, welche bis in den Anfang der sechziger Jahre zurückgehend, alle Grundlagen für die sichere Beurtheilung der Widerstandsfähigkeit der Schienen enthalten.

Auf den Strecken der Kaiser Ferdinands-Nordbahn, auf denen heute noch die älteren leichten Schienen theilweise mit großer Schwellentheilung neben den seit 1873 eingeführten stärkeren mit engerer Theilung liegen, bewegt sich seit lange ein Verkehr, der sowohl die höchste in Oesterreich zulässige Geschwindigkeit von 80 km in der Stunde, als auch die höchste Achslast von 14 t aufweist, und welcher in mehr als 20 jähriger Dauer 60 bis 94 Millionen Bruttotonnen über die Schienen führte. Wenn trotzdem vielfach nicht einmal oder wenig über 1 % der Schienen zur Auswechslung gelangten, so erscheint ein solcher Oberbau als ein den vorliegenden Anforderungen durchaus gewachsenes Bauwerk, und da die Einführung einer noch größeren Geschwindigkeit mit Rücksicht sowohl auf die im hügeligen Lande erhebliche Vermehrung der Betriebskosten, als auch auf die Verminderung der Betriebssicherheit als eine Mafsregel von sehr zweifelhaftem Werthe erscheint, so glaubte der Verfasser, gestützt auf die sorgfältige Buchführung der Kaiser Ferdinands-Nordbahn, eine genaue Untersuchung über das Verhältnis der Widerstandsfähigkeit der Schienen zu den Anforderungen des Verkehrs aufbauen, und den Nachweis genügender Stärke des vorhandenen Oberbaues versuchen zu sollen.

Der Verfasser erfüllt hier die angenehme Pflicht, dem Herrn Regierungsrathe Wilhelm Ast, Director des Bau- und Bahnerhaltungsdienstes, und anderen Beamten der Kaiser Ferdinands-

Nordbahn den verbindlichsten Dank für die Bereitwilligkeit auszusprechen, mit der sie alle zu der vorliegenden Untersuchung erbetene Auskunft ertheilt haben.

### I. Schienenausnutzung und Schienenabnutzung.

Die zugleich mit der Verwendung der Eisenbahnschienen entstandene Frage nach ihrer Dauer kann allgemein nicht beantwortet werden, weil jeder Schiene einer Lieferung, selbst unter ganz gleicher Benutzung eine andere Dauer zukommt. Mit der Einführung der Flufsstahlschienen und durch die dadurch weit gesteigerte Lebensdauer der Schienen hat die Frage ihre ursprüngliche Dringlichkeit eingebüßt, nicht aber ihre Wichtigkeit. Dass die Schweifsmetall- (Eisen- und Puddelstahl-) Schienen einer durch ihre Erzeugungsart und ihr ungleichartiges Gefüge bedingten Zerstörung weit früher erliegen, bevor die Abnutzung ihre Auswechslung erheischt, ist bekannt. Aber auch bei Flufsstahlschienen verringern innere Zerstörungen, allerdings wegen der größeren Gleichartigkeit des Gefüges später und in anderer Weise, die Grenze der Benutzbarkeit und bedingen die Auswechslung, bevor das zulässige Mafs der Abnutzung erreicht ist; bei besonders widerstandsfähigen Schienen wird die innere Zerstörung zurückbleiben, und hier kann die äußere Abnutzung der erste Grund zur Auswechslung werden. Schienenausnutzung und Schienenabnutzung sind demnach nicht gleichbedeutend; unter Schienenabnutzung ist die durch die Verwendung herbeigeführte Verminderung an Höhe bis zu einer durch Rechnung festgestellten zulässigen Grenze der Widerstandsfähigkeit zu verstehen, während die Schienenausnutzung durch anderweitige Zerstörung und ohne volle Abnutzung zur Auswechslung zwingt. Den Einfluss der Ausnutzung, sowie der Abnutzung auf die Dauer an den Schienen der Kaiser Ferdinand-Nordbahn nach deren genauen Aufzeichnungen, wie nach der Schienenstatistik des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen nachzuweisen, ist Zweck dieser Arbeit.

### II. Schienenquerschnitte der Kaiser Ferdinands-Nordbahn.

Die benutzten Aufzeichnungen aus den 28 Jahren von 1860 bis 1888 beziehen sich auf die drei in Fig. 84—86 (S. 260) dargestellten Schienenquerschnitte St. B., A und B, und auf Schienen aus Schweifseisen, Puddelstahl, Bessemerstahl und Martinstahl. Fig. 84 zeigt den 1856 übernommenen alten Querschnitt St. B. der österreichischen Staatsbahnen, der auch für 1861 probeweise eingeführte Puddelstahlschienen beibehalten wurde. Die gute Haltbarkeit der letzteren auf einer für Schweifseisenschienen verhängnisvollen Bremsstrecke, führte dann zu dem Bestreben allgemeiner Einführung des Stahles. Die hohen, wirthschaftlich freilich wohl zu rechtfertigenden Beschaffungskosten, sowie die ungünstige Materialvertheilung des Querschnittes St. B., führten dann 1865 zum Entwurfe des leichteren, aber 9 % tragfähigeren Querschnittes A, Fig. 85, auf Grund von Festigkeitsversuchen an Probestäben aus den alten Stahlschienen, welcher nach der damaligen Preislage in Puddelstahl gerade soviel kostete wie St. B. in Schweifseisen.

\*) Vergl. Organ 1890, S. 135.

## Schienenprofile der Kaiser Ferdinands-Nordbahn.

Fig. 84.

## Staatsbahn-Profil (Profil St. B.).

Querschnittsfläche = 47,733 cm<sup>2</sup>; Gewicht von 1<sup>m</sup> in Eisen = 36,754 kg; Gewicht von 1<sup>m</sup> in Schweifsstahl = 37,275 kg; Gewicht von 1<sup>m</sup> in Flufsstahl = 37,561 kg; Trägheitsmoment  $J = 644,999$  für cm; Widerstandsmoment  $\frac{J}{h^3} = 110,351$  für cm.

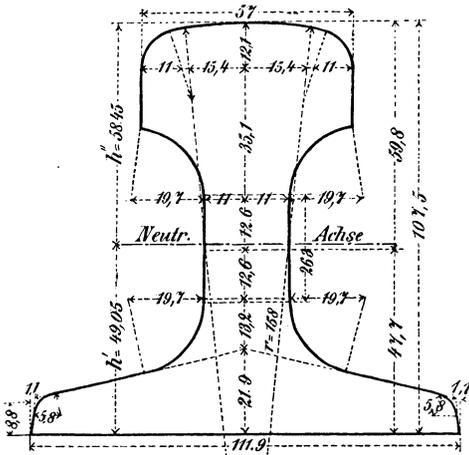


Fig. 85.

## Profil A.

Querschnittsfläche = 39,505 cm<sup>2</sup>; Gewicht von 1<sup>m</sup> in Schweifsstahl = 30,849 kg; Gewicht von 1<sup>m</sup> in Flufsstahl = 31,086 kg; Trägheitsmoment  $J = 766,080$  für cm; Widerstandsmoment  $\frac{J}{h^3} = 120,309$  für cm.

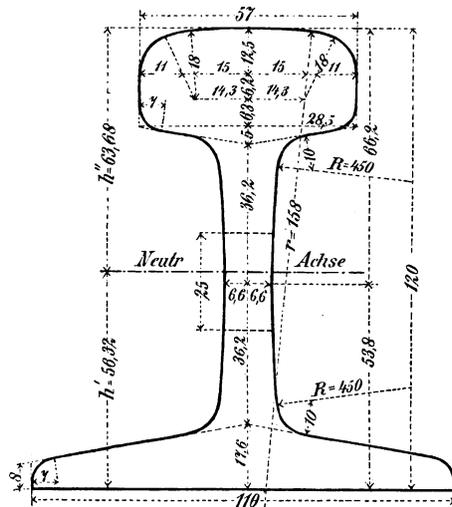
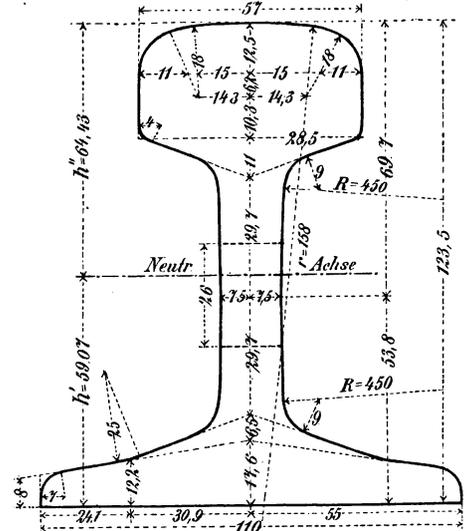


Fig. 86.

## Profil B.

Querschnittsfläche = 44,770 cm<sup>2</sup>; Gewicht von 1<sup>m</sup> in Schweifsstahl = 34,960 kg; Gewicht von 1<sup>m</sup> in Flufsstahl = 35,230 kg; Trägheitsmoment  $J = 877,490$  für cm; Widerstandsmoment  $\frac{J}{h^3} = 136,193$  für cm.



Nachdem durch Versuche in England erkannt war, daß sich Oberungarisches und Kärnthner Eisen vorzüglich für das Bessemerverfahren eigne, richteten sich mehrere österreichische Werke in freilich zunächst bescheidener Weise auf dieses ein, und obwohl sie zur Zeit der ersten Ausschreibung von Schienen A nur die aus England erhaltenen Proben vorlegen konnten, boten sie doch auf Grund ihrer Versuche 6 bis 8jährige Gewähr an, sodafs die Verwaltung das Angebot trotz der Nachrichten über viele Brüche an Bessemerstahlschienen aus England und von der Cöln-Mindener-Bahn annehmen konnte. Diese erstgelieferten Schienen haben denn auch größtentheils 23 Jahre in der Bahn gelegen, und die nachfolgenden Nachweisungen über Ausnutzung und Bruch zeigen, daß sich der Querschnitt A sowohl in Puddel, wie in Bessemerstahl vorzüglich bewährt hat.

Die nun bald eintretende Steigerung der Achslasten und Geschwindigkeiten bis zum äußersten zulässigen Mafse riefen bei der Kaiser Ferdinands-Nordbahn jedoch schon 1871 neue Erwägungen über die erforderliche Schienenstärke hervor, welche 1872 zur Feststellung des Querschnittes B, Fig. 86 mit um 13,3% Vergrößerung des Gewichtes und 12,9% des Widerstandsmomentes führten. Dieser Querschnitt ist in den freien Strecken der Hauptlinien bis 1886 ausschließlich verwendet, in welchem Jahre durch Schwächung des Steges und entsprechende Verstärkung des Kopfes bei nahezu unverändertem Gewichte eine abermalige Erhöhung des Widerstandsmomentes um 16,8% erreicht wurde. Ueber die Bewährung dieses neuesten Querschnittes liegen genügende Erfahrungen noch nicht vor.

## III. Schienenausnutzung.

Abgesehen von Herstellungsfehlern liegen die Ursachen der Schienenzerstörung zunächst in den bekannten Hammerschlägen der Räder auf die Kopfkanten an den Stößen, sodann im Auswalzen des Kopfes durch die Räder, welches nicht selten bis

zum Stege hinab wirkt, und eine Streckung der obersten Schichten um 4 bis 6 mm bewirkt; Wärmeerhöhung hat dann ein Ausprengen bzw. Spalten des Kopfes, mittels des in die Stofsücke getretenen Materiales zur Folge. Dazu kommt als Beförderungsmittel der Zerstörung auf zweigeleisigen Strecken, das nicht vollständig zu verhindernde Wandern, als Störung der Regelmäßigkeit der Stofslücken. Zur Beurtheilung dieser Wirkungen ist für jedes Jahr die Zahl der übergerollten Räder, und aus der Gesamtlast das Durchschnittsgewicht des Rades ermittelt, woraus sich die Zahl der Schläge ergibt, andererseits auch der Satz an Schienen, welcher in Folge dieser Zerstörung zu beseitigen war.

Bei Schweifsstahlschienen muß die Zerstörung, in Folge der sehr erheblichen Ungleichartigkeit des Gefüges bei den verschiedenen Schienen, zu sehr verschiedener Zeit eintreten; bei den gleichartigeren Flufsstahlschienen muß diese Verschiedenheit bei ganz gleicher Benutzung geringer sein, da aber weitere Gründe für die ungleiche Dauer in der ungleichen Belastung und den wechselnden Verhältnissen der Strecke und der Unterhaltungsarbeiten liegen, sind die Verschiedenheiten der Dauer auch bei Flufsstahlschienen größer, als man nach der Beschaffenheit ihres Materiales zunächst annehmen sollte.

Den Schweißfehlern der Schweifsstahlschienen, stehen bei den Flufsstahlschienen die Gufsblasen gegenüber, welche in Folge ihrer glasharten Haut selbst durch Schmieden, geschweige durch das Walzen nicht beseitigt werden; sie werden mit ausgewalzt und verursachen in der Nähe der Kopfoberkante häufig Abtrennungen ihrer Decke unter der Wirkung der überrollenden Räder. Ganz überwiegend bleibt aber bei allen Schienen das Zerfahren des Kopfes an den Stößen. Die Verschiedenheit der zerstörenden Einflüsse bei beiden Schienenarten klarzustellen, ist durch Aufnahme von Zusammenstellungen über den Fortschritt der Zerstörung an einer Reihe von zusammenhängend,

unter gleichen Verhältnissen verlegten Schienen für jeden der Stoffe gesondert versucht, und es ergibt sich durch Vergleichung der übergerollten Lasten eine erhebliche Ueberlegenheit der Puddelstahl- über die Schweisseisen-, sowie der Flufsstahl- über die Puddelstahlschienen. Leider sind aber die gegebenen Anhaltspunkte zur Feststellung zuverlässiger Vergleichsziffern über den Werth der verschiedenen Schienenarten nicht genügend, und es wird auch trotz der Wichtigkeit dieser in Bau und Unterhaltung ganz riesenhafte Summen betreffenden Frage schwerlich gelingen, ganz sichere Ziffern zu erhalten, weil die übrigen Verhältnisse zu grofse Schwankungen der Beobachtungsergebnisse bedingen.

Trotz und in richtiger Würdigung dieser Schwierigkeiten hat der Verfasser auf Grund der Erfahrungen schon 1872 in der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereines eine Formel mitgetheilt, welche die Abhängigkeit der Schienenzerstörung von der Gröfse der übergerollten Last darzustellen sucht. Trägt man die Bruttolasten in  $t$  als Abszissen  $x$ , die durch den Uebergang von  $x^t$  Bruttolast zerstörten Schienen in % des Gesamtbestandes als Ordinaten  $y$  auf, so erhält man Theile einer Viertelellipse, deren wagerechte Halbachse  $a$  die Anzahl von  $t$  angiebt, welche bis zur Zerstörung des ganzen Bestandes übergerollt sein mufs, und deren lothrechte Halbachse  $b$  mit 100 % den ganzen zu beobachtenden Bestand darstellt.

Die Gleichung dieser Ellipse ist:

$$a = \frac{b \cdot x}{\sqrt{2by - y^2}} \text{ oder für } b = 100\%, a = \frac{100 \cdot x}{\sqrt{200y - y^2}}.$$

Die thatsächlichen Abweichungen von dieser Linie sind nicht grofs genug, um deshalb gänzlich darauf zu verzichten, nach aus kürzerer Betriebszeit vorliegenden Beobachtungen von  $x$  und  $y$  die annähernde Vorherbestimmung der bis zur völligen Zerstörung überzurollenden Bruttolast  $a$  vorzunehmen, wenn auch dabei mehr oder weniger starke Abweichungen vorkommen werden. Selbstverständlich sind nur die wirklich durch den Zugverkehr zerstörten Schienen in Rechnung zu stellen, die gebrochenen also auszuschließen, und auch dann darf namentlich bei Schweissmetall keine kurze Beobachtungsdauer zu Grunde gelegt werden, weil der schnelle Abgang aller mit erheblichen Schweiffsfehlern behafteten Schienen im Anfange der Ellipse durchweg zu grofse  $y$  liefert; die Zusammenstellungen ergeben, dafs zuverlässige Beobachtungswerthe erst gewonnen werden, nachdem etwa 1 % an zerstörten Schienen ausgewechselt sind.

In den späteren Stufen liegen folgende Ursachen für Abweichungen vor. Um eine einheitlich gestaltete Probestrecke zu behalten, mufs man bei Zerstörung einer Schiene das Ersatzstück am Ende der Probestrecke entnehmen und hier eine neue Schiene einlegen; diese vielen Umlegungen beeinträchtigen die Genauigkeit der Geleislage. Ist erst ein vergleichsweise mangelhafter Zustand der Geleislage eingetreten, so kann bei starkem Verkehre nicht immer die entsprechend erhöhte Unterhaltungsthätigkeit geleistet werden, und es mufs deshalb die völlige Erneuerung erfolgen, wenn auch die Schienen noch nicht ganz zerstört sind.

Die Berechnung ergibt, dafs dem Werthe:

- $y = 20\%$  zerstörter Schienen eine Transportlast von 60 % der rechnermässigen Zerstörungslast  $a$  entspricht;
- $y = 30\%$  zerstörter Schienen eine Transportlast von 71,4 % der rechnermässigen Zerstörungslast  $a$  entspricht;
- $y = 40\%$  zerstörter Schienen eine Transportlast von 80 % der rechnermässigen Zerstörungslast  $a$  entspricht.

Es werden auf Bahnen mit dichtem Verkehre nur selten Fälle vorkommen, in denen vor gänzlicher Umlegung mehr als 20 % oder gar 30 % der erstverlegten Schienen zerstört sind.

Auch die Radbelastung ist von erheblichem Einflusse auf die Zerstörungslinie, d. h. die Lastgröfse  $a$ , denn es ist nicht gleichgültig, ob eine bestimmte Bruttolast auf vielen leichten, oder wenigen schweren Achsen überrollt, vielmehr nimmt die Zahl der zerstörten Schienen mit der Radlast zu, und leichteren Achsen entspricht daher eine gröfsere Zerstörungslast  $a$ . Nun ist aber die Zunahme der Achslasten durchaus nicht gesetzmässig erfolgt, und giebt daher auch eine Störung des Gesetzes der Schienenzerstörung. Immerhin genügen aber die gesammelten Angaben, um den oben angegebenen Einflufs des Anwachsens der Radlasten wenigstens dem Sinne nach zu beweisen.

Die Benutzung der Aufzeichnungen der Kaiser Ferdinands-Nordbahn wird weiter durch folgende Umstände erschwert. Verkehr und Radbelastung sind in der Richtung nach Wien erheblich gröfser, als in der entgegengesetzten; nun wurde aber bis 1872 rechts, von da an links gefahren, so dafs erst das eine, dann das andere Geleise der schwereren Last ausgesetzt war, es ist aber die Dauer der Beobachtung vor 1872 zu kurz um daraus Schlüsse ziehen zu können, und so trägt dieser Umstand, der sonst eine Quelle sicherer Erfahrung gewesen wäre, nun zur Verdunkelung der Ergebnisse bei; immerhin ist der Einflufs dieses Wechsels deutlich bemerkbar. Nach dem Wechsel wurden die entgegengesetzten Kopfenden abgehämmert, so dafs der Wechsel bezüglich der Zerstörungsdauer beinahe gleichbedeutend mit der Einlegung neuer Schienen ist. Im Jahre 1884 wurde ferner die Schwellentheilung verringert und der schwebende Stofs eingeführt. Wenn dadurch auch im Ganzen günstig auf die Zerstörung eingewirkt wurde, so trat doch im Umbaujahre nothwendig eine besonders ungünstige Beanspruchung ein, und es wurde auch manche Schiene ausgewechselt, die sonst noch Jahrelang liegen geblieben wäre.

Die Aufzeichnungen wurden nicht blos von den Streckenbeamten eingezogen, sondern auch nach den Rechnungsbelägen geprüft, und können daher als vollkommen zuverlässig bezeichnet werden. Die ungleichartige Entscheidung verschiedener Streckenbeamter über die Nothwendigkeit der Auswechslung, sowie über die Wiederverwendbarkeit der an den Enden der Probestrecken zu entnehmenden Ersatzschienen, brachte naturgemäß gleichfalls Schwankungen in die Ergebnisse. Selbst die oben erwähnten Einflüsse der Bahnlage sind keine unveränderlichen, so äufsert sich z. B. die ungünstige Beanspruchung der Schienen durch die Radflansche, in Bögen kleiner Halbmesser bei sehr widerstandsfähigem Material viel später und nimmt mit der Abnutzung der Schienen allmähig ab. In den Zusammenstellungen sind daher die Anlageverhältnisse der Strecken stets angegeben, um deren Einflufs wenigstens überschläglich berücksichtigen zu können.

IV. Zusammenstellungen über Schweißmetallschienen.

a) Eisenschienen.

1.

1344 Stück Eisen-Schienen, Querschnitt St. B., Fig. 84, geliefert von Teschen im Jahre 1861.

Bahnstrecke: Schönbrunn-Troppau (eingleisige Bahn) 3,824 km lang

Anlageverhältnisse:

|                     |                 |                    |                  |                  |                    |
|---------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|
| wagrecht:           | 70 <sup>m</sup> | —                  | 191 <sup>m</sup> | —                | zus. 0,261 km lang |
| Vorkomm. Gefälle ‰: | —               | 2,409 <sup>m</sup> | —                | —                | „ 0,758 „ „        |
| „ Steig. „ :        | —               | —                  | —                | 1,0 <sup>m</sup> | „ 2,805 „ „        |

Vorkr. Krümmungen

mit Halbmessern: — 569<sup>m</sup> — 773<sup>m</sup> — 948<sup>m</sup> — zus. 1,351 km lang

Vork. Gerade: 50<sup>m</sup> — 567<sup>m</sup> — 632<sup>m</sup> — 1224<sup>m</sup> „ 2,473 „ „

Verwendung von Bremsen: häufig.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Mil-lionen Brutto-Tonnen gefahren |              | betrug die durch-schnittliche Radbelas-tung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |           |              | sind Schienen gebrochen |                    | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnungsmäßige Ausnutzungsfähig-keit in Millionen Brutto-Tonnen |      | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |
|---|---|--------------|--|----------------------------|--------------------------------|-----------|--------------|-------------------------|--------------------|---|------|---|
|   | im Jah-re   | zu-sam-men x | für das Jahr   | Mittel-werth mehrer. Jahre | zus. Stück                     | im Jah-re | zu-sam-men y | im Jahre zusammen       | für d. Mittelwerth |   |      |   |
|   |   |              |  |                            |                                |           |              |                         | in %               | a   |      |   |
| 1                                       | 2   | 3            | 4  | 5                          | 6                              | 7         | 8            | 9                       | 10                 | 11  | 12   | 13  |
| 1864                                    | —   | 0,80         | —  | —                          | 6                              | —         | 0,45         | —                       | —                  | —   | —    | 1000  |
| 1865                                    | —   | —            | —  | —                          | —                              | —         | —            | —                       | —                  | —   | —    | „   |
| 1866                                    | —   | —            | —  | —                          | —                              | —         | —            | —                       | —                  | —   | —    | „   |
| 1867                                    | 1,50  | 2,30         | —  | —                          | 9                              | 0,22      | 0,67         | —                       | —                  | 19,9  | —    | „   |
| 1868                                    | —   | —            | —  | —                          | —                              | —         | —            | —                       | —                  | —   | —    | „   |
| 1869                                    | 1,00  | 3,30         | 2260   | 2212                       | 16                             | 0,52      | 1,19         | —                       | —                  | 21,5  | 23,4 | „   |
| 1870                                    | 0,64  | 3,94         | 2267   |                            | 18                             | 0,15      | 1,34         | —                       | —                  | 24,2  |      | „   |
| 1871                                    | 0,69  | 4,63         | 2285   | 29                         | 0,82                           | 2,16      | —            | —                       | 22,4               | „   |      |   |
| 1872                                    | 0,86  | 5,49         | 2237   | 35                         | 0,67                           | 2,83      | —            | —                       | 25,4               | „   |      |   |
| 1873                                    | 0,81  | 6,30         | 2252   | 63                         | 1,86                           | 4,69      | —            | —                       | 20,8               | 21,3  | „    |   |
| 1874                                    | 0,73  | 7,03         | 2307   | 74                         | 0,82                           | 5,51      | —            | —                       | 21,5               |   | „    |   |
| 1875                                    | 0,71  | 7,74         | 2309   | 2406                       | 96                             | 1,63      | 7,14         | —                       | —                  | 20,8  | 20,0 | „   |
| 1876                                    | 0,78  | 8,52         | 2561   |                            | 137                            | 0,51      | 10,19        | —                       | —                  | 19,4  |      | „   |
| 1877                                    | 0,86  | 9,38         | 2602   | 203                        | 4,91                           | 15,10     | —            | —                       | 17,75              | „   | „    |   |

Bei Ermittlung von a ist die Auswechselung zerstörter Schienen ausgeschieden, so lange sie noch nicht 1% erreichte. Später nimmt a im Durchschnitte der letzten 5 Jahre gegen den der 4 vorhergehenden auf 20,0 von 23,4, also nur 17% ab, während die durchschnittliche Radbelastung in derselben Zeit um 8% stieg. Die Zunahme der Quadrate der Radbelastung ist 2406<sup>2</sup>:2212<sup>2</sup> = 1,183:1, einer Zunahme dieser Quadrate um 18,3% entspricht also eine Abnahme der Zerstörungslast um 17%. Dieses Verhältnis wird in Abschnitt VII noch eingehend beleuchtet. Diese Zusammenstellung 1 betrifft die vorzüglichsten Eisenschienen.

b) Puddelstahlschienen.

2.

3324 Stück Schweißstahl-Schienen, Querschnitt St. B., Fig. 85, geliefert von Teschen im Jahre 1861.

Bahnstrecke: Chybi-Dzieditz (eingleisige Bahn) . . 11,047 km lang

Anlageverhältnisse:

wagrecht: 70<sup>m</sup> — 571<sup>m</sup> — 1329<sup>m</sup> — 1282<sup>m</sup> — 257<sup>m</sup> zus. 3,510 km lang

Vorkomm. Gefälle ‰: — 1,25<sup>m</sup> — — — 2,0<sup>m</sup> — 3,3<sup>m</sup> — „ 6,589 „ „

Steig. ‰: — — — 2,5<sup>m</sup> — — — — — „ 0,948 „ „

11,047 km lang

Vorkomm. Krümmungen mit Halbmessern: —

„ Gerade: 11,047<sup>m</sup> . . 11,047 km lang

Verwendung von Bremsen: keine.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Mil-lionen Brutto-Tonnen gefahren |              | betrug die durch-schnittliche Radbelas-tung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |           |              | sind Schienen gebrochen |                    | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnungsmäßige Ausnutzungsfähig-keit in Millionen Brutto-Tonnen |       | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |
|---|---|--------------|--|----------------------------|--------------------------------|-----------|--------------|-------------------------|--------------------|---|-------|---|
|   | im Jah-re   | zu-sam-men x | für das Jahr   | Mittel-werth mehrer. Jahre | zus. Stück                     | im Jah-re | zu-sam-men y | im Jahre zusammen       | für d. Mittelwerth |   |       |   |
|   |   |              |  |                            |                                |           |              |                         | in %               | a   |       |   |
| 1                                       | 2   | 3            | 4  | 5                          | 6                              | 7         | 8            | 9                       | 10                 | 11  | 12    | 13  |
| 1861 bis 1868                           | 8,70  | 8,70         | —  | —                          | 1                              | 0,03      | 0,03         | —                       | —                  | 272,6   | —     | 1000  |
| 1869                                    | 1,85  | 10,55        | 2137   | —                          | 1                              | —         | 0,03         | —                       | —                  | —   | —     | „   |
| 1870                                    | 2,10  | 12,65        | 2235   | —                          | 2                              | 0,03      | 0,06         | —                       | —                  | 365,2   | —     | „   |
| 1871                                    | 2,55  | 15,20        | 2347   | —                          | 2                              | —         | 0,06         | —                       | —                  | —   | —     | „   |
| 1872                                    | 3,00  | 18,20        | 2402   | —                          | 16                             | 0,42      | 0,48         | —                       | —                  | 185,9   | —     | „   |
| 1873                                    | 3,15  | 21,35        | 2305   | 2464                       | 25                             | 0,27      | 0,75         | —                       | —                  | 174,9   | 178,7 | „   |
| 1874                                    | 3,30  | 24,65        | 2414   |                            | 28                             | 0,09      | 0,84         | —                       | —                  | 190,7   |       | „   |
| 1875                                    | 2,75  | 27,40        | 2385   | 2602                       | 42                             | 0,39      | 1,23         | —                       | —                  | 175,4   | 185,8 | „   |
| 1876                                    | 2,92  | 30,32        | 2543   |                            | 50                             | 0,43      | 1,66         | 1                       | 1                  | 167,1   |       | „   |
| 1877                                    | 3,32  | 33,64        | 2589   | 2730                       | 63                             | 0,24      | 1,90         | —                       | 1                  | 173,4   | 189,4 | „   |
| 1878                                    | 3,28  | 36,92        | 2608   |                            | 68                             | 0,15      | 2,05         | —                       | 1                  | 183,2   |       | „   |
| 1879                                    | 3,39  | 40,31        | 2653   | 2834                       | 76                             | 0,25      | 2,30         | —                       | 1                  | 191,1   | 194,4 | „   |
| 1880                                    | 3,45  | 43,76        | 2680   |                            | 88                             | 0,35      | 2,65         | —                       | 1                  | 191,4   |       | „   |
| 1881                                    | 3,44  | 47,20        | 2728   | 2834                       | 105                            | 0,50      | 3,15         | —                       | 1                  | 189,6   | 201,7 | „   |
| 1882                                    | 3,67  | 50,87        | 2752   |                            | 118                            | 0,40      | 3,55         | 1                       | 2                  | 192,6   |       | „   |
| 1883                                    | 3,84  | 54,71        | 2788   | 2834                       | 121                            | 0,10      | 3,65         | —                       | 2                  | 204,3   | 201,7 | „   |
| 1884                                    | 3,17  | 57,88        | 2781   |                            | 148                            | 0,80      | 4,45         | —                       | 2                  | 196,2   |       | „   |
| 1885                                    | 3,20  | 61,08        | 2776   | 2834                       | 178                            | 0,91      | 5,36         | —                       | 2                  | 189,1   | 201,7 | 800   |
| 1886                                    | 3,73  | 64,81        | 2828   |                            | 185                            | 0,20      | 5,56         | —                       | 2                  | 197,1   |       | „   |
| 1887                                    | 4,15  | 68,96        | 2892   | 2834                       | 190                            | 0,15      | 5,71         | 1                       | 3                  | 207,0   | 201,7 | „   |
| 1888                                    | 4,86  | 73,82        | 2839   |                            | 204                            | 0,44      | 6,15         | —                       | 3                  | 213,8   |       | „   |

Hier ist nur die Zerstörung unter 0,5% ausgeschieden. Ausserdem sind auch die Jahre nach 1884 besonders berechnet, wegen der hier eingeführten engeren Schwellentheilung: 800 mm statt 1000 und 600 mm statt 871 mm an den Stößen, welche die starke schließliche Steigerung der Zerstörungslast erklärt. Deren regelwidrige Steigerung überhaupt wird später noch besonders besprochen.



0,8% zur Folge. Da aber der vergrößerten durchschnittlichen Radbelastung eine Verminderung von 2,1% entspricht, so ist die obige Zunahme thatsächlich mit  $0,8 + 2,1 = 2,9\%$  anzusetzen.

In den ersten 4 Jahren, wo schwerere Räder überrollten, ergibt sich die Zerstörungslast geringer; von 1873 an, wo in Folge Wechsels der Fahrriichtung leichtere Räder zu verkehren anfangen, steigt sie sofort, und dieser zunächst unerheblich erscheinende Einfluss überwiegt also die bei so geringen Auswechselungen sehr einflussreichen sonstigen Schwankungen noch erheblich.

5.

3904 Stück Schweifsstahl-Schienen, Querschnitt A, Fig. 85, geliefert von Stefanau im Jahre 1868.

**Bahnstrecke:** Hohenau-Lundenburg (Geleis II) . 12,885 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagerecht: — 3421<sup>m</sup> — — zus. 3,421 km lang  
 Vorkomm. Gefälle ‰: — — 2,155<sup>m</sup> 1,229<sup>m</sup> „ 7,949 „ „  
 „ Steig. „ : 1,980<sup>m</sup> — — „ 1,515 „ „  
 12,885 km lang

Vork. Krümmungen mit Halbmessern: — 2276<sup>m</sup> — — zus. 0,765 km lang  
 Vork. Gerade: 9395<sup>m</sup> — 2725<sup>m</sup> „ 12,120 „ „  
 12,885 km lang

Verwendung von Bremsen: keine.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |          |            | sind Schienen gebrochen |          | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |
|---|--|------------|--|----------------------------|--------------------------------|----------|------------|-------------------------|----------|--|----------------------------|---|
|   | im Jahre   | zusammen x | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zusammen y | im Jahre                | zusammen | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                          | 6                              | 7        | 8          | 9                       | 10       | 11   | 12                         | 13  |
| 1868                                    | 0,56   | 0,56       | —  | —                          | —                              | —        | —          | —                       | —        | —  | —                          | 1000  |
| 1869                                    | 2,60   | 3,16       | 2150   | —                          | 2,05                           | 0,05     | —          | —                       | —        | 93,9   | —                          | „   |
| 1870                                    | 2,37   | 5,53       | 2050   | 2095                       | 7,013                          | 0,18     | —          | —                       | —        | 92,2   | —                          | „   |
| 1871                                    | 2,03   | 7,56       | 1885   |                            | 13,015                         | 0,33     | —          | —                       | —        | 93,1   | —                          | „   |
| 1871 <sup>4/12</sup>                    | 1,02   | 8,58       | 2295   | 21,020                     | 0,53                           | —        | —          | —                       | 83,4     | —  | „                          |   |
| 1872                                    | 1,96   | 10,54      | 2935   | 2967                       | 44,060                         | 1,13     | 1          | 1                       | 70,3     | 75,1   | 78,8                       | „   |
| 1873                                    | 3,37   | 13,01      | 2820   |                            | 75,079                         | 1,92     | 1          | 2                       | 71,3     |  |                            |   |
| 1874                                    | 2,95   | 16,86      | 2950   |                            | 102,069                        | 2,61     | —          | 2                       | 74,3     |  |                            |   |
| 1875                                    | 2,90   | 19,76      | 2968   |                            | 136,087                        | 3,48     | —          | 2                       | 75,6     |  |                            |   |
| 1876                                    | 3,15   | 22,91      | 3130   |                            | 167,080                        | 4,28     | —          | 2                       | 79,2     |  |                            |   |
| 1877                                    | 3,16   | 26,07      | 3134   |                            | 206,100                        | 5,28     | 1          | 3                       | 81,3     |  |                            |   |
| 1878                                    | 3,45   | 29,52      | 3184   |                            | 241,091                        | 6,19     | —          | 3                       | 85,2     |  |                            |   |
| 1879                                    | 3,56   | 33,08      | 3245   |                            | 301,152                        | 7,71     | —          | 3                       | 85,9     |  |                            |   |
| 1880                                    | 3,14   | 36,72      | 3224   |                            | 380,202                        | 9,73     | 1          | 4                       | 85,4     |  |                            |   |
| 1881                                    | 3,85   | 40,57      | 3279   |                            | 469,228                        | 12,01    | —          | 4                       | 85,4     |  |                            |   |
| 1882                                    | 4,16   | 44,73      | 3327   | 649,464                    | 16,65                          | 1        | 5          | 81,0                    |          |  |                            |   |
| 1883                                    | 4,35   | 49,08      | 3347   | 962,800                    | 24,65                          | —        | 5          | 74,7                    |          |  |                            |   |
| 1884                                    | 1,71   | 50,79      | 3376   | 1044,210                   | 26,75                          | 1        | 6          | 74,6                    |          |  |                            |   |

Hier bleibt die Zerstörungslast ziemlich unverändert. Bemerkenswerth ist auch hier der Einfluss des Wechsels der Fahrriichtung, welcher den Uebergang von leichten zu schweren Achsen bedeutet, und sich daher durch plötzliche Erniedrigung der Zerstörungslast äußert.

6.

3360 Stück Schweifsstahl-Schienen, Querschnitt A, Fig. 85, geliefert von Teschen im Jahre 1869.

**Bahnstrecke:** Zaucht- Stauding (Geleis I) . . . 11,089 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagerecht: — — 2680<sup>m</sup> — — 7,61<sup>m</sup> zus. 3,441 km lang  
 Vorkomm. Gefälle ‰: 1,00<sup>m</sup> 2,50<sup>m</sup> — 3,333<sup>m</sup> 1,667<sup>m</sup> — 1,25<sup>m</sup> „ 7,648 „ „  
 Vorkomm. Steig. ‰: — — — — — — — — — — „ — „ „  
 zus. 11,089 km lang

Vork. Krümm. m. Halbm.: 1517<sup>m</sup> — 1517<sup>m</sup> — 1896<sup>m</sup> — 1517<sup>m</sup> — zus. 2,043 km lang  
 Vork. Gerade: — 3784<sup>m</sup> — 2068<sup>m</sup> — 2614<sup>m</sup> — 580<sup>m</sup> „ 9,046 „ „  
 11,089 km lang

Verwendung von Bremsen: wenig.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |          |            | sind Schienen gebrochen |          | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |
|---|--|------------|--|----------------------------|--------------------------------|----------|------------|-------------------------|----------|--|----------------------------|---|
|   | im Jahre   | zusammen x | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zusammen y | im Jahre                | zusammen | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                          | 6                              | 7        | 8          | 9                       | 10       | 11   | 12                         | 13  |
| 1869                                    | 1,15   | 1,15       | 2800   | —                          | —                              | —        | —          | —                       | —        | —  | —                          | 1000  |
| 1870                                    | 2,80   | 3,95       | 3005   | —                          | 2,06                           | 0,06     | —          | 1                       | 1        | 77,5   | 84,4                       | „   |
| 1871                                    | 3,31   | 7,36       | 3105   | 13,033                     | 0,39                           | —        | 1          | 2                       | 87,9     |  |                            |   |
| 1871 <sup>4/12</sup>                    | 1,39   | 8,75       | 2535   | 16,009                     | 0,48                           | —        | 2          | 4                       | 89,4     | 96,1   | 94,4                       | „   |
| 1872                                    | 1,05   | 9,80       | 1730   | 26,029                     | 0,77                           | —        | 4          | 79,1                    |          |  |                            |   |
| 1873                                    | 2,05   | 11,85      | 1760   | 36,030                     | 1,07                           | —        | 4          | 81,4                    |          |  |                            |   |
| 1874                                    | 1,90   | 13,75      | 1750   | 43,021                     | 1,28                           | —        | 4          | 86,3                    |          |  |                            |   |
| 1875                                    | 1,90   | 15,65      | 1800   | 52,026                     | 1,54                           | —        | 4          | 89,5                    |          |  |                            |   |
| 1876                                    | 2,06   | 17,71      | 1898   | 63,033                     | 1,87                           | —        | 4          | 91,9                    |          |  |                            |   |
| 1877                                    | 2,16   | 19,87      | 1899   | 72,027                     | 2,14                           | —        | 4          | 96,5                    |          |  |                            |   |
| 1878                                    | 2,16   | 22,03      | 1900   | 86,042                     | 2,56                           | —        | 4          | 98,1                    |          |  |                            |   |
| 1879                                    | 2,28   | 24,31      | 1894   | 104,054                    | 3,10                           | —        | 4          | 98,4                    |          |  |                            |   |
| 1880                                    | 2,26   | 26,67      | 1975   | 137,097                    | 4,07                           | 1        | 5          | 94,4                    |          |  |                            |   |
| 1881                                    | 2,55   | 29,22      | 1918   | 159,066                    | 4,73                           | —        | 5          | 96,2                    |          |  |                            |   |
| 1882                                    | 2,74   | 31,96      | 1884   | 194,104                    | 5,77                           | 1        | 6          | 95,5                    |          |  |                            |   |
| 1883                                    | 3,00   | 34,96      | 1972   | 232,114                    | 6,91                           | —        | 6          | 95,7                    |          |  |                            |   |
| 1884                                    | 3,02   | 39,98      | 2062   | 261,086                    | 7,77                           | —        | 6          | 98,3                    |          |  |                            |   |
| 1885                                    | 3,05   | 41,03      | 2055   | 310,146                    | 9,23                           | —        | 6          | 97,8                    |          |  |                            |   |
| 1886                                    | 3,08   | 44,11      | 2034   | 375,193                    | 11,16                          | 1        | 7          | 96,1                    |          |  |                            |   |
| 1887                                    | 3,33   | 47,44      | 2075   | 432,170                    | 12,86                          | 2        | 9          | 96,7                    |          |  |                            |   |
| 1888                                    | 3,65   | 51,09      | 2071   | 507,222                    | 15,08                          | —        | 9          | 97,7                    |          |  |                            |   |

Die durchschnittliche Zerstörungslast aus den 4 Jahren nach Vermehrung der Schwellen 1885—1888 ist gegenüber der für die Jahre 1876 bis 1884 um 1 Million Bruttotonnen oder rund 1% gestiegen; da aber die Erhöhung der Radlasten in diesen Abschnitten um 6,5% eine etwa gleiche Abnahme der Zerstörungslast bedingt, so ist der ganze Einfluss der stärkeren Unterstützung auf 7,5% zu bemessen. Der Abschnitt bei 1876 ist angenommen, da hier eine plötzliche Erhöhung der Radlasten beginnt, nachdem die Aenderung der Fahrriichtung 1871/72 eine plötzliche Minderung zur Folge gehabt hat.



| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |          |            | sind Schienen gebrochen |          | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |      |      |   |   |
|---|--|------------|--|----------------------------|--------------------------------|----------|------------|-------------------------|----------|--|----------------------------|---|------|------|---|---|
|   | im Jahre   | zusammen x | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zusammen y | im Jahre                | zusammen | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |      |      |   |   |
|   |  |            |  |                            |                                |          |            |                         |          |  |                            |   | a    |      |   |   |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                          | 6                              | 7        | 8          | 9                       | 10       | 11   | 12                         | 13  |      |      |   |   |
| bis                                     |  |            |  |                            |                                |          |            |                         |          |  |                            |   |      |      |   |   |
| 1868                                    | 4,34   | 4,34       | 2650   |                            |                                |          |            |                         |          |  |                            | 1000  |      |      |   |   |
| 1869                                    | 3,18   | 7,52       | 2650   |                            |                                |          |            |                         |          |  |                            | "   |      |      |   |   |
| 1870                                    | 3,39   | 10,91      | 2750   |                            | 4                              |          | 0,60       |                         |          | 99,8   |                            | "   |      |      |   |   |
| 1871                                    | 3,16   | 14,07      | 2860   |                            | 4                              |          | 0,60       |                         |          |  |                            | "   |      |      |   |   |
| 1871                                    | 1,29   | 15,36      | 2905   |                            | 4                              |          | 0,60       |                         |          |  |                            | "   |      |      |   |   |
| 1872                                    | 1,29   | 16,65      | 1865   |                            | 4                              |          | 0,60       |                         |          |  |                            | "   |      |      |   |   |
| 1873                                    | 2,43   | 19,08      | 1930   | 1971                       | 9                              | 0,75     | 1,35       |                         |          | 108,7  |                            | "   |      |      |   |   |
| 1874                                    | 2,14   | 21,22      | 1925   |                            |                                | 14       | 0,75       | 2,10                    |          |  | 104,3                      |   | "    |      |   |   |
| 1875                                    | 2,08   | 23,30      | 1930   |                            |                                | 16       | 0,29       | 2,39                    |          |  | 107,2                      |   | "    |      |   |   |
| 1876                                    | 2,26   | 25,56      | 2099   |                            |                                | 22       | 0,90       | 3,29                    |          |  | 100,3                      |   | "    |      |   |   |
| 1877                                    | 2,28   | 27,84      | 2124   |                            |                                | 32       | 1,50       | 4,79                    |          |  | 91,1                       |   | "    |      |   |   |
| 1878                                    | 2,31   | 30,15      | 2115   |                            |                                | 35       | 0,43       | 5,22                    | 1        | 1  | 94,5                       | 97,6  | "    |      |   |   |
| 1879                                    | 2,33   | 32,48      | 2128   |                            |                                | 39       | 0,60       | 5,82                    |          | 1  | 96,6                       |   | "    | "    |   |   |
| 1880                                    | 2,41   | 34,89      | 2168   |                            | 2167                           | 51       | 1,81       | 7,63                    |          | 1  | 91,1                       |   | 93,9 | "    |   |   |
| 1881                                    | 2,47   | 37,36      | 2196   |                            |                                |          | 59         | 1,20                    | 8,83     |  | 1                          |   |      | 90,9 | " | " |
| 1882                                    | 2,64   | 40,00      | 2128   |                            |                                |          | 65         | 0,90                    | 9,73     |  | 1                          |   |      | 93,0 | " | " |
| 1883                                    | 2,81   | 42,31      | 2216   |                            |                                | 71       | 0,90       | 10,63                   |          | 1  | 95,4                       |   |      | "    | " |   |
| 1884                                    | 1,43   | 44,24      | 2264   |                            |                                | 71       |            | 10,63                   |          | 1  | 98,6                       |   |      | "    | " |   |

Hier steht der Abnahme der Zerstörungslast von 105,1 1873 bis 1876 auf 93,9 1877 bis 1884 im Verhältnisse 112,3:100 eine Vergrößerung der Radlast im Verhältnisse 100:110 gegenüber.

10.

1724 Stück Schweißstahl-Schienen, Querschnitt A, Fig. 85, geliefert von Teschen im Jahre 1868.

**Bahnstrecke:** Prerau-Leipnik (Geleis II) . . . . . 5,689 km lang  
**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: — — — — — km lang  
 Vorkomm. Gefälle 0/00: 3,267<sup>m</sup> 3,703<sup>m</sup> 2,381<sup>m</sup> 1,000<sup>m</sup> zus. 5,689 " "  
 " Steig. " : — — — — — " "  
 Vork. Krümmungen  
 mit Halbmessern: — 1517<sup>m</sup> — 758<sup>m</sup> — 728<sup>m</sup> zus. 2,700 km lang  
 Vork. Gerade: 2405<sup>m</sup> — 143<sup>m</sup> — 441<sup>m</sup> — " 2,989 " "  
 Verwendung von Bremsen: viel. 5,689 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |          |            | sind Schienen gebrochen |          | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |      |   |   |
|---|--|------------|--|----------------------------|--------------------------------|----------|------------|-------------------------|----------|--|----------------------------|---|------|---|---|
|   | im Jahre   | zusammen x | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zusammen y | im Jahre                | zusammen | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |      |   |   |
|   |  |            |  |                            |                                |          |            |                         |          |  |                            |   | a    |   |   |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                          | 6                              | 7        | 8          | 9                       | 10       | 11   | 12                         | 13  |      |   |   |
| bis                                     |  |            |  |                            |                                |          |            |                         |          |  |                            |   |      |   |   |
| 1869                                    | 2,42   | 2,42       | 1850   |                            | 3                              | 0,17     | 0,17       |                         |          |  |                            | 1000  |      |   |   |
| 1870                                    | 1,64   | 4,06       | 1750   |                            | 3                              |          | 0,17       |                         |          | 69,7   |                            | "   |      |   |   |
| 1871                                    | 1,95   | 6,01       | 1760   |                            | 5                              | 0,12     | 0,29       |                         |          | 79,0   |                            | "   |      |   |   |
| 1871                                    | 1,38   | 7,39       | 2305   |                            | 6                              | 0,06     | 0,35       |                         |          | 88,4   |                            | "   |      |   |   |
| 1872                                    | 1,80   | 9,19       | 3082   |                            | 8                              | 0,11     | 0,46       |                         |          | 95,9   |                            | "   |      |   |   |
| 1873                                    | 3,57   | 12,76      | 3090   | 3118                       | 20                             | 0,70     | 1,16       |                         |          | 84,1   |                            | "   |      |   |   |
| 1874                                    | 3,46   | 16,22      | 3175   |                            |                                | 34       | 0,81       | 1,97                    |          |  | 82,1                       |   | "    |   |   |
| 1875                                    | 3,28   | 19,50      | 3178   |                            |                                | 53       | 1,12       | 3,19                    | 1        | 1  | 78,0                       |   | "    |   |   |
| 1876                                    | 3,61   | 23,11      | 3343   |                            |                                | 79       | 1,51       | 4,70                    |          | 1  | 76,6                       |   | "    |   |   |
| 1877                                    | 3,75   | 26,86      | 3364   |                            |                                | 108      | 1,68       | 6,38                    |          | 1  | 76,5                       |   | "    |   |   |
| 1878                                    | 3,86   | 30,72      | 3405   |                            | 3418                           | 186      | 4,52       | 10,90                   |          | 1  | 67,7                       | 75,1  | "    |   |   |
| 1879                                    | 4,19   | 34,91      | 3486   |                            |                                |          | 243        | 3,31                    | 14,21    |  | 1                          |   | 67,9 | " | " |
| 1880                                    | 1,12   | 36,03      | 3474   |                            |                                |          | 258        | 0,87                    | 15,08    |  | 1                          |   | 68,2 | " | " |

Hier fällt die Zerstörungslast im Abschnitte 1876 bis 1880 um 14% gegen den Abschnitt 1873 bis 1875, während die steigende Radlast nur 9,1% erwarten liefs; die um 4,9% zu grofse Abnahme erklärt sich aus dem häufigen Bremsen.

11.

1950 Stück Schweißstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Teschen im Jahre 1872.

**Bahnstrecke:** Trzebinia-Szczakowa (eingleisige Bahn) 6,425 km lang  
**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: — — — — — m 144 — — — — — zus. 0,416 km lang  
 Vorkomm. Gefälle 0/00: — — — — — m 9,524 m 6,667 m 9,091 " 1,316 " "  
 Vorkomm. Steigungen 0/00: — — — — — m 3,488 m 5,556 m 10,0 4,878 m 7,143 m 10,0 6,667 — — — — — " 4,693 " "  
 Vork. Krümm. — — — — — 6,425 km lang  
 mit Halbm.: — 1896<sup>m</sup> — 1707<sup>m</sup> — 1327<sup>m</sup> — zus. 1,614 km lang  
 Vork. Gerade: 1281<sup>m</sup> — 190<sup>m</sup> — 2163<sup>m</sup> — 1177<sup>m</sup> " 4,811 " "  
 Verwendung von Bremsen: keine. 6,425 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |          |            | sind Schienen gebrochen |          | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |      |      |      |   |   |
|---|--|------------|--|----------------------------|--------------------------------|----------|------------|-------------------------|----------|--|----------------------------|---|------|------|------|---|---|
|   | im Jahre   | zusammen x | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zusammen y | im Jahre                | zusammen | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |      |      |      |   |   |
|   |  |            |  |                            |                                |          |            |                         |          |  |                            |   | a    |      |      |   |   |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                          | 6                              | 7        | 8          | 9                       | 10       | 11   | 12                         | 13  |      |      |      |   |   |
| 1873                                    | 1,42   | 1,42       | 2372   |                            |                                |          |            |                         |          |  |                            | 1000  |      |      |      |   |   |
| 1874                                    | 1,61   | 3,03       | 2428   |                            | 1                              | 0,05     | 0,05       |                         |          | 52,4   |                            | "   |      |      |      |   |   |
| 1875                                    | 1,87   | 4,90       | 2455   |                            | 2                              | 0,05     | 0,10       |                         |          | 79,2   |                            | "   |      |      |      |   |   |
| 1876                                    | 2,15   | 7,05       | 2624   |                            | 5                              | 0,16     | 0,26       |                         |          | 79,5   |                            | "   |      |      |      |   |   |
| 1877                                    | 2,61   | 9,66       | 2747   |                            | 13                             | 0,41     | 0,67       |                         |          | 72,7   |                            | "   |      |      |      |   |   |
| 1878                                    | 2,27   | 11,93      | 2774   |                            | 18                             | 0,25     | 0,92       |                         |          | 79,1   |                            | "   |      |      |      |   |   |
| 1879                                    | 1,86   | 13,79      | 2759   |                            | 20                             | 0,11     | 1,03       |                         |          | 87,8   |                            | "   |      |      |      |   |   |
| 1880                                    | 1,84   | 15,63      | 2636   |                            | 24                             | 0,21     | 1,24       |                         |          | 92,0   |                            | "   |      |      |      |   |   |
| 1881                                    | 1,86   | 17,49      | 2754   | 2791                       | 33                             | 0,46     | 1,70       |                         |          | 88,9   | 88,5                       | "   |      |      |      |   |   |
| 1882                                    | 1,93   | 19,42      | 2808   |                            |                                | 46       | 0,66       | 2,36                    |          |  |                            | 84,8  | "    | "    |      |   |   |
| 1883                                    | 2,00   | 21,42      | 2842   |                            |                                | 56       | 0,52       | 2,88                    |          |  |                            | 85,3  | "    | "    |      |   |   |
| 1884                                    | 2,11   | 23,53      | 2945   |                            |                                | 58       | 0,13       | 3,01                    |          |  |                            | 92,2  | 91,3 | "    |      |   |   |
| 1885                                    | 1,87   | 25,40      | 2922   |                            |                                | 71       | 0,69       | 3,70                    |          |  |                            | 90,4  |      | "    | "    |   |   |
| 1886                                    | 1,95   | 27,35      | 2952   |                            | 2987                           | 74       | 0,16       | 3,86                    |          |  |                            | 95,7  |      | 95,5 | "    |   |   |
| 1887                                    | 2,13   | 29,48      | 3017   |                            |                                |          | 82         | 0,41                    | 4,27     |  |                            |   |      |      | 98,6 | " | " |
| 1888                                    | 2,21   | 31,69      | 3045   |                            |                                |          | 98         | 0,84                    | 5,11     |  |                            |   |      |      | 97,3 | " | " |

Hier wird 1% Auswechslung erst 1879 erreicht. Die niedrigen Zerstörungslasten entsprechen den sehr ungünstigen Steigungs- und Krümmungsverhältnissen. Die unmittelbare Erhöhung der Zerstörungslast durch die Schwellenvermehrung 1884/85 beträgt 8% und die mittelbare unter Berücksichtigung der Zunahme der Radlasten 15%.

12.

1872 Stück Schweißstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Stefanau im Jahre 1873.

**Bahnstrecke:** Tlumatschau-Hullein (Geleis I) . . . 6,183 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagrecht: — — 190 m — 192 m — — 272 m — zus. 0,654 km lang  
 Vorkomm. Gefälle 0/00: — — — 2,083 m — — — — 0,33 m „ 0,622 „ „  
 Vorkomm. Steig. 0/00: 1,667 m 2,857 m — — — 1,482 m 0,159 m — — „ 4,907 „ „

6,183 km lang

Vork. Krümmungen mit Halbmessern: — 1896<sup>m</sup> — 1896<sup>m</sup> — zus. 1,697 km lang  
 Vorkomm. Gerade: 752<sup>m</sup> — 2022<sup>m</sup> — 1712<sup>m</sup> „ 4,486 „ „

6,183 km lang

Verwendung von Bremsen: keine.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |          |          | sind Schienen gebrochen |          | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |   |
|---|--|------------|--|----------------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|--|----------------------------|---|---|
|   | im Jahre x   | zusammen y | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zusammen | im Jahre                | zusammen | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |   |
|   |  |            |  |                            |                                |          |          |                         |          |  |                            |   | a |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                          | 6                              | 7        | 8        | 9                       | 10       | 11   | 12                         | 13  |   |
| 1873                                    | 1,45   | 1,45       | 1770   | —                          | —                              | —        | —        | —                       | —        | —  | —                          | 1000  |   |
| 1874                                    | 1,61   | 3,06       | 1765   | —                          | —                              | —        | —        | —                       | —        | —  | —                          | „   |   |
| 1875                                    | 1,61   | 4,67       | 1855   | —                          | —                              | —        | —        | 1                       | 1        | —  | —                          | „   |   |
| 1876                                    | 1,72   | 6,39       | 1973   | —                          | —                              | —        | —        | —                       | 1        | —  | —                          | „   |   |
| 1877                                    | 1,75   | 8,14       | 1963   | —                          | 3                              | 0,16     | 0,16     | —                       | 1        | 144,1  | —                          | „   |   |
| 1878                                    | 1,78   | 9,92       | 1978   | —                          | 6                              | 0,16     | 0,32     | —                       | 1        | 124,2  | —                          | „   |   |
| 1879                                    | 1,85   | 11,77      | 1941   | 1959                       | 8                              | 0,11     | 0,43     | —                       | 1        | 127,1  | 126,7                      | „   |   |
| 1880                                    | 1,92   | 13,69      | 1960   |                            | 12                             | 0,21     | 0,64     | —                       | 1        | 121,4  |                            | „   |   |
| 1881                                    | 2,01   | 15,70      | 1957   |                            | 13                             | 0,05     | 0,69     | —                       | 1        | 134,0  |                            | „   |   |
| 1882                                    | 2,19   | 17,89      | 1954   | 2044                       | 21                             | 0,43     | 1,12     | —                       | 1        | 119,9  | 135,2                      | „   |   |
| 1883                                    | 2,37   | 20,26      | 2037   |                            | 27                             | 0,32     | 1,44     | —                       | 1        | 119,8  |                            | 123,7                                       | „ |
| 1884                                    | 2,43   | 22,69      | 2141   |                            | 28                             | 0,06     | 1,50     | —                       | 1        | 131,5  |                            | „   |   |
| 1885                                    | 2,51   | 25,20      | 2119   | 2126                       | 32                             | 0,21     | 1,71     | —                       | 1        | 136,9  | 150,1                      | 926   |   |
| 1886                                    | 2,46   | 27,66      | 2080   |                            | 33                             | 0,05     | 1,76     | —                       | 1        | 148,1  |                            | „   |   |
| 1887                                    | 2,57   | 30,23      | 2176   |                            | 36                             | 0,16     | 1,92     | —                       | 1        | 155,0  |                            | „   |   |
| 1888                                    | 2,82   | 33,05      | 2128   |                            | 40                             | 0,22     | 2,14     | —                       | 1        | 160,6  |                            | „   |   |

Hier ist die Zerstörungslast schon in den ersten Jahren ziemlich zuverlässig, was auf das Fehlen fehlerhafter Schienen hindeutet. Von 1882 bis 1884, nach Erreichung von 1% Auswechslung, steigt die Zerstörungslast um 21,2% zu dem Abschnitt 1885 bis 1888, und unter Berücksichtigung der Zunahme der Radlast um 4% sogar um 25,2%. Im Ganzen zeigt diese Reihe trotz der Steigungen und Krümmungen ein Beispiel von ungewöhnlich gesetzmäßiger Ausnutzung, insofern schon die allerersten Auswechslungen die richtige Ziffer a geben, und deren Schwankungen sich denen der Radlast eng anschmiegen. Auch hieraus folgt die ganz besondere Güte dieser Lieferung.

13.

1160 Stück Schweißstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Teschen im Jahre 1873.

**Bahnstrecke:** Rohatetz-Bisenz (Geleis I) . . . 3,829 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagrecht: —  
 Vorkomm. Gefälle 0/00: —  
 „ Steig. „ : 3,311<sup>m</sup> . . . . . 3,829 km lang  
 „ Krümmungen mit Halbmessern: —  
 „ Gerade: 3829<sup>m</sup> . . . . . 3,829 km lang

Verwendung von Bremsen: keine.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |          |          | sind Schienen gebrochen |          | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |
|---|--|------------|--|----------------------------|--------------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|--|----------------------------|---|
|   | im Jahre x   | zusammen y | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zusammen | im Jahre                | zusammen | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |
|   |  |            |  |                            |                                |          |          |                         |          |  |                            |   |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                          | 6                              | 7        | 8        | 9                       | 10       | 11   | 12                         | 13  |
| bis 1874                                | 0,92   | 0,92       | 1775   | —                          | —                              | —        | —        | —                       | —        | —  | —                          | 900   |
| 1875                                    | 1,85   | 2,50       | 1848   | —                          | —                              | —        | —        | —                       | —        | —  | —                          | „   |
| 1876                                    | 1,70   | 4,20       | 1959   | —                          | 1                              | 0,08     | 0,08     | —                       | —        | 105,0  | —                          | „   |
| 1877                                    | 1,74   | 5,94       | 1952   | —                          | 1                              | —        | 0,08     | —                       | —        | —  | —                          | „   |
| 1878                                    | 1,76   | 7,70       | 1938   | —                          | 2                              | 0,09     | 0,17     | —                       | —        | 132,6  | —                          | „   |
| 1879                                    | 1,84   | 9,54       | 1941   | —                          | 2                              | —        | 0,17     | —                       | —        | —  | —                          | „   |
| 1880                                    | 1,91   | 11,45      | 1964   | —                          | 3                              | 0,09     | 0,26     | —                       | —        | 158,8  | —                          | „   |
| 1881                                    | 1,99   | 13,44      | 1961   | —                          | 4                              | 0,08     | 0,34     | —                       | —        | 163,1  | —                          | „   |
| 1882                                    | 2,14   | 15,58      | 1959   | 2024                       | 12                             | 0,70     | 1,04     | —                       | —        | 108,3  | 112,0                      | „   |
| 1883                                    | 2,36   | 17,94      | 1988   |                            | 13                             | 0,08     | 1,12     | —                       | —        | 120,2  |                            | „   |
| 1884                                    | 2,40   | 20,34      | 2125   | 2128                       | 21                             | 0,69     | 1,81     | —                       | —        | 107,4  | 110,7                      | 926   |
| 1885                                    | 2,47   | 22,81      | 2121   |                            | 28                             | 0,60     | 2,41     | —                       | —        | 104,5  |                            | „   |
| 1886                                    | 2,44   | 25,25      | 2086   |                            | 29                             | 0,09     | 2,50     | —                       | —        | 113,8  |                            | „   |
| 1887                                    | 2,57   | 27,82      | 2176   |                            | 29                             | —        | 2,50     | —                       | —        | —  |                            | 109,4                                       |
| 1888                                    | 2,82   | 30,64      | 2128   | 46                         | 1,47                           | 3,97     | —        | —                       | 109,8    | —  | „                          |   |

Da auf dieser Bahnstrecke keine Vermehrung der Schwellen, vielmehr eine kleine Erweiterung der Theilung behufs Herstellung des schwebenden Stofses stattfand, so macht sich ein dauerndes Fallen der durchschnittlichen Zerstörungslast bemerkbar. Wenn dieses hier auch der Zunahme der Radlast nicht genau entspricht — 2,4% gegen 4,9% —, so wird der oben nachgewiesene Einfluss der Schwellenvermehrung auch hier bestätigt.

14.

2284 Stück Schweißstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Teschen im Jahre 1872.

**Bahnstrecke:** Gänserndorf-Angern (Geleis I) . . . 7,539 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagrecht: — 4835<sup>m</sup> — zus. 4,835 km lang  
 Vorkomm. Gefälle 0/00: 2,159<sup>m</sup> — 1,538<sup>m</sup> „ 2,704 „ „  
 „ Steig. „ : — — — „ — „ „  
 7,539 km lang

Vork. Krümmungen mit Halbmessern: 2655<sup>m</sup> — 3793<sup>m</sup> zus. 0,938 km lang  
 Vorkomm. Gerade: — 6601<sup>m</sup> — 6,601 „ „  
 7,539 km lang

Verwendung von Bremsen: wenig.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |             | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |           |             | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |         |      |   |
|---|--|-------------|--|----------------------------|--------------------------------|-----------|-------------|-------------------------|--|---|---------|------|---|
|   | im Jahre   | zu-sammen x | für das Jahr   | Mittel-werth mehrer. Jahre | zus. Stück                     | im Jah-re | zu-sammen y |                         |  |   |         |      |   |
|   |  |             |  |                            |                                |           |             |                         |  |   | in %    | in % | a |
| 1                                       | 2  | 3           | 4  | 5                          | 6                              | 7         | 8           | 9                       | 10   | 11  | 12      | 13   |   |
| 1872                                    | 0,27   | 0,27        | 1865   |                            | —                              | —         | —           | —                       | —  | —   |         | 1000 |   |
| 1873                                    | 2,25   | 2,52        | 1930   |                            | —                              | —         | —           | —                       | —  | —   |         | "    |   |
| 1874                                    | 1,94   | 4,46        | 1925   |                            | 3                              | 0,13      | 0,13        | —                       | —  | 89,4  |         | "    |   |
| 1875                                    | 1,91   | 6,37        | 1930   |                            | 4                              | 0,04      | 0,17        | —                       | —  | 109,3                                       |         | "    |   |
| 1876                                    | 2,11   | 8,48        | 2103   |                            | 10                             | 0,27      | 0,44        | —                       | —  | 90,5  |         | "    |   |
| 1877                                    | 2,12   | 10,60       | 2080   |                            | 13                             | 0,13      | 0,57        | —                       | —  | 99,5  |         | "    |   |
| 1878                                    | 2,31   | 12,91       | 2107   |                            | 14                             | 0,04      | 0,61        | —                       | —  | 117,2                                       |         | "    |   |
| 1879                                    | 2,31   | 15,22       | 2101   | } 2161                     | 21                             | 0,31      | 0,92        | —                       | —  | 112,5                                       | } 115,5 | "    |   |
| 1880                                    | 2,43   | 17,65       | 2140   |                            | 24                             | 0,18      | 1,10        | —                       | —  | 119,3                                       |         | "    | " |
| 1881                                    | 2,52   | 20,17       | 2142   |                            | 43                             | 0,78      | 1,88        | —                       | —  | 104,5                                       |         | "    | " |
| 1882                                    | 2,70   | 22,87       | 2138   |                            | 45                             | 0,09      | 1,97        | —                       | —  | 115,8                                       |         | "    | " |
| 1883                                    | 2,91   | 25,78       | 2231   |                            | 57                             | 0,53      | 2,50        | —                       | —  | 116,2                                       |         | "    | " |
| 1884                                    | 2,96   | 28,74       | 2270   | 63                         | 0,26                           | 2,76      | —           | —                       | 123,2  | "   | "       |      |   |
| 1885                                    | 2,99   | 31,73       | 2290   | 71                         | 0,35                           | 3,11      | —           | —                       | 128,2  | "   | 926     |      |   |
| 1886                                    | 2,94   | 34,67       | 2229   | 79                         | 0,35                           | 3,46      | —           | —                       | 133,0  | "   | "       |      |   |
| 1887                                    | 3,10   | 37,77       | 2244   | 85                         | 0,35                           | 3,81      | —           | —                       | 138,1  | "   | "       |      |   |
| 1888                                    | 3,35   | 41,12       | 2258   | 102                        | 0,66                           | 4,47      | —           | —                       | 139,1  | "   | "       |      |   |

Hier zeigt sich der unmittelbare Einfluss der Schwellenvermehrung wieder deutlich mit 16,6% Erhöhung der Zerstörungslast a 1885 bis 1888 gegen 1878 bis 1884, welcher mittelbar unter Berücksichtigung der Erhöhung der Radlasten auf 20,9% steigt. Dieser Umstand und das regelmäßige Steigen von a in den letzten Jahren deuten wieder auf besonders gute Schienen hin.

15.

1490 Stück Schweißstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Teschen im Jahre 1872.

**Bahnstrecke:** Angern-Dürnkrot (Geleis I) . . . . 4,916 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagrecht: — 662m — — zus. 0,662 km lang  
 Vorkomm. Gefälle ‰: 0,250m — — 0,155m " 1,883 " "  
 " Steig. " : — — 0,417m — — " 2,371 " "  
 4,916 km lang  
 Vork. Krümm. mit Halb. : — 3034m — — zus. 1,252 km lang  
 " Gerade: 2594m — — 1070m " 3,664 " "  
 4,916 km lang  
 Verwendung von Bremsen: keine. 4,916 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |             | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |           |             | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |         |      |     |
|---|--|-------------|--|----------------------------|--------------------------------|-----------|-------------|-------------------------|--|---|---------|------|-----|
|   | im Jahre   | zu-sammen x | für das Jahr   | Mittel-werth mehrer. Jahre | zus. Stück                     | im Jah-re | zu-sammen y |                         |  |   |         |      |     |
|   |  |             |  |                            |                                |           |             |                         |  |   | in %    | in % | a   |
| 1                                       | 2  | 3           | 4  | 5                          | 6                              | 7         | 8           | 9                       | 10   | 11  | 12      | 13   |     |
| 1872                                    | 0,79   | 0,79        | 1835   |                            | —                              | —         | —           | —                       | —  | —   |         | 1000 |     |
| 1873                                    | 2,26   | 3,05        | 1900   |                            | —                              | —         | —           | —                       | —  | —   |         | "    |     |
| 1874                                    | 1,94   | 4,99        | 1898   |                            | 1                              | 0,07      | 0,07        | —                       | —  | 133,4                                       |         | "    |     |
| 1875                                    | 1,90   | 6,89        | 1938   |                            | 1                              | —         | 0,07        | —                       | —  | —   |         | "    |     |
| 1876                                    | 2,11   | 9,00        | 2101   |                            | 2                              | 0,06      | 0,13        | —                       | —  | 176,5                                       |         | "    |     |
| 1877                                    | 2,12   | 11,12       | 2070   |                            | 10                             | 0,54      | 0,67        | —                       | —  | 96,3  |         | "    |     |
| 1878                                    | 2,32   | 13,44       | 2108   |                            | 15                             | 0,44      | 1,01        | —                       | —  | 94,8  |         | "    |     |
| 1879                                    | 2,32   | 15,76       | 2111   |                            | 23                             | 0,53      | 1,54        | —                       | —  | 90,2  |         | "    |     |
| 1880                                    | 2,42   | 18,18       | 2128   |                            | 25                             | 0,14      | 1,68        | —                       | —  | 99,1  |         | "    |     |
| 1881                                    | 2,51   | 20,69       | 2136   | } 2153                     | 28                             | 0,20      | 1,88        | —                       | —  | 107,2                                       | } 102,4 | "    |     |
| 1882                                    | 2,72   | 23,41       | 2142   |                            | 34                             | 0,40      | 2,28        | —                       | —  | 110,2                                       |         | "    | "   |
| 1883                                    | 2,93   | 26,34       | 2222   |                            | 44                             | 0,67      | 2,95        | —                       | —  | 109,3                                       |         | "    | "   |
| 1884                                    | 2,97   | 29,31       | 2309   |                            | 52                             | 0,94      | 3,49        | —                       | —  | 111,9                                       |         | "    | "   |
| 1885                                    | 2,99   | 32,30       | 2271   |                            | 58                             | 0,40      | 3,89        | —                       | —  | 117,0                                       |         | "    | 926 |
| 1886                                    | 2,95   | 35,25       | 2234   | 66                         | 0,54                           | 4,43      | —           | —                       | 119,7  | "   | "       |      |     |
| 1887                                    | 3,10   | 38,35       | 2243   | 71                         | 0,34                           | 4,77      | —           | —                       | 125,7  | "   | "       |      |     |
| 1888                                    | 3,35   | 41,70       | 2258   | 78                         | 0,46                           | 5,23      | —           | —                       | 130,6  | "   | "       |      |     |

Hier beträgt die Erhöhung von a durch die Schwellenvermehrung wie früher mittelbar berechnet 25,5%. Eine Erklärung dieses besonders hohen Satzes, welcher aus dem stetigen Steigen von a trotz wachsender Radlast folgt, soll später versucht werden.

16.

572 Stück Schweißstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Teschen im Jahre 1873.

**Bahnstrecke:** Dürnkrot-Drösing (Geleis I) . . . . 1,629 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagrecht: — — — —  
 Vorkomm. Gefälle ‰: 2,00m — — zus. 0,721 km lang  
 " Steig. " : — — 0,708m " 0,908 " "  
 1,629 km lang  
 Vork. Krümmungen mit Halbmessern: 3793m — — 3793m zus. 0,662 km lang  
 Vork. Gerade: — 967m — — 0,967 " "  
 1,629 km lang  
 Verwendung von Bremsen: keine. 1,629 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |             | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |           |             | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |         |      |   |
|---|--|-------------|--|----------------------------|--------------------------------|-----------|-------------|-------------------------|--|---|---------|------|---|
|   | im Jahre   | zu-sammen x | für das Jahr   | Mittel-werth mehrer. Jahre | zus. Stück                     | im Jah-re | zu-sammen y |                         |  |   |         |      |   |
|   |  |             |  |                            |                                |           |             |                         |  |   | in %    | in % | a |
| 1                                       | 2  | 3           | 4  | 5                          | 6                              | 7         | 8           | 9                       | 10   | 11  | 12      | 13   |   |
| 1873                                    | 1,79   | 1,79        | 1915   |                            | —                              | —         | —           | —                       | —  | —   |         | 1000 |   |
| 1874                                    | 1,92   | 3,71        | 1888   |                            | —                              | —         | —           | —                       | —  | —   |         | "    |   |
| 1875                                    | 1,89   | 5,60        | 1933   |                            | —                              | —         | —           | —                       | —  | —   |         | "    |   |
| 1876                                    | 2,11   | 7,71        | 2045   |                            | —                              | —         | —           | —                       | —  | —   |         | "    |   |
| 1877                                    | 2,11   | 9,82        | 2079   |                            | 3                              | 0,52      | 0,52        | —                       | —  | 96,5  |         | "    |   |
| 1878                                    | 2,30   | 12,12       | 2113   |                            | 3                              | —         | 0,52        | —                       | —  | —   |         | "    |   |
| 1879                                    | 2,29   | 14,41       | 2095   |                            | 3                              | —         | 0,52        | —                       | —  | —   |         | "    |   |
| 1880                                    | 2,39   | 16,80       | 2126   |                            | 4                              | 0,18      | 0,70        | —                       | —  | 142,3                                       |         | "    |   |
| 1881                                    | 2,49   | 19,29       | 2134   |                            | 6                              | 0,34      | 1,04        | —                       | —  | 134,1                                       |         | "    |   |
| 1882                                    | 2,69   | 21,98       | 2139   | } 2202                     | 9                              | 0,53      | 1,57        | —                       | —  | 124,5                                       | } 128,1 | "    |   |
| 1883                                    | 2,88   | 24,86       | 2241   |                            | 11                             | 0,35      | 1,92        | —                       | —  | 127,5                                       |         | "    | " |
| 1884                                    | 2,90   | 27,76       | 2293   |                            | 14                             | 0,53      | 2,45        | —                       | —  | 126,3                                       |         | "    | " |
| 1885                                    | 2,95   | 30,71       | 2261   | 16                         | 0,35                           | 2,80      | —           | —                       | 130,7  | "   | 926     |      |   |
| 1886                                    | 2,93   | 33,64       | 2239   | 18                         | 0,35                           | 3,15      | —           | —                       | 135,1  | "   | "       |      |   |
| 1887                                    | 3,10   | 36,74       | 2244   | 21                         | 0,52                           | 3,67      | —           | —                       | 136,9  | "   | "       |      |   |
| 1888                                    | 3,35   | 40,09       | 2258   | 22                         | 0,18                           | 3,85      | —           | —                       | 145,9  | "   | "       |      |   |

Die mittelbar berechnete Zunahme von a in 1885 bis 1888 gegen 1881 bis 1884 beträgt 6,6 + 1 = 7,6% als Folge der Schwellenvermehrung.

17.

756 Stück Schweißstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Teschen im Jahre 1872.

**Bahnstrecke:** Angern-Dürnkrot (Geleis I) . . . . 2,495 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagrecht: — — — —  
 Vorkomm. Gefälle ‰: 0,467m — — 0,250m zus. 2,495 km lang  
 " Steig. " : — — — —  
 Vorkomm. Krümmungen mit Halbmessern: 1327m — — 0,136 km lang  
 Vorkomm. Gerade: — — 2359m " 2,359 " "  
 2,495 km lang  
 Verwendung von Bremsen: keine. 2,495 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |             | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden Schienen aus-gewechselt |                             |            | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |             |                              |   |   |   |   |   |      |
|---|--|-------------|--|--------------------------------|-----------------------------|------------|-------------------------|--|------------|---|-------------|------------------------------|---|---|---|---|---|------|
|   | im Jahre   | zu-sammen x |  | für das Jahr                   | Mittel-werth mehrerer Jahre | zus. Stück |                         | im Jahre in %  | zusammen y |   | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre a |   |   |   |   |   |      |
|   |  |             |  |                                |                             |            |                         |  |            |   |             |                              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6    |
| 1872                                    | 0,79   | 0,79        | 1835   | —                              | —                           | —          | —                       | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | 1000 |
| 1873                                    | 2,26   | 3,05        | 1900   | —                              | —                           | —          | —                       | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1874                                    | 1,94   | 4,99        | 1898   | —                              | —                           | —          | —                       | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1875                                    | 1,90   | 6,89        | 1938   | —                              | —                           | —          | —                       | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1876                                    | 2,11   | 9,00        | 2101   | —                              | 1                           | 0,13       | 0,13                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1877                                    | 2,12   | 11,12       | 2070   | —                              | 1                           | —          | 0,13                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1878                                    | 2,32   | 13,44       | 2108   | —                              | 1                           | —          | 0,13                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1879                                    | 2,32   | 15,76       | 2111   | —                              | 8                           | 0,93       | 1,06                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1880                                    | 2,42   | 18,18       | 2128   | —                              | 9                           | 0,13       | 1,19                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1881                                    | 2,51   | 20,69       | 2136   | —                              | 9                           | —          | 1,19                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1882                                    | 2,72   | 23,41       | 2142   | —                              | 11                          | 0,27       | 1,46                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1883                                    | 2,93   | 26,34       | 2222   | 2224                           | 12                          | 0,13       | 1,59                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1884                                    | 2,97   | 29,31       | 2309   | —                              | 14                          | 0,26       | 1,85                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1885                                    | 2,99   | 32,30       | 2271   | —                              | 18                          | 0,53       | 2,38                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1886                                    | 2,95   | 35,25       | 2234   | 2251                           | 23                          | 0,66       | 3,04                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1887                                    | 3,10   | 38,35       | 2243   | —                              | 25                          | 0,27       | 3,31                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |
| 1888                                    | 3,35   | 41,70       | 2258   | —                              | 28                          | 0,39       | 3,70                    | —  | —          | —   | —           | —                            | — | — | — | — | — | "    |

Hier ist die Schienenauswechslung bis 1881 sehr unregelmäßig, so dafs nur 3 regelmässige Jahre 1882 bis 1884 zur Beobachtung überbleiben. Die mittelbar berechnete Zunahme von a in 1885 bis 1888 gegen 1882 bis 1884 beträgt  $2,1 + 1,2 = 3,3\%$ . Auch hier ist die Ziffer a dauernd steigend, während sie mit der wachsenden Radlast etwas fallen müfste — dieselbe Erscheinung wie bei Zusammenstellung 15.

c) Nachweisung der Anwendbarkeit des für Eisen-schienen aufgestellten Gesetzes über allmähliche Zer-störung auf Puddelstahlschienen.

Gemäß 13 der vorstehenden Zusammenstellungen (und abge-sehen von 2, 3, 15 und 17) über 29571 Schweifsmetallschienen erfolgt die Zerstörung trotz aller Nebeneinflüsse ziemlich scharf nach dem Gesetze der Vierteilellipse, und ebenso regelmässig fällt die Zerstörungslast a im geraden Verhältnisse mit wachsender Rad-last. In dieser Beziehung sprechen namentlich die nachgewiesenen Einflüsse des Wechsels der Fahrriichtung 1872/73 besonders deutlich. Nur die 4 Zusammenstellungen 2, 3, 15 und 17 über 9122 Schienen entsprechen der letzteren Regel weniger, die drei ersten Jahre 1873/75 nach dem Wechsel der Fahrriichtung, der, wie früher erläutert, der Einlegung neuer Schienen entspricht, müssen mit ähnlicher Begründung aufser Rechnung bleiben, wie die ersten Jahre nach der Neuverlegung. Danach findet in Zusammenstellung 3 im Abschnitte 1880/84 eine Erhöhung von a gegen 1876/79 von 154,3 gegen 148,7 Millionen Bruttotonnen, also um 3,8% statt, obwohl die Radlast steigt. Zusammenstellung 2 betrifft eine ein-gleisige Bahn, hier konnte sich der Wechsel der Fahrriichtung nicht zeigen, und so steigt die Zerstörungslast von vorn herein, und zwar wieder im Widerspruche mit der um 10,3% wachsenden Radlast um 8,8% vom Zeitabschnitte 1872/78 zum Abschnitte 1879/84.

Ebenso ergibt Zusammenstellung 15, welche offenbar vor-zügliche Puddelstahlschienen betrifft, da in den ersten 5 Jahren nur 2 Schienen ausgewechselt wurden, vom Zeitabschnitte 1877/80 bis 1881/84 ein Anwachsen der Zerstörungslast a um 15,3% trotz

der gleichzeitig um 1,2% wachsenden Radlast, obwohl in diesen Jahren die verstärkte Unterstützung noch nicht wirkte.

Auch No. 17 betrifft in hohem Mafse widerstandsfähige Schienen, und zeigt von 1879/80 bis 1881/84 vor Vermehrung der Schwellen einen Anwachs von 29% für a, trotz gleichzeitigen Anwachsens der Radlast um 12%.

Die Ursache dieser Ausnahmeverhältnisse der 4 Zusammen-stellungen 2, 3, 15 und 17 ist wohl in den günstigen Verhält-nissen der Strecken, welche weder Bremsung noch Krümmungs-widerstände ergeben, in der Hinausschiebung der Zerstörung durch den Einfluß des Wechsels der Fahrriichtung auf etwa die 3 Jahre 1873/75, sowie in der besonderen Güte aber ungleichmäßigen Widerstandsfähigkeit der betroffenen Schienen zu suchen, welchen bei spätem Beginne der Zerstörung sich immer mehr streckende Ellipsen entsprechen.

Die Herstellungsweise der Puddelstahlschienen macht erheb-liche Schwankungen der Haltbarkeit, selbst unter den zunächst als fehlerfrei zu bezeichnenden Schienen erklärlich, da bei ihnen ganz besonders viel vom Geschick und von der Sorgfalt einzelner Arbeiter abhängt; offenbar enthalten die vier Tabellen Schienengruppen von ganz besonderer Güte, bei welchen durch eine allmähliche Ausmerzung der etwas minder widerstandsfähigen, für lange Zeit trotz der wachsenden Radlast eine steigende Zerstörungslast a zu Stande kommen konnte.

Die beiden Gruppen 2 und 3 zeigen bei sehr geringen Aus-wechselungen zwischen den Zeitabschnitten 1873/78 und 1879/84 einen Anwachs von a um 9,8% bezw. 9,6%, was auf völlige Gleichheit beider Gruppen schliessen läfst; wenn darin auch eine erhebliche Abweichung von dem Rechnungsergebnisse liegt, so ist diese doch nicht groß genug, um auf den Vortheil der annähernden Vorherbestimmung von a ganz zu verzichten.

Berechnet man nach Zusammenstellung 3 auf Grund des vom Wechsel der Fahrriichtung beeinflussten Abschnittes 1873/75, welcher eine der Ursachen für die Hinausschiebung der Zerstörung enthält, und nach der Angabe unter III, dafs bei einer Verkehrssumme von 60% der Zerstörungslast a durchschnittlich 20% der Schienen ausgewechselt sind, diejenige Last, welche über die Schienen der Gruppe 3 rollen mußte, um 20% zur Auswechslung zu bringen, so ergibt sich diese zu  $\frac{139,7 + 132,1 + 134,6}{3} \cdot 0,6 = 81,3$  Mil-lionen Tonnen. Thatsächlich waren nach Zusammenstellung 3 nach 13 Jahren 19,22% erst durch 87,65 Millionen Tonnen zerstört.

Stellt man die gleiche Rechnung allein auf Grund des vom Wechsel der Fahrriichtung schon unabhängigen Jahres 1877 an, so ergibt sich:  $146,9 \cdot 0,6 = 88,14$  Millionen Tonnen als die Last, die 20% der Schienen zerstörte, was mit der thatsächlichen Zer-störung von 19,22% durch 87,56 Millionen Tonnen vollkommen übereinstimmt. Aus diesem Vergleiche zeigt sich der hinaus-schiebende Einfluß des Wechsels der Fahrriichtung besonders deutlich.

V. Vorbemerkungen zu den statistischen Nachweisen über die Ausnutzung der Flufsstahlschienen.

Die nun 20jährige Benutzung von Bessemer- und Martin-Stahlschienen unter dem dichten Verkehre der Kaiser Ferdinands-Nordbahn giebt Anhaltspunkte für den Nachweis, dafs das für die Schweifsmetallschienen gefundene Gesetz über die Zer-störungslast (Ausnutzung) auf die Flufsmetallschienen angewendet,

keine Widersprüche ergibt, welche diese Uebertragung unzulässig erscheinen ließen. Die Verschiedenheiten, welche im Gefüge der beiden Stoffe liegen, werden eben durch die Gleichartigkeit der mechanischen Einwirkung der Verkehrsangriffe überwogen. Stärkere Schwankungen der Ausnutzungszahl a gegen die Rechnung als bei Schweißschienen sind daraus zu erklären, daß die Flußstahlschienen aus der ersten Zeit der Herstellung solcher stammen, und daher vielleicht einzelne Mängel zeigen, die später nicht vorkommen. Ihre lange Dauer zeigt, daß der Stoff jedenfalls ein guter war, aber gerade bei der langen Dauer erstreckt sich die Beobachtung erst auf einen kleinen Theil der Lebenszeit, so daß der langsame Abgang einzelner Schienen zunächst sprungweise erfolgt und Unregelmäßigkeiten in die Rechnung bringen muß. Bei diesen Unsicherheiten hat der Verfasser, von dem Wunsche nach der Anbahnung der Gewinnung einer Grundlage für die Beurtheilung der Ausnutzungsfähigkeit der Gußmetallschienen geleitet, alle über solche vorliegenden Aufzeichnungen durchgerechnet, und muß es dem Leser überlassen, zu beurtheilen, wie weit die Versuche, auftretende Unregelmäßigkeiten zu erklären, gelungen sind.

**VI. Zusammenstellungen über Flußstahlschienen.**

a) Bessemerstahlschienen.

18.

1466 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt A, Fig. 85, geliefert von Buchscheiden im Jahre 1867.

**Bahnstrecke:** Drösing-Hohenau (Geleis I) . . . . 4,839 km lang

**Anlageverhältnisse:**

|                               |       |                   |
|-------------------------------|-------|-------------------|
| wagrecht:                     | 4839m | . . 4,839 km lang |
| Vorkomm. Gefälle 0/00:        | —     | —                 |
| " Steig. " :                  | —     | —                 |
| " Krümmungen mit Halbmessern: | —     | —                 |
| " Gerade:                     | 4839m | . . 4,839 km lang |

Verwendung von Bremsen: sehr wenig.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |          |            | wurden Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |          | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |      |      |
|---|--|------------|--|----------------------------|--------------------------------|----------|------------|---------------------------|---|----------|---|------|------|
|   | im Jahre   | zusammen x | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zusammen y |                           | im Jahre  | zusammen |   | a    |      |
|   |  |            |  |                            |                                |          |            |                           |   |          |   | in % | in % |
| 1868                                    | 5,92   | 5,92       | —  | —                          | 7                              | 0,48     | 0,48       | —                         | —   | 60,5     | 1000  |      |      |
| 1869                                    | 2,95   | 8,87       | 2450   | —                          | 8                              | 0,07     | 0,55       | 1                         | 1   | 84,7     | "   |      |      |
| 1870                                    | 3,03   | 11,90      | 2660   | —                          | 16                             | 0,44     | 1,09       | —                         | 1   | 80,8     | "   |      |      |
| 1871                                    | 2,94   | 14,84      | 2915   | —                          | 19                             | 0,21     | 1,30       | 1                         | 2   | 92,3     | "   |      |      |
| 1871 4/12                               | 1,29   | 16,13      | 2455   | —                          | 22                             | 0,20     | 1,50       | —                         | 2   | 93,5     | "   |      |      |
| 1872                                    | 1,08   | 17,21      | 1830   | —                          | 22                             | —        | 1,50       | —                         | 2   | —        | "   |      |      |
| 1873                                    | 2,27   | 19,48      | 1915   | —                          | 24                             | 0,14     | 1,64       | —                         | 2   | 108,0    | "   |      |      |
| 1874                                    | 1,92   | 21,40      | 1888   | —                          | 27                             | 0,20     | 1,84       | —                         | 2   | 112,1    | "   |      |      |
| 1875                                    | 1,89   | 23,29      | 1933   | —                          | 27                             | —        | 1,84       | —                         | 2   | —        | "   |      |      |
| 1876                                    | 2,11   | 25,40      | 2095   | —                          | 30                             | 0,21     | 2,05       | 2                         | 4   | 126,1    | "   |      |      |
| 1877                                    | 2,11   | 27,51      | 2046   | —                          | 32                             | 0,13     | 2,18       | —                         | 4   | 132,5    | "   |      |      |
| 1878                                    | 2,30   | 29,81      | 2101   | —                          | 33                             | 0,07     | 2,25       | —                         | 4   | 141,3    | "   |      |      |
| 1879                                    | 2,29   | 32,10      | 2093   | —                          | 33                             | —        | 2,25       | —                         | 4   | —        | "   |      |      |
| 1880                                    | 2,38   | 34,48      | 2108   | —                          | 37                             | 0,27     | 2,52       | —                         | 4   | 154,6    | "   |      |      |
| 1881                                    | 2,49   | 36,97      | 2137   | —                          | 41                             | 0,28     | 2,80       | —                         | 4   | 157,3    | "   |      |      |
| 1882                                    | 2,63   | 39,65      | 2138   | —                          | 44                             | 0,21     | 3,01       | —                         | 4   | 162,8    | "   |      |      |
| 1883                                    | 2,89   | 42,54      | 2220   | —                          | 55                             | 0,76     | 3,77       | —                         | 4   | 156,4    | "   |      |      |
| 1884                                    | 2,91   | 45,45      | 2295   | —                          | 61                             | 0,43     | 4,20       | —                         | 4   | 158,5    | 800   |      |      |
| 1885                                    | 2,95   | 48,40      | 2270   | —                          | 65                             | 0,29     | 4,49       | —                         | 4   | 163,3    | "   |      |      |
| 1886                                    | 2,91   | 51,31      | 2266   | —                          | 78                             | 0,86     | 5,35       | —                         | 4   | 159,0    | "   |      |      |
| 1887                                    | 3,20   | 54,51      | 2244   | —                          | 80                             | 0,15     | 5,50       | —                         | 4   | 166,6    | "   |      |      |
| 1888                                    | 3,25   | 57,76      | 2258   | —                          | 80                             | —        | 5,50       | 2                         | 6   | 176,6    | "   |      |      |

Weil Schweißfehler hier ausgeschlossen sind, sind die ersten zerstörten Schienen bis auf das erste Jahr mit berücksichtigt. Trotz der ungewöhnlich günstigen Beschaffenheit der Beobachtungsstrecke zeigt die Zerstörungslast a starke Sprünge, für die sich folgende Ursachen anführen lassen. Zunächst zeigt sich zwischen den Abschnitten 1869/72 und 1873/78 ein Anwachsen von a um 41,2% bei einer Abnahme der Radlast durch den Wechsel der Fahrriichtung um 28,4%, was wenigstens dem Sinne nach dem Verhalten der Schweißschienen entspricht. Von 1880 an bleibt a ziemlich regelmäÙig, und der Sprung von 5,4% — oder mit Berücksichtigung der um 4% zunehmenden Radlast von 9,4% — zwischen den Abschnitten 1880/84 und 1885/88 entspricht wieder der Vermehrung der Schwellen. Die bis 1878 vergleichsweise kleine Ausnutzungslast weist darauf hin, daß die Lieferung einen Satz von etwa 2,5% minder widerstandsfähiger Schienen enthielt und auch die starken Sprünge der Jahre 1876 und 1880, nachdem 1875 und 1879 keine Auswechslung erfolgt war, sind durch solche Unregelmäßigkeiten zu erklären.

In den letzten Jahren wird dies Verhalten immer stetiger, und entspricht den aufgestellten Gesetzen immer mehr; die Unstetigkeit ist daher als Folge der noch nicht hinreichend langen Beobachtungszeit zu erklären.

19.

1372 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt A, Fig. 85, geliefert von Witkowitz im Jahre 1867.

**Bahnstrecke:** Hohenau-Lundenburg (Geleis I) . . 4,341 km lang

**Anlageverhältnisse:**

|                                   |        |        |       |                |
|-----------------------------------|--------|--------|-------|----------------|
| wagrecht:                         | —      | —      | 1997m | 1,997 km lang  |
| Vorkomm. Gefälle 0/00:            | 1,980m | 2,174m | —     | zus. 2,344 " " |
| " Steig. " :                      | —      | —      | —     | — " "          |
| Vork. Krümmungen mit Halbmessern: | —      | 1896m  | —     | 1,589 km lang  |
| Vork. Gerade:                     | 54m    | —      | 2698m | zus. 2,752 " " |
| Verwendung von Bremsen:           | keine. | —      | —     | 4,341 km lang  |

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden Schienen aus-gewechselt |          |            | wurden Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |          | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |      |      |
|---|--|------------|--|----------------------------|--------------------------------|----------|------------|---------------------------|---|----------|---|------|------|
|   | im Jahre   | zusammen x | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zusammen y |                           | im Jahre  | zusammen |   | a    |      |
|   |  |            |  |                            |                                |          |            |                           |   |          |   | in % | in % |
| 1868                                    | 4,25   | 4,25       | —  | —                          | 2                              | 0,15     | 0,15       | 3                         | 3   | 77,6     | 1000  |      |      |
| 1869                                    | 2,95   | 7,20       | 2450   | —                          | 6                              | 0,29     | 0,44       | —                         | 3   | 76,9     | "   |      |      |
| 1870                                    | 3,05   | 10,25      | 2650   | —                          | 8                              | 0,14     | 0,58       | —                         | 4   | 95,3     | "   |      |      |
| 1871                                    | 3,05   | 13,30      | 2850   | —                          | 12                             | 0,29     | 0,87       | —                         | 1   | 101,4    | "   |      |      |
| 1871 4/12                               | 1,30   | 14,60      | 2455   | —                          | —                              | —        | —          | —                         | —   | —        | "   |      |      |
| 1872                                    | 1,10   | 15,70      | 1845   | —                          | —                              | —        | —          | —                         | —   | —        | "   |      |      |
| 1873                                    | 2,30   | 18,00      | 1905   | —                          | —                              | —        | —          | —                         | —   | —        | "   |      |      |
| 1874                                    | 1,90   | 19,90      | 1890   | —                          | 13                             | 0,08     | 0,95       | —                         | —   | 145,0    | "   |      |      |
| 1875                                    | 1,90   | 21,80      | 1920   | —                          | —                              | —        | —          | —                         | —   | —        | "   |      |      |
| 1876                                    | 2,10   | 23,90      | 2094   | —                          | 15                             | 0,14     | 1,09       | 1                         | 5   | 147,2    | "   |      |      |
| 1877                                    | 2,10   | 26,00      | 2026   | —                          | —                              | —        | —          | —                         | 5   | —        | "   |      |      |
| 1878                                    | 2,30   | 28,30      | 2104   | —                          | —                              | —        | —          | —                         | 1   | 6        | "   |      |      |
| 1879                                    | 2,29   | 30,59      | 2099   | —                          | 16                             | 0,08     | 1,17       | —                         | 6   | 135,0    | "   |      |      |
| 1880                                    | 2,39   | 32,98      | 2125   | —                          | 19                             | 0,22     | 1,39       | —                         | 6   | 198,5    | "   |      |      |
| 1881                                    | 2,50   | 35,48      | 2138   | —                          | 20                             | 0,07     | 1,46       | —                         | 6   | 208,5    | "   |      |      |
| 1882                                    | 2,69   | 38,17      | 2139   | —                          | 34                             | 1,02     | 2,48       | —                         | 6   | 172,5    | "   |      |      |
| 1883                                    | 2,88   | 41,05      | 2219   | —                          | 37                             | 0,22     | 2,70       | 1                         | 7   | 177,9    | "   |      |      |
| 1884                                    | 2,92   | 43,97      | 2288   | —                          | 52                             | 1,09     | 3,79       | 1                         | 8   | 161,2    | 800   |      |      |
| 1885                                    | 2,96   | 46,93      | 2266   | —                          | 53                             | 0,07     | 3,86       | 1                         | 9   | 170,6    | "   |      |      |
| 1886                                    | 2,92   | 49,85      | 2232   | —                          | 58                             | 0,37     | 4,23       | 1                         | 10  | 173,2    | "   |      |      |
| 1887                                    | 3,10   | 52,95      | 2244   | —                          | —                              | —        | —          | —                         | 2   | 12       | "   |      |      |
| 1888                                    | 3,35   | 56,30      | 2258   | —                          | 61                             | 0,23     | 4,46       | 11                        | 23  | 198,6    | "   |      |      |

Diese Lieferung, welche die allerersten in Witkowitz hergestellten Schienen enthält, unter denen nach Ausweis der in den ersten Jahren sehr starken Auswechsellung viele spröde gewesen sein müssen, zeigt übrigens ganz ähnliche Verhältnisse wie No. 18. Namentlich steigt die Ausnutzungszahl a mit dem Wechsel der Fahrriichtung. Der Einfluss der Schwellenvermehrung 1884 darf nicht nach den Durchschnittszahlen beurtheilt werden, die ein Abnehmen der Zerstörungslast andeuten. Ein solches mußte zwar in Folge der Zunahme der Radlast eintreten, der günstige Einfluss der stärkeren Unterstützung zeigt sich immerhin dadurch, daß dem starken Fallen von a im Abschnitte 1880/84 im Abschnitte 1885/88 ein entschiedenes Steigen gegenübersteht. Im Ganzen zeigen die großen Unregelmäßigkeiten, welche z. Th. wohl noch durch die Einreihung ziemlich ausgenutzter Schienen unter die 17 in den letzten Jahren gebrochenen, daß die Lieferung noch nicht mit der nöthigen Erfahrung hergestellt war. Immerhin zeigt die Stetigkeit der Entwicklung im Abschnitte 1880/88, daß auch hier die Anwendung der aufgestellten Gesetze noch ein ziemlich gutes Mittel zur Vorherbeurtheilung liefert.

20.

2540 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt A, Fig. 85, geliefert von Witkowitz im Jahre 1869.

**Bahnstrecke:** Pruchna-Chybi (eingleisige Bahn) . . 8384 km lang  
**Anlageverhältnisse:**

|                                      |        |      |                   |       |         |      |       |         |   |  |  |  |  |
|--------------------------------------|--------|------|-------------------|-------|---------|------|-------|---------|---|--|--|--|--|
| wagrecht:                            | m      | m    | m                 | m     | m       | m    | m     | m       | m |  |  |  |  |
|                                      | 383    | 1423 | 189               | 1139  | 93      | zus. | 3,227 | km lang |   |  |  |  |  |
| Vorkomm. Gefälle 0/00:               | 2,0    | 3,33 | 0,833             | 1,00  | 3,468   |      |       |         |   |  |  |  |  |
| Steig. 0/00:                         | 0,37   | 3,33 | 1,689             | 8,384 | km lang |      |       |         |   |  |  |  |  |
| Vorkomm. Krümmungen mit Halbmessern: |        |      |                   |       |         |      |       |         |   |  |  |  |  |
| Gerade:                              |        |      | 8384 <sup>m</sup> | 8,384 | km lang |      |       |         |   |  |  |  |  |
| Verwendung von Bremsen:              | wenig. |      |                   |       |         |      |       |         |   |  |  |  |  |

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |          | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden Schienen ausgewechselt | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y rechnerische Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen | gröste vorkommende Schienenstützweite in mm |              |                            |            |          |          |             |                            |
|---|--|----------|--|-------------------------------|-------------------------|--|---|--------------|----------------------------|------------|----------|----------|-------------|----------------------------|
|   | im Jahre   | zusammen |  |                               |                         |  |   | für das Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück | im Jahre | zusammen | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |
|   |  |          |  |                               |                         |  |   |              |                            |            |          |          |             |                            |
| 1                                       | 2  | 3        | 4  | 5                             | 6                       | 7  | 8   | 9            | 10                         | 11         | 12       | 13       |             |                            |
| 1869                                    | 1,37   | 1,37     | 2500   |                               |                         |  |   |              |                            |            |          | 900      |             |                            |
| 1870                                    | 2,08   | 3,45     | 2650   |                               |                         |  |   |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1871                                    | 2,50   | 5,95     | 2845   |                               |                         |  |   |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1872                                    | 2,90   | 8,85     | 2890   |                               |                         |  |   |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1873                                    | 3,25   | 12,10    | 2910   |                               |                         |  |   |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1874                                    | 3,30   | 15,40    | 3003   |                               |                         |  |   |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1875                                    | 2,75   | 18,15    | 2855   | 1,04                          | 0,04                    | 2  | 642,6                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1876                                    | 2,92   | 21,07    | 2547   | 2,04                          | 0,08                    | 1  | 528,5                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1877                                    | 3,29   | 24,36    | 2572   | 7,20                          | 0,28                    | 3  | 325,8                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1878                                    | 3,29   | 27,65    | 2612   | 16,035                        | 0,63                    | 1  | 246,7                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1879                                    | 3,39   | 31,04    | 2655   | 22,024                        | 0,87                    | 4  | 235,8                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1880                                    | 3,45   | 34,49    | 2691   | 29,029                        | 1,16                    | 5  | 226,7                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1881                                    | 3,44   | 37,93    | 2727   | 39,041                        | 1,57                    | 5  | 215,0                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1882                                    | 3,67   | 41,60    | 2755   | 45,025                        | 1,82                    | 5  | 219,0                                       |              |                            | 221,3      |          | "        |             |                            |
| 1883                                    | 3,84   | 45,44    | 2786   | 55,028                        | 2,10                    | 6  | 222,9                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1884                                    | 3,16   | 48,60    | 2774   | 73,081                        | 2,91                    | 2  | 202,9                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1885                                    | 3,19   | 51,79    | 2776   | 85,050                        | 3,41                    | 1  | 200,0                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1886                                    | 3,73   | 55,52    | 2840   | 94,033                        | 3,74                    | 3  | 203,6                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |
| 1887                                    | 4,15   | 59,67    | 2892   | 97,012                        | 3,86                    | 4  | 216,7                                       |              |                            | 209,5      |          | "        |             |                            |
| 1888                                    | 4,86   | 64,53    | 2839   | 109,049                       | 4,35                    | 2  | 220,9                                       |              |                            |            |          | "        |             |                            |

Diese Strecke ist eingleisig, erfuhr daher keinen Wechsel der Fahrriichtung. Nachdem mit 1877 die offenbaren Anfangsschwankungen überwunden waren, ergibt sich später eine gute Uebereinstimmung der Gesetze. Daß der Durchschnitt von a fällt, erklärt sich aus dem Wachsen der Radlasten, dem eine Schwellenvermehrung bei Einrichtung des schwebenden Stosses nicht gegenübersteht.

21.

1490 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt A, Fig. 85, geliefert von Witkowitz im Jahre 1867.

**Bahnstrecke:** Pohl-Zauchtl (Geleis II) . . . . 4,923 km lang  
**Anlageverhältnisse:**

|                                   |                    |                    |                    |                    |      |       |         |  |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|-------|---------|--|
| wagrecht:                         | —                  | —                  | —                  | —                  |      |       |         |  |
| Vorkomm. Gefälle 0/00:            | 2,994 <sup>m</sup> | 3,333 <sup>m</sup> | 3,030 <sup>m</sup> | 0,714 <sup>m</sup> | zus. | 4,923 | km lang |  |
| Steig. "                          | 1517 <sup>m</sup>  | 759 <sup>m</sup>   | 4,137              |                    |      |       |         |  |
| Vork. Krümmungen mit Halbmessern: | 1268 <sup>m</sup>  | 2869 <sup>m</sup>  | 4,923              | km lang            |      |       |         |  |
| Vork. Gerade:                     | —                  | —                  | —                  | —                  |      |       |         |  |
| Verwendung von Bremsen:           | keine.             |                    |                    |                    |      |       |         |  |

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |          | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden Schienen ausgewechselt | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y rechnerische Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen | gröste vorkommende Schienenstützweite in mm |              |                            |            |          |          |             |                            |
|---|--|----------|--|-------------------------------|-------------------------|--|---|--------------|----------------------------|------------|----------|----------|-------------|----------------------------|
|   | im Jahre   | zusammen |  |                               |                         |  |   | für das Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück | im Jahre | zusammen | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |
|   |  |          |  |                               |                         |  |   |              |                            |            |          |          |             |                            |
| 1                                       | 2  | 3        | 4  | 5                             | 6                       | 7  | 8   | 9            | 10                         | 11         | 12       | 13       |             |                            |
| 1867                                    | 2,30   | 2,30     | —  | —                             | —                       | —  | —   | —            | —                          | —          | —        | 1000     |             |                            |
| 1868                                    | 3,70   | 6,00     | —  | —                             | —                       | —  | —   | 12           | 12                         | —          | —        | "        |             |                            |
| 1869                                    | 4,10   | 10,10    | 2333   | 2,013                         | 0,13                    | 1  | 198,1                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1870                                    | 4,55   | 14,65    | 2358   | 7,034                         | 0,47                    | 1  | 13  | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1871                                    | 5,40   | 20,05    | 1730   | —                             | —                       | —  | —   | 13           | 243,5                      | 218,5      | —        | "        |             |                            |
| 1871                                    | 1,30   | 21,35    | 2335   | —                             | —                       | —  | —   | 13           | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1872                                    | 2,04   | 23,39    | 3130   | 9,013                         | 0,60                    | 2  | 15  | 213,9        | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1873                                    | 3,58   | 26,97    | 3115   | 16,047                        | 1,07                    | 15   | 184,9                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1874                                    | 3,48   | 30,45    | 3188   | 21,034                        | 1,41                    | 15   | 182,0                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1875                                    | 3,31   | 33,76    | 3165   | 27,040                        | 1,81                    | 15   | 178,3                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1876                                    | 3,64   | 37,40    | 3339   | 40,087                        | 2,68                    | 3  | 18  | 162,6        | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1877                                    | 3,77   | 41,17    | 3367   | 56,108                        | 3,76                    | 18   | 150,1                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1878                                    | 3,88   | 45,05    | 3403   | 70,094                        | 4,70                    | 1  | 19  | 148,7        | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1879                                    | 4,19   | 49,24    | 3499   | 94,161                        | 6,31                    | 19   | 140,9                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1880                                    | 4,30   | 53,54    | 3497   | 131,248                       | 8,79                    | 19   | 130,6                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1881                                    | 4,71   | 58,25    | 3555   | 175,296                       | 11,75                   | 1  | 20  | 123,7        | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1882                                    | 5,20   | 63,45    | 3593   | 219,295                       | 14,70                   | 20   | 121,6                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1883                                    | 5,38   | 68,83    | 3588   | 310,611                       | 20,81                   | 1  | 21  | 112,7        | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1884                                    | 5,23   | 74,06    | 3628   | 368,389                       | 24,70                   | 2  | 112,6                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1885                                    | 5,38   | 79,44    | 3656   | 443,503                       | 29,73                   | 2  | 111,6                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1886                                    | 5,56   | 85,00    | 3725   | 489,309                       | 32,82                   | 2  | 23  | 114,8        | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1887                                    | 6,00   | 91,00    | 3754   | 518,195                       | 34,77                   | 23   | 120,1                                       | —            | —                          | —          | —        | "        |             |                            |
| 1888                                    | 3,12   | 94,12    | 3769   | 539,140                       | 36,17                   | 6  | 29  | 122,9        | —                          | —          | —        | "        |             |                            |

Diese Schienen sind in der zweiten Hälfte von 1888 ganz erneuert worden, nachdem durch 94,12 Millionen Tonnen 36,17% zerstört waren. Im Gegensatz zu No. 18 und 19 zeigt sich hier ein stetes Fallen von a, dem erst durch die Schwellenvermehrung Einhalt gethan wird, und das durch das Wachsen der Radlast allein nicht erklärt werden kann. Denn selbst wenn man die noch vom Wechsel der Fahrriichtung beeinflussten Jahre bis 1876 ausscheidet, so steht einer Zunahme der Radlast vom Abschnitte 1877/80 bis zum Abschnitte 1881/84 um 4,3% ein Fallen von a um 21,1% gegenüber. Berechnet man auf Grund der für 1877 gefundenen Zerstörungslast von 150,1 Millionen Tonnen die Lasten, welchen 20% bzw. 30% Schienenzerstörung entsprechen müßte, so ergeben sich diese nach dem unter III Gesagten zu 150,1.0,6 = 90,1



24.

3372 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt A, Fig. 85, geliefert von Witkowitz im Jahre 1870.

**Bahnstrecke:** Zaucht1-Stauding (Geleis II) . . . 11,130 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagerecht: — 761<sup>m</sup> — — 2680<sup>m</sup> — — zus. 3,441 km lang

Vorkomm.

Gefälle<sup>0/00</sup>: — — — — — — —

Vorkomm.

Steig. <sup>0/00</sup>: 1,25<sup>m</sup> — 1,667<sup>m</sup> 3,33<sup>m</sup> — 2,50<sup>m</sup> 1,00<sup>m</sup> „ 7,689 km lang

Vorkr. Krümm. 11,130 km lang

m Halb.: — 1517<sup>m</sup> — 1896<sup>m</sup> — 1517<sup>m</sup> — 1517<sup>m</sup> zus. 2,084 km lang

Vorkomm.

Gerade: 580<sup>m</sup> — 2614<sup>m</sup> — 2068<sup>m</sup> — 3784<sup>m</sup> — „ 9,046 „ „

Verwendung von Bremsen: keine. 11,130 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Mil.-Tonnen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden Schienen aus- gewechselt |                            | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |       |    |      |
|---|--|------------|--|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|--|----------------------------|---|-------|----|------|
|   | im Jahre x   | zusammen y |  | für das Jahr                    | Mittelwerth mehrerer Jahre |                         | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |       |    |      |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                               | 6                          | 7                       | 8  | 9                          | 10  | 11    | 12 | 13   |
| 1870                                    | 0,45   | 0,45       | 1770   | —                               | —                          | —                       | 2  | 2                          | —   | —     | —  | 1000 |
| 1871                                    | 1,92   | 2,37       | 1750   | —                               | —                          | —                       | 2  | 2                          | —   | —     | —  | „    |
| 1872                                    | 3,17   | 5,54       | 2440   | —                               | —                          | —                       | 2  | 2                          | —   | —     | —  | „    |
| 1873                                    | 3,60   | 9,14       | 3135   | —                               | —                          | —                       | 2  | 2                          | —   | —     | —  | „    |
| 1874                                    | 3,50   | 12,64      | 3233   | —                               | —                          | —                       | 2  | 2                          | —   | —     | —  | „    |
| 1875                                    | 3,31   | 15,95      | 3140   | 1                               | 0,03                       | 0,03                    | —  | 2                          | 604,0                                       | —     | —  | „    |
| 1876                                    | 3,65   | 19,60      | 3354   | 5                               | 0,12                       | 0,15                    | —  | 2                          | 358,1                                       | —     | —  | „    |
| 1877                                    | 3,80   | 23,40      | 3363   | 6                               | 0,03                       | 0,18                    | —  | 2                          | 390,2                                       | —     | —  | „    |
| 1878                                    | 3,90   | 27,30      | 3405   | 7                               | 0,03                       | 0,21                    | —  | 2                          | 421,5                                       | —     | —  | „    |
| 1879                                    | 4,22   | 31,52      | 3508   | 9                               | 0,06                       | 0,27                    | —  | 2                          | 429,2                                       | —     | —  | „    |
| 1880                                    | 4,34   | 35,86      | 3495   | 10                              | 0,03                       | 0,30                    | 1  | 3                          | 463,2                                       | —     | —  | „    |
| 1881                                    | 4,75   | 40,61      | 3562   | 12                              | 0,06                       | 0,36                    | —  | 3                          | 478,9                                       | —     | —  | „    |
| 1882                                    | 5,24   | 45,85      | 3599   | 13                              | 0,03                       | 0,39                    | —  | 3                          | 519,7                                       | —     | —  | „    |
| 1883                                    | 5,43   | 51,28      | 3587   | 14                              | 0,03                       | 0,42                    | —  | 3                          | 560,1                                       | 548,6 | —  | „    |
| 1884                                    | 5,25   | 56,53      | 3631   | 17                              | 0,08                       | 0,50                    | —  | 3                          | 566,0                                       | —     | —  | 800  |
| 1885                                    | 5,42   | 61,95      | 3658   | 20                              | 0,09                       | 0,59                    | 1  | 4                          | 571,1                                       | —     | —  | „    |
| 1886                                    | 5,51   | 67,46      | 3646   | 25                              | 0,15                       | 0,74                    | 2  | 6                          | 555,5                                       | 550,6 | —  | „    |
| 1887                                    | 6,00   | 73,46      | 3754   | 32                              | 0,21                       | 0,95                    | —  | 6                          | 534,2                                       | —     | —  | „    |
| 1888                                    | 6,64   | 80,10      | 3769   | 37                              | 0,15                       | 1,10                    | 3  | 9                          | 541,5                                       | —     | —  | „    |

Nach Ueberwindung der Anfangsschwankungen ergeben sich hier sehr regelmässige, dabei sehr hohe Zerstörungslasten, welche auch den Einfluss der stärkeren Unterstützung nach 1884 deutlich zeigen. Die Erwartung langer Dauer, welche sich auf die hohen Zerstörungszahlen gründen liefse, wird leider anscheinend durch Schienenbrüche getäuscht werden, welche in den letzten Jahren bedenklich zunehmen. Die Schienen sind zwar sehr hart, d. h. widerstandsfähig, aber auch sehr spröde.

25.

1530 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Ternitz im Jahre 1872.

**Bahnstrecke:** Pohl-Zaucht1 (Geleis II) . . . . . 5,051 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagerecht: — — — — — 286<sup>m</sup> — — 0,286 km lang

Vork. Gefälle<sup>0/00</sup>: — — — — — 0,400 — — 0,472 „ „

„ Steig. „ 0,714 3,448 3,125 1,000 1,429 — — 0,200 zus. 4,293 „ „

Vorkr. Krümm. 5,051 km lang

mit Halb.: 759 — 759 — 1517 — 1896 — 1896 zus. 2,690 km lang

Vorkomm.

Gerade: — 538 — 997 — 503 — 323 — „ 2,361 „ „

Verwendung von Bremsen: keine. 5,051 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Mil.-Tonnen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden Schienen aus- gewechselt |                            | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |       |    |      |
|---|--|------------|--|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|--|----------------------------|---|-------|----|------|
|   | im Jahre x   | zusammen y |  | für das Jahr                    | Mittelwerth mehrerer Jahre |                         | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |       |    |      |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                               | 6                          | 7                       | 8  | 9                          | 10  | 11    | 12 | 13   |
| 1872                                    | 1,05   | 1,05       | 3130   | —                               | —                          | —                       | —  | —                          | —   | —     | —  | 1000 |
| 1873                                    | 3,58   | 4,63       | 3115   | —                               | —                          | —                       | —  | —                          | —   | —     | —  | „    |
| 1874                                    | 3,48   | 8,11       | 3188   | —                               | —                          | —                       | —  | —                          | —   | —     | —  | „    |
| 1875                                    | 3,31   | 11,42      | 3165   | —                               | —                          | —                       | —  | —                          | —   | —     | —  | „    |
| 1876                                    | 3,64   | 15,06      | 3339   | —                               | —                          | —                       | —  | 1                          | 1   | —     | —  | „    |
| 1877                                    | 3,77   | 18,83      | 3367   | —                               | —                          | —                       | —  | 1                          | —   | —     | —  | „    |
| 1878                                    | 3,88   | 22,71      | 3403   | —                               | —                          | —                       | —  | 1                          | —   | —     | —  | „    |
| 1879                                    | 4,19   | 26,90      | 3499   | —                               | —                          | —                       | —  | 1                          | —   | —     | —  | „    |
| 1880                                    | 4,30   | 31,20      | 3497   | 1                               | 0,07                       | 0,07                    | 1  | 2                          | 834,2                                       | —     | —  | „    |
| 1881                                    | 4,71   | 35,91      | 3555   | 2                               | 0,06                       | 0,13                    | —  | 2                          | 704,5                                       | —     | —  | „    |
| 1882                                    | 5,20   | 41,11      | 3593   | 4                               | 0,13                       | 0,26                    | —  | 2                          | 570,5                                       | —     | —  | „    |
| 1883                                    | 5,38   | 46,49      | 3588   | 6                               | 0,13                       | 0,39                    | 1  | 3                          | 526,0                                       | —     | —  | „    |
| 1884                                    | 5,23   | 51,72      | 3623   | 8                               | 0,13                       | 0,52                    | 1  | 4                          | 507,8                                       | —     | —  | 926  |
| 1885                                    | 5,38   | 57,10      | 3656   | 16                              | 0,53                       | 1,05                    | —  | 4                          | 395,1                                       | —     | —  | „    |
| 1886                                    | 5,56   | 62,66      | 3725   | 18                              | 0,13                       | 1,18                    | 1  | 5                          | 409,1                                       | 394,2 | —  | „    |
| 1887                                    | 6,00   | 68,66      | 3754   | 24                              | 0,39                       | 1,57                    | 1  | 6                          | 389,0                                       | —     | —  | „    |
| 1888                                    | 6,64   | 75,30      | 3769   | 30                              | 0,39                       | 1,96                    | 1  | 7                          | 382,6                                       | —     | —  | „    |

Die Zerstörung beginnt erst im 9. Jahre, also sind entschieden fehlerhafte Schienen nicht dagewesen. Die Ausnutzungszahlen fallen dann aber bis 1884 in einer Weise, die durch zunehmende Radlast nicht erklärt werden kann. Von 1885 an treten ziemlich regelmässige Verhältnisse ein, es waren also bis dahin vermuthlich starke Ungleichmässigkeiten der Lieferung zu beseitigen. Die Zerstörungslast bleibt schliesslich immer noch hoch, doch lassen auch hier die stark zunehmenden Brüche deren volle Ausnutzung nicht erhoffen.

26.

2434 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Buchscheiden im Jahre 1873.

**Bahnstrecke:** Lundenburg-Neudorf (Geleis II) . . 8,032 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagerecht: — — — — —

Vorkomm. Gefälle<sup>0/00</sup>: 3,496<sup>m</sup> 3,030<sup>m</sup> 3,333<sup>m</sup> 1,923<sup>m</sup> zus. 8,032 km lang

„ Steig. „ : — — — — —

Vorkr. Krümmungen

mit Halbmessern: — 1896<sup>m</sup> — 3068<sup>m</sup> zus. 3,867 km lang

Vork. Gerade: 2554<sup>m</sup> — 1611<sup>m</sup> — „ 4,165 „ „

Verwendung von Bremsen: wenig. 8,032 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |             | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                             | wurden Schienen aus-gewechselt |          |             | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y rechnerische Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |             |                            |
|---|--|-------------|--|-----------------------------|--------------------------------|----------|-------------|-------------------------|--|---|-------------|----------------------------|
|   | im Jahre   | zu-sammen x | für das Jahr   | Mittel-werth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zu-sammen y |                         |  |   |             |                            |
|   |  |             |  |                             |                                |          |             |                         |  |   | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |
| 1                                       | 2  | 3           | 4  | 5                           | 6                              | 7        | 8           | 9                       | 10   | 11  | 12          | 13                         |
| 1873                                    | 0,21   | 0,21        | —  | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | 926                        |
| 1874                                    | 1,39   | 1,60        | 2950   | —                           | 1                              | 0,04     | 0,04        | 1                       | 1  | 56,6  | —           | "                          |
| 1875                                    | 2,67   | 4,27        | 2968   | —                           | 3                              | 0,08     | 0,12        | 13                      | 14   | 146,0                                       | —           | "                          |
| 1876                                    | 2,88   | 7,15        | 3216   | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1877                                    | 2,90   | 10,05       | 3235   | —                           | —                              | —        | —           | 1                       | 19   | —   | —           | "                          |
| 1878                                    | 3,05   | 13,10       | 3288   | —                           | 5                              | 0,09     | 0,21        | 1                       | 20   | 233,9                                       | —           | "                          |
| 1879                                    | 3,22   | 16,32       | 3371   | —                           | 9                              | 0,16     | 0,37        | 1                       | 21   | 189,9                                       | —           | "                          |
| 1880                                    | 3,32   | 19,64       | 3353   | —                           | 12                             | 0,12     | 0,49        | —                       | 21   | 198,6                                       | —           | "                          |
| 1881                                    | 3,53   | 23,17       | 3421   | —                           | 17                             | 0,21     | 0,70        | —                       | 122  | 196,2                                       | —           | "                          |
| 1882                                    | 3,83   | 27,00       | 3454   | —                           | 20                             | 0,12     | 0,82        | —                       | 22   | 211,3                                       | —           | "                          |
| 1883                                    | 4,02   | 31,02       | 3490   | 3483                        | 23                             | 0,13     | 0,95        | —                       | 22   | 226,9                                       | 223,7       | "                          |
| 1884                                    | 3,94   | 34,96       | 3505   | —                           | 29                             | 0,24     | 1,19        | —                       | 22   | 232,9                                       | —           | "                          |
| 1885                                    | 4,12   | 39,08       | 3513   | —                           | 42                             | 0,54     | 1,73        | —                       | 22   | 211,0                                       | —           | "                          |
| 1886                                    | 4,23   | 43,31       | 3580   | 3613                        | 50                             | 0,32     | 2,05        | —                       | 325  | 215,0                                       | —           | "                          |
| 1887                                    | 4,46   | 47,77       | 3665   | —                           | 63                             | 0,54     | 2,59        | —                       | 126  | 211,3                                       | —           | "                          |
| 1888                                    | 4,91   | 52,68       | 3693   | —                           | 67                             | 0,16     | 2,75        | —                       | 127  | 222,0                                       | —           | "                          |

Im Vergleich mit den beiden vorstehenden Zusammenstellungen 24 und 25 handelt es sich hier um erheblich schlechtere Schienen, welche ganz erheblich schnellere Zerstörung und bedeutend mehr Brüche lieferten. Auf dieser Strecke wurde die Schwellenvermehrung nicht ausgeführt. Nachdem mit 1882 regelmäßige Verhältnisse erreicht waren, entsprach die Abnahme von vom Abschnitte 1882/84 bis 1885/88 mit 3,98% fast genau der Zunahme der Radlast um 3,78%.

27.

1880 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Ternitz im Jahre 1873.

**Bahnstrecke:** Angern-Dürnkrot (Geleis II) . . . . 6,205 km lang

**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: — — 661<sup>m</sup> — — 0,661 km lang  
 Vork. Gefälle ‰: — — 0,417<sup>m</sup> — — 2,371 " "  
 " Steig. " : 0,155<sup>m</sup> — — 0,25<sup>m</sup> 0,467<sup>m</sup> zus. 3,173 " "

Vork. Krümmungen mit Halbmessern: — 3034<sup>m</sup> — 1,252 km lang

Vorkomm. Gerade: 1017<sup>m</sup> — 3936<sup>m</sup> zus. 4,953 " "

Verwendung von Bremsen: wenig. 6,205 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |             | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                             | wurden Schienen aus-gewechselt |          |             | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y rechnerische Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |             |                            |
|---|--|-------------|--|-----------------------------|--------------------------------|----------|-------------|-------------------------|--|---|-------------|----------------------------|
|   | im Jahre   | zu-sammen x | für das Jahr   | Mittel-werth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zu-sammen y |                         |  |   |             |                            |
|   |  |             |  |                             |                                |          |             |                         |  |   | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |
| 1                                       | 2  | 3           | 4  | 5                           | 6                              | 7        | 8           | 9                       | 10   | 11  | 12          | 13                         |
| 1873                                    | 2,87   | 2,87        | 2830   | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | 900                        |
| 1874                                    | 2,98   | 5,85        | 2928   | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1875                                    | 2,92   | 8,77        | 2958   | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1876                                    | 3,16   | 11,93       | 3124   | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1877                                    | 3,19   | 15,12       | 3140   | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1878                                    | 3,47   | 18,59       | 3142   | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1879                                    | 3,57   | 22,16       | 3240   | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1880                                    | 3,66   | 25,82       | 3208   | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1881                                    | 3,86   | 29,68       | 3273   | 3229                        | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1882                                    | 4,19   | 33,87       | 3306   | —                           | —                              | —        | —           | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1883                                    | 4,41   | 38,28       | 3349   | —                           | 1                              | 0,05     | 0,05        | —                       | —  | 1210,7                                      | —           | "                          |
| 1884                                    | 4,32   | 42,60       | 3293   | —                           | 1                              | —        | 0,05        | —                       | —  | —   | —           | 926                        |
| 1885                                    | 4,49   | 47,09       | 3403   | —                           | 1                              | —        | 0,05        | —                       | —  | —   | —           | "                          |
| 1886                                    | 4,56   | 51,65       | 3448   | —                           | 2                              | 0,06     | 0,11        | —                       | —  | 1101,5                                      | —           | "                          |
| 1887                                    | 4,82   | 56,47       | 3494   | —                           | 3                              | 0,05     | 0,16        | —                       | —  | 998,7                                       | —           | "                          |
| 1888                                    | 5,25   | 61,72       | 3543   | —                           | 3                              | —        | 0,16        | —                       | —  | 1091,5                                      | —           | "                          |

Hier hat die Zerstörung erst so spät begonnen, daß die bisher gewonnenen Ergebnisse, welche übrigens schon ziemlich regelmäßige erscheinen, noch nicht als maßgebend angesehen werden können. Sowohl die hohen Zerstörungslasten, wie das gänzliche Fehlen von Brüchen weisen auf eine ungewöhnliche Güte der Lieferung hin.

28.

2250 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Witkowitz im Jahre 1875.

**Bahnstrecke:** Napagedl-Tlumatschau (Geleis II) . 7,424 km lang

**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: — 300<sup>m</sup> — 1139<sup>m</sup> — 759<sup>m</sup> — 178<sup>m</sup> zus. 2,376 km lang  
 Vork. Gefälle ‰: — — 2,703 — 1,786 — — — 2,072 " "  
 " Steig. " : 1,613 — — — — 0,556 — — — 2,976 " "

Vork. Krümm. mit Halb. : — 1896<sup>m</sup> — 1517<sup>m</sup> — 948<sup>m</sup> — — zus. 2,950 km lang

Vork. Gerade: 1461<sup>m</sup> — 592<sup>m</sup> — 2243<sup>m</sup> — 178<sup>m</sup> " 4,474 " "

Verwendung von Bremsen: sehr wenig. 7,444 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |             | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                             | wurden Schienen aus-gewechselt |          |             | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y rechnerische Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |             |                            |
|---|--|-------------|--|-----------------------------|--------------------------------|----------|-------------|-------------------------|--|---|-------------|----------------------------|
|   | im Jahre   | zu-sammen x | für das Jahr   | Mittel-werth mehrerer Jahre | zus. Stück                     | im Jahre | zu-sammen y |                         |  |   |             |                            |
|   |  |             |  |                             |                                |          |             |                         |  |   | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |
| 1                                       | 2  | 3           | 4  | 5                           | 6                              | 7        | 8           | 9                       | 10   | 11  | 12          | 13                         |
| 1875                                    | 1,79   | 1,79        | 3020   | —                           | —                              | 1,04     | 0,04        | 6                       | 6  | 63,2  | —           | 900                        |
| 1876                                    | 2,86   | 4,65        | 3269   | —                           | —                              | 3,09     | 0,13        | 5                       | 11   | 91,2  | —           | "                          |
| 1877                                    | 2,89   | 7,54        | 3284   | —                           | —                              | 4,05     | 0,18        | 2                       | 13   | 125,7                                       | —           | "                          |
| 1878                                    | 3,02   | 10,56       | 3323   | —                           | —                              | 19,06    | 0,84        | 4                       | 17   | 81,7  | —           | "                          |
| 1879                                    | 3,23   | 13,79       | 3421   | —                           | —                              | 31,05    | 1,38        | 4                       | 21   | 83,3  | —           | "                          |
| 1880                                    | 3,31   | 17,10       | 3397   | —                           | —                              | 61,33    | 2,71        | 2                       | 23   | 73,9  | —           | "                          |
| 1881                                    | 3,53   | 20,63       | 3453   | —                           | —                              | 78,07    | 3,47        | —                       | 23   | 79,0  | 82,9        | "                          |
| 1882                                    | 3,86   | 24,49       | 3479   | 3466                        | —                              | 104,15   | 4,62        | —                       | 23   | 81,5  | —           | "                          |
| 1883                                    | 4,05   | 28,54       | 3517   | —                           | —                              | 120,07   | 5,33        | —                       | 23   | 88,6  | —           | "                          |
| 1884                                    | 3,96   | 32,50       | 3532   | —                           | —                              | 145,11   | 6,44        | 1                       | 24   | 92,1  | —           | 926                        |
| 1885                                    | 4,15   | 36,65       | 3615   | —                           | —                              | 162,07   | 7,20        | 4                       | 28   | 98,4  | —           | "                          |
| 1886                                    | 4,25   | 40,90       | 3611   | 3646                        | —                              | 181,04   | 8,04        | 2                       | 30   | 104,1                                       | 104,0       | "                          |
| 1887                                    | 4,46   | 45,36       | 3665   | —                           | —                              | 108,120  | 9,24        | —                       | 30   | 108,0                                       | —           | "                          |
| 1888                                    | 4,91   | 50,27       | 3693   | —                           | —                              | 271,280  | 12,04       | 6                       | 36   | 105,6                                       | —           | "                          |

Werden hier die unregelmäßigen Anfangsjahre bis 1877 ausgeschieden, so gibt der Abschnitt 1885/88 gegen den 1878/84 eine Zunahme der Größe a um 25,5%, welche gegenüber einer Zunahme der Radlast um 5,2% aus der Schwellenvermehrung nicht erklärt werden kann. Es zeigt sich hier ein auf mehreren Strecken beobachtetes Steigen der Zerstörungslast a etwa von 1880 an, welches wohl aus der allmählichen Ausmerzung von Ungleichmäßigkeiten der Lieferung zu erklären ist. Uebrigens lassen die vielen Brüche, trotz der geringen Widerstandsfähigkeit gegen Zerstörung, auf sprödes Metall schließen.

29.

314 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Ternitz im Jahre 1877.

**Bahnstrecke:** Wien-Floridsdorf (Geleis II) . . . . 1,040 km lang

**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: — — 131<sup>m</sup> — — 0,131 km lang  
 Vorkomm. Gefälle ‰: 2,00<sup>m</sup> — — — — 0,011 " "  
 " Steig. " : — — — — 2,08<sup>m</sup> — — — — 0,898 " "

Vork. Krümmungen mit Halbmessern: 459<sup>m</sup> — 816<sup>m</sup> — — zus. 0,338 km lang

Vork. Gerade: — 674<sup>m</sup> — — 28<sup>m</sup> " 0,702 " "

Verwendung von Bremsen: wenig. 1,040 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden aus-gewechselt |          |            | sind Schienen gebrochen |          | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |      |
|---|--|------------|--|----------------------------|-----------------------|----------|------------|-------------------------|----------|--|----------------------------|---|------|
|   | im Jahre   | zusammen x | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück            | im Jahre | zusammen y | im Jahre                | zusammen | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |      |
|   |  |            |  |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            |   | in % |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                          | 6                     | 7        | 8          | 9                       | 10       | 11   | 12                         | 13  |      |
| 1877                                    | 1,09   | 1,09       | 3208   |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            | 926   |      |
| 1878                                    | 3,61   | 4,70       | 3179   |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            | "   |      |
| 1879                                    | 3,69   | 8,39       | 3249   |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            | "   |      |
| 1880                                    | 3,68   | 12,07      | 3212   |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            | "   |      |
| 1881                                    | 3,99   | 16,06      | 3251   |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            | "   |      |
| 1882                                    | 4,28   | 20,34      | 3281   |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            | "   |      |
| 1883                                    | 4,46   | 24,80      | 3276   |                            | 1                     | 0,32     | 0,32       |                         |          | 310,4  |                            | "   |      |
| 1884                                    | 4,59   | 29,39      | 3333   |                            | 2                     | 0,32     | 0,64       |                         |          | 260,5  |                            | "   |      |
| 1885                                    | 4,79   | 34,18      | 3362   | 3384                       | 3                     | 0,32     | 0,96       |                         |          | 246,7  |                            | "   |      |
| 1886                                    | 4,93   | 39,11      | 3375   |                            | 3                     |          | 0,96       |                         |          |  |                            |   | "    |
| 1887                                    | 5,23   | 44,34      | 3447   |                            | 4                     | 0,31     | 1,27       |                         |          |  | 272,9                      |   | "    |
| 1888                                    | 5,57   | 49,91      | 3513   |                            | 4                     |          | 1,27       |                         |          |  |                            |   | "    |

Obwohl die Beobachtungszeit in Folge der erst spät beginnenden Zerstörung kurz ist, können die Ergebnisse ihrer Regelmäßigkeit wegen doch schon als maßgebend angesehen werden.

30.

1320 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Witkowitz im Jahre 1879.

**Bahnstrecke:** Schönbrunn-Ostrau (Geleis II) . . . 4,358 km lang  
**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: 200m — — — — — 0,200 km lang  
 Vork. Gefälle 0/00: — — — — — 0,25m — — — — — 0,080 " "  
 " Steig. " : — 1,00m 1,818m 1,00m — 1,00m zus. 4,078 " "  
 4,358 km lang  
 Vork. Krümmungen mit Halbmessern: — 1517m — 759m zus. 0,970 km lang  
 Vork. Gerade: 2220m — 1168m — " 3,388 " "  
 4,358 km lang

Verwendung von Bremsen: wenig.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden aus-gewechselt |          |            | sind Schienen gebrochen |          | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |      |
|---|--|------------|--|----------------------------|-----------------------|----------|------------|-------------------------|----------|--|----------------------------|---|------|
|   | im Jahre   | zusammen x | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück            | im Jahre | zusammen y | im Jahre                | zusammen | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |      |
|   |  |            |  |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            |   | in % |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                          | 6                     | 7        | 8          | 9                       | 10       | 11   | 12                         | 13  |      |
| 1879                                    | 3,16   | 3,16       | 3502   |                            |                       |          |            | 1                       | 1        |  |                            | 926   |      |
| 1880                                    | 4,56   | 7,72       | 3482   |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            | "   |      |
| 1881                                    | 4,97   | 12,69      | 3550   |                            | 8                     | 0,45     | 0,45       |                         |          | 1  | 133,8                      | "   |      |
| 1882                                    | 5,48   | 18,17      | 3567   |                            | 20                    | 1,52     | 1,97       |                         |          | 1  | 92,0                       | "   |      |
| 1883                                    | 5,62   | 23,79      | 3548   | 3573                       | 22                    | 0,15     | 2,12       |                         |          | 1  | 2116,2                     | "   |      |
| 1884                                    | 5,53   | 29,32      | 3593   |                            | 46                    | 0,30     | 2,42       |                         |          |  | 2                          | 134,1                                       | "    |
| 1885                                    | 5,66   | 34,98      | 3623   |                            | 61                    | 2,22     | 4,64       |                         |          | 4  | 6116,2                     | "   |      |
| 1886                                    | 5,84   | 40,82      | 3652   | 3685                       | 82                    | 1,61     | 6,25       |                         |          | 1  | 7117,3                     | "   |      |
| 1887                                    | 6,41   | 47,23      | 3712   |                            | 118                   | 2,68     | 8,93       |                         |          |  | 7                          | 114,3                                       | "    |
| 1888                                    | 7,02   | 54,25      | 3751   |                            | 157                   | 2,95     | 11,88      |                         |          |  | 3                          | 10114,7                                     | "    |

Trotz der großen Zahl zerstörter Schienen, welche in der vergleichsweise niedrigen Zerstörungslast ihren Ausdruck findet, zeigt sich hier im Ganzen eine sehr gute Uebereinstimmung mit der Regel. Die Abweichungen ergeben auch hier trotz der steigenden Radlast etwas steigende Werthe von a. Eine Schwellenvermehrung fand auf der Strecke nicht statt. Auch hier zeigen die vielen Brüche sprödes Metall an.

31.

1732 Stück Bessemerstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Witkowitz im Jahre 1880.

**Bahnstrecke:** Prerau-Leipnik (Geleis II) . . . 5,719 km lang  
**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: — — — — —  
 Vorkomm. Gefälle 0/00: 3,267m 3,703m 2,381m 1,000m zus. 5,719 km lang  
 " Steig. " : — — — — —  
 Vork. Krümm. mit Halbm.: — 1517m — 759m — 729m zus. 2,701 km lang  
 Vork. Gerade: 2434m — 143m — 441m — " 3,018 " "  
 5,719 km lang

Verwendung von Bremsen: viel.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm |                            | wurden aus-gewechselt |          |            | sind Schienen gebrochen |          | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |                            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |      |   |
|---|--|------------|--|----------------------------|-----------------------|----------|------------|-------------------------|----------|--|----------------------------|---|------|---|
|   | im Jahre   | zusammen x | für das Jahr   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück            | im Jahre | zusammen y | im Jahre                | zusammen | für d. Jahr  | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |      |   |
|   |  |            |  |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            |   | in % |   |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                          | 6                     | 7        | 8          | 9                       | 10       | 11   | 12                         | 13  |      |   |
| 1880                                    | 3,06   | 3,06       | 3474   |                            |                       |          |            |                         |          |  |                            | 926   |      |   |
| 1881                                    | 4,70   | 7,76       | 3547   |                            |                       | 6        | 0,35       | 0,35                    | 1        | 1  | 92,8                       | "   |      |   |
| 1882                                    | 5,13   | 12,89      | 3562   | 3583                       |                       | 20       | 0,81       | 1,16                    |          | 1  | 84,9                       | "   |      |   |
| 1883                                    | 5,35   | 18,24      | 3594   |                            |                       |          | 37         | 0,98                    | 2,14     |  | 1                          | 88,6  | "    |   |
| 1884                                    | 5,21   | 23,45      | 3630   |                            |                       | 59       | 1,27       | 3,41                    |          | 1  | 90,5                       | "   |      |   |
| 1885                                    | 5,36   | 28,81      | 3650   |                            |                       | 88       | 1,67       | 5,08                    |          | 1  | 91,5                       | "   |      |   |
| 1886                                    | 5,55   | 34,36      | 3710   | 3721                       |                       | 116      | 1,62       | 6,70                    |          | 1  | 95,5                       | "   |      |   |
| 1887                                    | 6,00   | 40,36      | 3754   |                            |                       |          | 155        | 2,25                    | 8,95     |  | 2                          | 3   | 97,6 | " |
| 1888                                    | 6,64   | 47,00      | 3769   |                            |                       |          | 206        | 2,94                    | 11,89    |  | 4                          | 7   | 99,4 | " |

Hier ist von vorn herein die Entwicklung der Zerstörungslast, wie auch deren allmähliches Steigen trotz wachsender Radlast sehr regelmäsig. Die Bremsen werden zwar viel gebraucht, aber da auch das regelmäsig geschieht, so ist dadurch wohl die Zerstörungslast herabgedrückt, die Regelmäßigkeit aber nicht gestört. Eine Vermehrung der Schwellen fand hier nicht statt.

b) Martinstahlschienen.

32.

400 Stück Martinstahl-Schienen, Querschnitt A, Fig. 85, geliefert vom Stahlwerk Floridsdorf im Jahre 1871.

**Bahnstrecke:** Süßenbrunn-Wagram (Geleis II) . . 1,325 km lang  
**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: — — — — — 353m 0,353 km lang  
 Vorkomm. Gefälle 0/00: 1,00m — 1,20m — — — — — 0,312 " "  
 " Steig. " : — 0,20m — — — — — 0,660 " "  
 1,325 km lang  
 Vork. Krümmungen mit Halbmessern: — — — — —  
 " Gerade: 1325m . . . . 1,325 km lang

Verwendung von Bremsen: wenig.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |           | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden aus-gewechselt |                             |            | sind Schienen gebrochen |             | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnerische Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |          | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |             |                            |
|---|--|-----------|--|-----------------------|-----------------------------|------------|-------------------------|-------------|---|----------|---|-------------|----------------------------|
|   | im Jahre x   | zu-sammen |  | für das Jahr          | Mittel-werth mehrerer Jahre | zus. Stück | im Jahre                | zu-sammen y | im Jahre  | zusammen |   | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |
|   |  |           |  |                       |                             |            |                         |             |   |          |   |             |                            |
| 1871                                    | 1,17   | 1,17      | 1860   |                       |                             |            |                         |             |   |          |   | 1000        |                            |
| 1872                                    | 3,38   | 4,55      | 2570   |                       |                             |            |                         |             |   |          |   | "           |                            |
| 1873                                    | 3,71   | 8,26      | 2775   |                       |                             |            |                         |             |   |          |   | "           |                            |
| 1874                                    | 3,33   | 11,59     | 2923   |                       |                             |            | 1                       | 1           |   |          |   | "           |                            |
| 1875                                    | 3,18   | 14,77     | 2945   |                       | 2                           | 0,50       | 0,50                    |             | 1   | 147,9    |   | "           |                            |
| 1876                                    | 3,47   | 18,24     | 3160   |                       | 8                           | 1,50       | 2,00                    |             | 1   | 91,7     |   | "           |                            |
| 1877                                    | 3,42   | 21,66     | 3152   |                       | 12                          | 1,00       | 3,00                    |             | 2   | 89,1     |   | "           |                            |
| 1878                                    | 3,51   | 25,17     | 3195   |                       | 15                          | 0,75       | 3,75                    |             | 2   | 92,8     |   | "           |                            |
| 1879                                    | 3,59   | 28,76     | 3264   |                       | 16                          | 0,25       | 4,00                    |             | 2   | 102,7    |   | "           |                            |
| 1880                                    | 3,58   | 32,34     | 3244   |                       | 19                          | 0,75       | 4,75                    |             | 2   | 106,2    |   | "           |                            |
| 1881                                    | 3,86   | 36,20     | 3301   | 3322                  | 20                          | 0,25       | 5,00                    |             | 2   | 115,9    | 116,4                                       | 123,1       |                            |
| 1882                                    | 4,13   | 40,33     | 3341   |                       | 23                          | 0,75       | 5,75                    |             | 2   | 120,7    |   |             |                            |
| 1883                                    | 4,31   | 44,64     | 3372   |                       | 28                          | 1,25       | 7,00                    |             | 2   | 121,4    |   | "           |                            |
| 1884                                    | 4,46   | 49,10     | 3410   |                       | 29                          | 0,25       | 7,25                    |             | 2   | 131,3    |   | 926         |                            |
| 1885                                    | 4,65   | 53,75     | 3442   |                       | 31                          | 0,50       | 7,75                    |             | 2   | 139,5    |   | "           |                            |
| 1886                                    | 4,74   | 58,49     | 3464   | 3465                  | 33                          | 0,50       | 8,25                    |             | 2   | 147,1    | 151,0                                       | "           |                            |
| 1887                                    | 5,03   | 63,52     | 3521   |                       | 35                          | 0,50       | 8,75                    |             | 2   | 155,1    |   | "           |                            |
| 1888                                    | 5,43   | 68,95     | 3444   |                       | 38                          | 0,75       | 9,50                    |             | 1   | 162,2    |   | "           |                            |

In wesentlicher Uebereinstimmung mit der Zusammenstellung 18 über Schweißmetallschienen ergibt sich hier bei sehr hoher Radlast, welche steigt, auch ein sehr regelmäßiges Steigen der Ausnutzungsziffer, und zwar über das Maß hinaus, welches aus der Schwellenvermehrung zu erklären wäre, auch unabhängig von deren Eintritte. Hier wie in 18 haben die günstigen Streckenverhältnisse wohl vortheilhaft gewirkt, während in anderen Fällen der nicht nachgewiesene Einfluss ungünstiger Strecken vielleicht gleiche Erscheinungen verhindert hat. Zur genauen Erforschung der Erscheinung würde wahrscheinlich auch eine genaue Feststellung der Härteverhältnisse der ganzen Lieferung wesentlich beitragen, da in deren Schwankungen vermuthlich der Hauptgrund der Vergrößerung von a liegt. Durch allmälige Ausmerzung der weicheren Schienen muß die durchschnittliche Härte des Restbestandes fortwährend wachsen.

33.

3446 Stück Martinstahl-Schienen, Querschnitt A, Fig. 85, geliefert vom Stahlwerk Floridsdorf im Jahre 1872.

**Bahnstrecke:** Wagram-Gänserndorf (Geleis II) . 11,376 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagerecht: — 134<sup>m</sup> — — — — 0,134 km lang

Vork. Gefälle 0/00: — — 0,555<sup>m</sup> — — 0,125<sup>m</sup> 1,00<sup>m</sup> zus. 7,374 " "

" Steig. " : 2,00<sup>m</sup> — — 0,106<sup>m</sup> — — " 3,368 " "

zusammen 11,376 km lang

Vorkomm. Krümmungen mit Halbmessern: —

" Gerade: 11376<sup>m</sup> . . 11,376 km lang

Verwendung von Bremsen: wenig.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |           | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden aus-gewechselt |                             |            | sind Schienen gebrochen |             | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnerische Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |          | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |             |                            |
|---|--|-----------|--|-----------------------|-----------------------------|------------|-------------------------|-------------|---|----------|---|-------------|----------------------------|
|   | im Jahre x   | zu-sammen |  | für das Jahr          | Mittel-werth mehrerer Jahre | zus. Stück | im Jahre                | zu-sammen y | im Jahre  | zusammen |   | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |
|   |  |           |  |                       |                             |            |                         |             |   |          |   |             |                            |
| 1872                                    | 2,38   | 2,38      | 2895   |                       |                             |            |                         |             |   |          |   | 1000        |                            |
| 1873                                    | 3,55   | 5,93      | 2850   |                       |                             |            |                         |             |   |          |   | "           |                            |
| 1874                                    | 3,25   | 9,18      | 2915   |                       | 4                           | 0,12       | 0,12                    |             | 6   | 9        | 187,4                                       | "           |                            |
| 1875                                    | 3,18   | 12,36     | 2963   |                       | 5                           | 0,03       | 0,15                    |             | 7   | 16       | 225,8                                       | "           |                            |
| 1876                                    | 3,44   | 15,80     | 3160   |                       | 9                           | 0,12       | 0,27                    |             | 2   | 18       | 215,2                                       | "           |                            |
| 1877                                    | 3,41   | 19,21     | 3152   |                       | 13                          | 0,11       | 0,38                    |             | 1   | 18       | 218,5                                       | "           |                            |
| 1878                                    | 3,51   | 22,72     | 3191   |                       | 22                          | 0,26       | 0,64                    |             | 1   | 19       | 201,1                                       | "           |                            |
| 1879                                    | 3,59   | 26,31     | 3262   |                       | 32                          | 0,32       | 0,96                    |             | 2   | 21       | 190,3                                       | "           |                            |
| 1880                                    | 3,59   | 29,90     | 3222   |                       | 60                          | 0,49       | 1,45                    |             | 2   | 21       | 176,2                                       | "           |                            |
| 1881                                    | 3,84   | 33,74     | 3306   |                       | 84                          | 0,99       | 2,44                    |             | 2   | 23       | 152,1                                       | "           |                            |
| 1882                                    | 4,13   | 37,87     | 3336   | 3328                  | 98                          | 0,43       | 2,87                    |             | 2   | 23       | 159,2                                       | 166,2       |                            |
| 1883                                    | 4,31   | 42,18     | 3372   |                       | 108                         | 0,47       | 3,34                    |             | 2   | 23       | 164,6                                       |             |                            |
| 1884                                    | 4,46   | 46,64     | 3404   |                       | 112                         | 0,11       | 3,45                    |             | 2   | 23       | 179,1                                       | 926         |                            |
| 1885                                    | 4,65   | 51,29     | 3435   |                       | 158                         | 1,07       | 4,52                    |             | 2   | 23       | 171,6                                       |             |                            |
| 1886                                    | 4,74   | 56,03     | 3464   | 3466                  | 167                         | 0,26       | 4,78                    |             | 1   | 24       | 183,4                                       | 178,0       |                            |
| 1887                                    | 5,03   | 61,06     | 3521   |                       | 212                         | 1,37       | 6,15                    |             | 2   | 24       | 176,9                                       |             |                            |
| 1888                                    | 3,00   | 64,06     | 3444   |                       | 223                         | 0,32       | 6,47                    |             | 4   | 28       | 180,3                                       |             |                            |

Unter Berücksichtigung des Anwachsens der Radlast um 4,1 % vom Abschnitte 1880/84 bis 1885/88 hat eine Steigerung der Zahl a zwischen diesen Abschnitten um 7,1 + 4,1 = 11,2 % stattgefunden, die auch wieder auf ein allmäliges Zunehmen von a hinweist, weil sie allein aus der Schwellenvermehrung wohl nicht zu erklären ist.

34.

234 Stück Martinstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert vom Stahlwerk Floridsdorf im Jahre 1873.

**Bahnstrecke:** Oswiecim-Libiac (eingleisige Bahn) . 0,772 km lang

**Anlageverhältnisse:**

wagerecht: 772<sup>m</sup> . . 0,772 km lang

Vorkommende Gefälle 0/00: — — — — —

" Steig. " : — — — — —

" Krümmungen mit Halbmessern: — — — — —

" Gerade: 772<sup>m</sup> . . 0,772 km lang

Verwendung von Bremsen: keine.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |           | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden aus-gewechselt |                             |            | sind Schienen gebrochen |             | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnerische Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |          | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |             |                            |
|---|--|-----------|--|-----------------------|-----------------------------|------------|-------------------------|-------------|---|----------|---|-------------|----------------------------|
|   | im Jahre x   | zu-sammen |  | für das Jahr          | Mittel-werth mehrerer Jahre | zus. Stück | im Jahre                | zu-sammen y | im Jahre  | zusammen |   | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |
|   |  |           |  |                       |                             |            |                         |             |   |          |   |             |                            |
| 1873                                    | 1,43   | 1,43      | 2250   |                       |                             |            |                         |             |   |          |   | 900         |                            |
| 1874                                    | 2,21   | 3,64      | 2350   |                       |                             |            |                         |             |   |          |   | "           |                            |
| 1875                                    | 1,79   | 5,43      | 2286   |                       | 1                           | 0,42       | 0,42                    |             | 1   | 1        | 59,3  | "           |                            |
| 1876                                    | 1,95   | 7,38      | 2436   |                       | 1                           | —          | 0,42                    |             | 1   | —        | —   | "           |                            |
| 1877                                    | 2,44   | 9,82      | 2510   |                       | 1                           | —          | 0,42                    |             | 1   | —        | —   | "           |                            |
| 1878                                    | 2,42   | 12,24     | 2517   |                       | 1                           | —          | 0,42                    |             | 1   | —        | —   | "           |                            |
| 1879                                    | 2,34   | 14,58     | 2628   |                       | 1                           | —          | 0,42                    |             | 1   | —        | —   | "           |                            |
| 1880                                    | 2,37   | 16,95     | 2601   |                       | 2                           | 0,43       | 0,85                    |             | 1   | 1        | 130,2                                       | "           |                            |
| 1881                                    | 2,36   | 19,31     | 2707   |                       | 6                           | 1,71       | 2,56                    |             | 1   | 1        | 85,9  | "           |                            |
| 1882                                    | 2,71   | 22,02     | 2754   | 2747                  | 8                           | 0,86       | 3,42                    |             | 1   | 1        | 85,0  | 82,0        |                            |
| 1883                                    | 2,66   | 24,68     | 2745   |                       | 11                          | 1,28       | 4,70                    |             | 1   | 1        | 80,5  |             |                            |
| 1884                                    | 2,65   | 27,33     | 2784   |                       | 15                          | 1,71       | 6,41                    |             | 1   | 1        | 76,5  | 926         |                            |
| 1885                                    | 2,75   | 30,08     | 2807   |                       | 19                          | 1,71       | 8,12                    |             | 1   | 1        | 76,2  |             |                            |
| 1886                                    | 2,68   | 32,76     | 2810   | 2874                  | 20                          | 0,43       | 8,55                    |             | 1   | 1        | 78,6  | 78,2        |                            |
| 1887                                    | 2,97   | 35,73     | 2863   |                       | 24                          | 1,71       | 10,26                   |             | 1   | 1        | 81,0  |             |                            |
| 1888                                    | 3,15   | 38,88     | 3014   |                       | 32                          | 3,42       | 13,68                   |             | 1   | 1        | 77,0  |             |                            |

Auf dieser für Beobachtungen besonders günstig liegenden Strecke, auf der bei Umwandlung des festen in den schwebenden Stofs eine geringe Vergrößerung der Schwellentheilung eintrat, zeigt sich durchweg ein Fallen der Zerstörungslast, das der Zunahme der Radlast also dem aufgestellten Gesetze fast ganz genau entspricht.

35.

430 Stück Martinstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert vom Stahlwerk Floridsdorf im Jahre 1872.

**Bahnstrecke:** Oswiecim-Libiac (eingleisige Bahn) . 1,120 km lang  
**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: 1120m . . 1,120 km lang  
 Vorkommende Gefälle ‰: —  
 „ Steig. „ : —  
 „ Krümmungen mit Halbmessern: —  
 „ Gerade: 1120m . . 1,120 km lang  
 Verwendung von Bremsen: keine.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden Schienen aus-gewechselt |                            |            | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |             |                            |
|---|--|------------|--|--------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------|--|------------|---|-------------|----------------------------|
|   | im Jahre   | zusammen x |  | für das Jahr                   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück |                         | im Jahre   | zusammen y |   | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                              | 6                          | 7          | 8                       | 9  | 10         | 11  | 12          | 13                         |
| 1872                                    | 0,27   | 0,27       | 2250   |                                |                            |            |                         |  |            |   |             | 900                        |
| 1873                                    | 1,95   | 2,22       | 2250   |                                |                            |            |                         |  |            |   |             | „                          |
| 1874                                    | 2,21   | 4,43       | 2350   |                                |                            |            |                         |  |            |   |             | „                          |
| 1875                                    | 1,79   | 6,22       | 2286   |                                | 1                          | 0,23       | 0,23                    | 1  | 1          | 91,8  |             | „                          |
| 1876                                    | 1,95   | 8,17       | 2436   |                                | 1                          | —          | —                       | —  | 1          | —   |             | „                          |
| 1877                                    | 2,44   | 10,61      | 2510   |                                | 1                          | —          | —                       | —  | 1          | —   |             | „                          |
| 1878                                    | 2,42   | 13,03      | 2517   |                                | 1                          | —          | —                       | —  | 1          | —   |             | „                          |
| 1879                                    | 2,34   | 15,37      | 2628   |                                | 2                          | 0,24       | 0,47                    | —  | 1          | 158,7                                       |             | „                          |
| 1880                                    | 2,37   | 17,74      | 2601   |                                | 3                          | 0,23       | 0,70                    | —  | 1          | 150,2                                       |             | „                          |
| 1881                                    | 2,36   | 20,10      | 2707   |                                | 6                          | 0,70       | 1,40                    | —  | 1          | 119,9                                       |             | „                          |
| 1882                                    | 2,71   | 22,81      | 2754   | 2747                           | 6                          | —          | —                       | —  | 1          | —   | 136,9       | „                          |
| 1883                                    | 2,66   | 25,47      | 2745   |                                | 6                          | —          | —                       | —  | 1          | —   |             | —                          |
| 1884                                    | 2,65   | 28,12      | 2784   |                                | 7                          | 0,23       | 1,63                    | —  | 1          | 154,4                                       | 125,5       | 926                        |
| 1885                                    | 2,75   | 30,87      | 2807   |                                | 14                         | 1,63       | 3,26                    | —  | 1          | 121,9                                       |             | „                          |
| 1886                                    | 2,68   | 33,55      | 2810   | 2874                           | 15                         | 0,23       | 3,49                    | —  | 1          | 2   | 128,1       | „                          |
| 1887                                    | 2,97   | 36,52      | 2863   |                                |                            | 21         | 1,39                    | 4,88   | —          | 2   | 118,4       | „                          |
| 1888                                    | 3,05   | 39,67      | 3014   |                                |                            | 30         | 2,10                    | 6,98   | —          | 2   | 108,1       | „                          |

Die Beobachtungsstrecke entspricht der der Zusammenstellung 34 in jeder Beziehung vollkommen. Große Unregelmäßigkeiten zeigen sich bis 1884, sodafs sich aus dem Fallen der von da an gesetzmäßiger entwickelten Zahl a keine Schlüsse ziehen lassen. Uebrigens erkennt man aus der Vergleichung von 34 mit 35, welche unter ganz gleichen Verhältnissen bei Schienen desselben Werkes, jedoch verschiedener Lieferungsjahre, einen Unterschied der Ausnutzungszahl a von 52,3% in den regelmässigen Jahren von 1885 an erkennen läfst, den Nutzen einer

Berechnung der a-Werthe für die Beurtheilung des Werthes der Schienen, da sie nach Ausweis dieses Vergleiches einen schätzbaren Vergleichsmafsstab verschiedener Schienen liefern. Gleich große Abweichungen der Rechnungsergebnisse für a kommen trotz der vielfachen vernachlässigten Einflüsse innerhalb einer Schienenlieferung nicht vor, bei den ganz gleichen Verhältnissen kann der Unterschied zwischen 34 und 35 also nur durch eine erhebliche Verschiedenheit der Güte der Schienen erklärt werden.

36.

2516 Stück Martinstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Graz im Jahre 1881.

**Bahnstrecke:** Prerau-Leipnik (Geleis II) . . . . . 8,306 km lang  
**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: —  
 Vorkommende Gefälle ‰: 3,266m . . . . . 8,306 km lang  
 „ Steig. „ : —  
 Vork. Krümm. m. Halb: —  
 550m — 759m — 759m — 759m — 1517m — 1517m — zus. 3,011 km lang  
 Vork. Gerade: —  
 — 1088m — 1428m — 403m — 659m — 1147m — 570m „ 5,295 „ „  
 Verwendung von Bremsen: keine. 8,306 km lang

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden Schienen aus-gewechselt |                            |            | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen |            | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |             |                            |
|---|--|------------|--|--------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------|--|------------|---|-------------|----------------------------|
|   | im Jahre   | zusammen x |  | für das Jahr                   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück |                         | im Jahre   | zusammen y |   | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |
| 1                                       | 2  | 3          | 4  | 5                              | 6                          | 7          | 8                       | 9  | 10         | 11  | 12          | 13                         |
| 1881                                    | 2,71   | 2,71       | 3546   |                                |                            |            |                         |  |            |   |             | 926                        |
| 1882                                    | 5,13   | 7,84       | 3562   |                                | 1                          | 0,04       | 0,04                    | —  | —          | 277,2                                       |             | „                          |
| 1883                                    | 5,35   | 13,19      | 3593   | 3611                           | 5                          | 0,20       | 0,24                    | —  | —          | 190,5                                       | 193,4       | „                          |
| 1884                                    | 5,21   | 18,40      | 3630   |                                | 9                          | 0,20       | 0,44                    | —  | —          | 196,4                                       |             | „                          |
| 1885                                    | 5,36   | 23,76      | 3650   | 3721                           | 15                         | 0,28       | 0,72                    | —  | —          | 197,9                                       | 222,3       | 209,4                      |
| 1886                                    | 5,65   | 29,31      | 3710   |                                | 16                         | 0,05       | 0,77                    | —  | —          | 234,4                                       |             | „                          |
| 1887                                    | 6,00   | 35,31      | 3754   |                                | 20                         | 0,18       | 0,95                    | —  | —          | 256,8                                       |             | „                          |
| 1888                                    | 6,64   | 41,95      | 3769   | 47                             | 1,27                       | 2,22       | 1                       | 1  | 200,2      | „   |             |                            |

Wenn hier 1% Zerstörung auch erst im letzten Beobachtungsjahre erreicht wurde, so gestattet das offenbar gute Verhalten doch gewisse Schlüsse auf den Werth dieser Schienen, welche mit den in 34 und 35 behandelten Martinstahlschienen gleichen Querschnittes, aber von verschiedenen Werken geliefert sind. Von 1883/84 bis 1885/88 fand hier, trotzdem die Strecke von der Schwellenvermehrung ausgeschlossen blieb, unter Berücksichtigung der Zunahme der Radlast um 3% ein Anwachsen von a um 14,9 + 3 = 17,9% statt, was wieder auf eine besondere Güte aber nicht ganz gleiche Widerstandsfähigkeit der Lieferung um so mehr schliessen läfst, als bei an sich hohen Werthen für a nur ein einziger Schienenbruch vorkam.

37.

396 Stück Martinstahl-Schienen, Querschnitt B, Fig. 86, geliefert von Graz im Jahre 1882.

**Bahnstrecke:** Dürnkrot-Drösing (Geleis II) . . . 1,307 km lang  
**Anlageverhältnisse:**  
 wagerecht: — — —  
 Vorkomm. Gefälle ‰: 1,961<sup>m</sup> 0,645<sup>m</sup> — zus. 1,183 km lang  
 „ Steig. „ : — — 0,155<sup>m</sup> „ 0,124 „ „  
 „ „ „ „ „ „ 1,307 km lang  
 Vorkomm. Krümmungen mit Halbmessern: —  
 „ Gerade: 1307<sup>m</sup> 1,307 km lang  
 Verwendung von Bremsen: wenig.

| Im Jahre (bezw. einschl. bis zum Jahre) | sind über diese Bahnstrecke Millionen Brutto-Tonnen gefahren |            | betrug die durchschnittliche Radbelastung in Kilogramm | wurden Schienen aus-gewechselt |                            |            | sind Schienen gebrochen | berechnet ergibt sich für jedes x und y (Spalte 3 und 8) rechnermäßige Ausnutzungsfähigkeit in Millionen Brutto-Tonnen | größte vorkommende Schienenstützweite in mm |          |             |          |          |             |                            |   |   |     |
|---|--|------------|--|--------------------------------|----------------------------|------------|-------------------------|--|---|----------|-------------|----------|----------|-------------|----------------------------|---|---|-----|
|   | im Jahre   | zusammen x |  | für das Jahr                   | Mittelwerth mehrerer Jahre | zus. Stück |                         |  |   | im Jahre | zu-sammen y | im Jahre | zusammen | für d. Jahr | Mittelwerth mehrerer Jahre |   |   |     |
|   |  |            |  |                                |                            |            |                         |  |   |          |             |          |          |             |                            | 6 | 7 | 8   |
| 1882                                    | 2,86   | 2,86       | 3300   |                                | —                          | —          | —                       | —  | —   | —        | —           | —        | —        | —           | —                          | — | — | 926 |
| 1883                                    | 4,35   | 7,21       | 3349   |                                | —                          | —          | —                       | —  | —   | —        | —           | —        | —        | —           | —                          | — | — | „   |
| 1884                                    | 4,28   | 11,49      | 3371   |                                | —                          | —          | —                       | —  | —   | —        | —           | —        | —        | —           | —                          | — | — | „   |
| 1885                                    | 4,45   | 15,94      | 3406   | } 3474                         | —                          | —          | —                       | —  | —   | —        | —           | —        | —        | —           | —                          | — | — | „   |
| 1886                                    | 4,56   | 20,50      | 3454   |                                | —                          | —          | —                       | —  | —   | —        | —           | —        | —        | —           | —                          | — | — | „   |
| 1887                                    | 4,82   | 25,32      | 3494   |                                | —                          | —          | —                       | —  | —   | —        | —           | —        | —        | —           | —                          | — | — | „   |
| 1888                                    | 5,25   | 30,57      | 3543   |                                | —                          | —          | —                       | —  | —   | —        | —           | —        | —        | —           | —                          | — | — | „   |

Diese Schienen, von denen noch keine abgängig wurde, sind gleichwohl aufgeführt, als ein Beispiel des Einflusses der Streckenverhältnisse. Sie stammen aus derselben Lieferung, wie No. 36, sind nur ein Jahr später verlegt, haben fast genau dieselbe Radlast zu tragen gehabt, und doch sind in 36 bis zum 8. Jahre schon 2,2% in 37 bis zum 7. noch keine zerstört. Den Grund hierfür erkennt man leicht durch Vergleichung der Streckenverhältnisse. Andauernder Neigung und zahlreichen Krümmungen in 36 steht in 37 nur eine mäßige Benutzung der Bremsen gegenüber.

c) Nachweisung der Anwendbarkeit des für Eisen- und Puddelstahlschienen gefundenen Gesetzes auf Flufsstahlschienen.

Von den 20 Zusammenstellungen über Flufsstahlschienen lassen die No. 18, 19, 21, 28, 31, 32, 33 und 36 Zweifel über die Anwendbarkeit des Gesetzes entstehen, und aus 27 und 37 sind Schlüsse wegen zu kurzer Beobachtungszeit nicht zu ziehen, während bei den 10 übrigen über 16168 Stück Schienen, durch Anwendung des Ellipsengesetzes brauchbare Grundlagen zur Beurtheilung des Werthes der Schienen ohne weiteres erhalten wurden; immerhin sind aber auch in 18, 19, 21, 28, 31, 32, 33 und 36 über 14672 Stück Schienen die Abweichungen vom Gesetze nicht so groß, daß dieses als ganz ungeeignet zu einer vergleichenden Beurtheilung der Schienenlieferungen in diesen Fällen bezeichnet werden müßte. Selbst zur annähernden Bestimmung der wirklichen Ausnutzungsfähigkeit einer Lieferung aus den ersten Beobachtungen, genügt die Formel in allen Fällen.

Die Zusammenstellungen 38 und 39 geben eine Uebersicht über aus verschiedenen Ursachen aus der Bahn entfernte Bessemerstahlschienen, getrennt für die beiden Querschnitte A, Fig. 85 und B, Fig. 86.

38.

Bis Ende 1888 erfolgte Auswechslungen von in den Jahren 1866 bis 1872 in Hauptgeleisen zusammenhängend verlegten Bessemerstahlschienen des Querschnittes A, Fig. 85.

| Lfd. Nr. | Geliefert von: | Eingelegt in die Bahn |                 | Bis Ende 1888 aus der Bahn entfernt |               | Darüber gerollte Last in Millionen Brutto-Tonnen | Schienenbrüche in % | Berechnete Ausnutzungslast in Mill. Brutto-Tonnen |     |
|----------|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------|--|---------------------|---|-----|
|          |                | im Jahre              | in Abtheilungen | Stück                               | Stück         |  |                     |   | %   |
|          |                |                       |                 |                                     |               |  |                     |   |     |
| 1        | Prävali        | 1866                  | 1               | 1090                                | 44            | 4,04   | 78,09               | 0,46  | 281 |
| 2        | Prävali        | 1867                  | 2               | 1130                                | 24            | 2,12   | 63,09               | 1,33  | 308 |
| 3        | Witkowitz      | 1867                  | 1               | 1314                                | 59            | 4,46   | 56,30               | 1,75  | 191 |
| 4        | Buchscheiden   | 1867                  | 1               | 1392                                | 77            | 5,50   | 57,61               | 0,43  | 176 |
| 5        | Witkowitz      | 1868                  | 3               | 5318                                | 382           | 6,24   | 65,12               | 1,13  | 182 |
| 6        | Witkowitz      | 1869                  | 3               | 3308                                | 107           | 3,23   | 58,20               | 0,54  | 231 |
| 7        | Ternitz        | 1870                  | 5               | 6724                                | 150           | 2,23   | 54,09               | 0,18  | 210 |
| 8        | Witkowitz      | 1870                  | 2               | 5188                                | 50            | 0,96   | 61,35               | 0,02  | 444 |
| 9        | Witkowitz      | 1870                  | 1               | 1654                                | 34            | 2,06   | 63,81               | 0,30  | 316 |
| 10       | Buchscheiden   | 1872                  | 1               | 1836                                | 31            | 1,69   | 32,23               | 0,44  | 175 |
|          |                | Zusammen:             |                 | 28954                               | Durchschnitt: |  | 59,00               |   | 251 |

39.

Bis Ende 1888 erfolgte Auswechslungen von in den Jahren 1872 bis 1880 in Hauptgeleisen zusammenhängend verlegten Bessemerstahlschienen des Querschnittes B, Fig. 86.

|    |              |           |    |       |               |       |      |      |     |
|----|--------------|-----------|----|-------|---------------|-------|------|------|-----|
| 1  | Ternitz      | 1872      | 5  | 5300  | 62            | 1,17  | 61,1 | 0,62 | 402 |
| 2  | Witkowitz    | 1872      | 1  | 1426  | 17            | 1,19  | 47,9 | 1,19 | 311 |
| 3  | Zeltweg      | 1873      | 8  | 3930  | 67            | 1,78  | 33,4 | 2,19 | 178 |
| 4  | Witkowitz    | 1874      | 4  | 3010  | 90            | 2,99  | 57,6 | 3,75 | 242 |
| 5  | Buchscheiden | 1874      | 1  | 2434  | 67            | 2,75  | 52,7 | 1,11 | 222 |
| 6  | Zeltweg      | 1874      | 3  | 1612  | 29            | 1,80  | 30,7 | 1,36 | 160 |
| 7  | Witkowitz    | 1874      | 3  | 3986  | 281           | 7,05  | 52,5 | 1,10 | 142 |
| 8  | Teschen      | 1874      | 1  | 1392  | 166           | 11,93 | 65,2 | 0,07 | 137 |
| 9  | Witkowitz    | 1876      | 2  | 1682  | 31            | 1,84  | 52,9 | 0,06 | 277 |
| 10 | Teschen      | 1876      | 1  | 1034  | 17            | 1,64  | 38,1 | 0,10 | 211 |
| 11 | Witkowitz    | 1878      | 12 | 9888  | 130           | 1,31  | 30,5 | 0,09 | 189 |
| 12 | Witkowitz    | 1879      | 10 | 4344  | 190           | 4,38  | 40,3 | 0,37 | 137 |
| 13 | Witkowitz    | 1880      | 7  | 5802  | 255           | 4,40  | 33,2 | 0,22 | 113 |
|    |              | Zusammen: |    | 45840 | Durchschnitt: |       | 59,6 |      | 209 |

Von den nach dem einen Jahre 1888 berechneten a-Werthen liegt sowohl bei den Schienen A in 38, wie B in 39 keiner außerhalb der Grenzen, die sich in den entsprechenden Zusammenstellungen 18 bis 24 bezw. 25 bis 31 ergaben. Dem Durchschnittswerthe a von 28954 Schienen aus 38 für 1888 von 251 Millionen Tonnen steht ein Mittel von 253,2 Millionen Tonnen aus den Werthen der Zusammenstellungen 18 bis 24, und dem Mittel von a aus 45840 Schienen = 209 Millionen Tonnen in 39 ein Mittelwerth von 254,4 Millionen Tonnen aus den Zusammenstellungen 25 bis 31 gegenüber. Wenn sich also bezüglich der einzelnen Lieferungen

auch weite Schwankungen der Güteverhältnisse ergeben haben, so sind die Mittelwerthe doch als gut übereinstimmend zu bezeichnen, wenn man berücksichtigt, wie viele nicht in Rechnung gestellte, störende Einflüsse bei der Bildung der Ergebnisse mitwirkten. Man kann also behaupten, daß das Gesetz genügt, die zu erwartende Ausnutzungsfähigkeit einer Schienen-Lieferung zu berechnen, wenn man weiß, wie viele Procente derselben (jedenfalls mehr als 1%) durch eine bis dahin übergerollte Last in Tonnen — ausschließlich der Brüche — durch Zerstörung unbrauchbar geworden sind; genauer wird diese Feststellung selbstverständlich, wenn man über mehrere solcher Angabenpaare verfügt. Aus dem Verhältnisse der so berechneten Zerstörungslast zu der wirklich schon übergerollten kann man dann Schlüsse auf die Zeitdauer ziehen, während der die Schienen noch befahren werden können, wenn nicht wesentliche Aenderungen der Verkehrsverhältnisse eintreten.

#### VII. Einfluß der Radbelastung auf die Schienenausnutzung.

Dieser Einfluß wurde bei der Besprechung der einzelnen Zusammenstellungen thunlichst erläutert; es ist auch vielfach hervorgehoben worden, daß die Schwankungen der Güte der Schienen verschiedener Lieferungen, wie auch in einer und derselben Lieferung, dann auch die Art des Schienenstoffes wesentlichen Einfluß auf die Größe der Ausnutzungslast haben.

Die Einwirkung der Radlasten wies der Verfasser schon 1873 bei einer Probestrecke mit Eisenschienen, welche nach beiden Richtungen fast vollkommen gleiche Lageverhältnisse besaß, dahin nach, daß die Zerstörungslast im umgekehrt quadratischen Verhältnisse zur Radlast stehe; das Gleiche wurde in der Besprechung zur Zusammenstellung 1 ermittelt. Bei den widerstandsfähigeren Puddelstahlschienen ist dieses Verhältnis nach den Erläuterungen zu den Zusammenstellungen 2 und 3 annähernd ein einfach umgekehrtes.

Von einer besonders sorgfältig hergestellten Lieferung von Puddelstahlschienen kam ein Theil in einer eingleisigen Strecke mit 2602 kg Radlast, ein anderer in einer zweigleisigen mit 3413 kg Radlast zur Verlegung. Ersterer Satz gab 185,8 Millionen Tonnen, letzterer 147,7 Millionen Tonnen, und  $\frac{147,7 \cdot 3413}{2602}$  giebt 193,7 Millionen Tonnen; der Unterschied von etwa 8 Millionen Tonnen oder 4,3% gegen die unmittelbare Beobachtung kann wohl genügend aus der Verschiedenheit der Anlageverhältnisse beider Strecken erklärt werden. Bei den Puddelstahlschienen A der Zusammenstellungen 5, 7 und 10 stehen kleinere a-Werthe bei großen Radlasten, kleineren Radlasten und dabei größeren a-Werthen in Zusammenstellung 4, 6 und 9 gegenüber. Daß in 8 gerade die kleinsten Radlasten mit den kleinsten Zerstörungslasten zusammentreffen, zeigt die Wirkung der hier besonders ungünstigen Lageverhältnisse und des starken Bremsens.

Bei den wenigen beschriebenen Strecken mit Flußstahlschienen verdunkelt die unverkennbar große Ungleichmäßigkeit des Materiales den Vergleich. Doch bleiben auch hier die

Ausnutzungslasten nur selten unter dem einfachen umgekehrten Verhältnisse der Radlasten und zwar bei Schienen, die sich als besonders gut erweisen. Jedenfalls ist die Uebereinstimmung der Beobachtungen in dieser Beziehung genügend, um die Ansicht zu begründen, daß in der Umrechnung der Zerstörungslasten nach dem umgekehrten Verhältnisse der Radlasten eine Berichtigung und Annäherung der ersteren an die Wirklichkeit liegt. Mit größerer Sicherheit würde sich dieser Einfluß übersehen lassen, wenn gleichzeitig Festigkeits- und Härteproben vorlägen.

Die angedeutete Umrechnung auf eine mittlere Radlast von 2300 kg ist in der Zusammenstellung 40 auf folgender Seite durchgeführt.

#### VIII. Vergleich der Ausnutzungsfähigkeit der in den Zusammenstellungen 1 bis 37 beschriebenen Schienen, nebst Erläuterungen zur Zusammenstellung 40.

In No. 40 sind nur diejenigen Ausnutzungs-Mittelwerthe a berücksichtigt, welche dem dem Jahre 1885 vorangehenden Zeitabschnitte entsprechen, weil die Schwellenvermehrung  $188\frac{4}{5}$  nicht auf allen Strecken stattfand, die Beobachtungszeit nach 1885 noch zu kurz ist, und die ersten Beobachtungsjahre zu große aus Zufälligkeiten entstandene Schwankungen enthalten; der Abschnitt vor 1885 ist daher als der einzige eine regelmäßige Entwicklung ermöglichende anzusehen.

Es mag nochmals betont werden, daß die berechneten Zerstörungslasten nie voll, sondern bis zu 20—30% Zerstörung nur zu 60—71,4% wirklich über die Schienen rollen; dann erfolgt regelmäßig schon die volle Erneuerung des Restes; das ist zu berücksichtigen, wenn man angeben will, wie viel Last thatsächlich über einen bestimmten Satz Schienen rollen wird. Da jedoch dieses Verhältnis bei allen Schienen dasselbe bleibt, so genügen zum Vergleiche die rechnermäßigen Zerstörungslasten, welche daher für die 8 verschiedenen Schienenarten in Spalte 9 und 10 Zusammenstellung 40 für die thatsächlichen und die einheitliche Radlast von 2300 kg und nach ihren Verhältnissen zu denen für Eisenschienen (= 1) in Spalte 11 und 12 ermittelt sind. Die Verwandlung nach den Radlasten ist entsprechend den obigen Auseinandersetzungen für alle Stahlschienen nach dem einfachen, umgekehrten Verhältnisse der Radlasten erfolgt.

Diese Spalten zeigen, welch' großen wirthschaftlichen Vortheil man durch den Uebergang zum Stahle erreicht hat. Es mag daran erinnert werden, daß Querschnitt A, Fig. 85 auf der Grundlage entstand, eine Stahlschiene herzustellen, welche bei den damaligen Preisen ebensoviel kostete, wie die Eisenschiene des Querschnittes St. B., Fig. 84. Erstere erweist sich nun als 4,77 mal so widerstandsfähig als letztere. Die Puddelstahlschiene B, Fig. 86 giebt nur die Werthziffer 5,28, steigert also der Puddelstahlschiene A gegenüber die Widerstandsfähigkeit gegen die Eisenschiene nur um 10,7%, obwohl sie um 13% größeres Gewicht besitzt.

Der Martinstahl zeigt im 13% schwereren Querschnitte B mit 8,91 um 7,6% weniger Ausnutzungsfähigkeit, als im Querschnitte A mit 9,64. Vergleicht man die A-Schienen (No. 32 und 33) nur mit den B-Schienen desselben Werkes (No. 34 u. 35), so ist dieser Unterschied sogar 35,4%, aber bei den B-Schienen des

## 40.

## Vergleichende Zusammenstellung

der berechneten und auf gleiche Radbelastung (2300 kg) verwandelten rechnungsmässigen Ausnutzungs-Bruttolasten der in den Zusammenstellungen 1 bis 37 beschriebenen Schienen.

| 1                        | 2             | 3           | 4                           | 5                                 | 6  | 7                                 | 8  | 9                     | 10           | 11                           | 12                |
|--------------------------|---------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------|--------------|------------------------------|-------------------|
| No. der Zusammenstellung | Material      | Querschnitt | Gewicht für 1 lfd. m. in kg | Widerstandsmoment cm <sup>3</sup> | Ausnutzungs- last in Million. Bruttotonnen | Durchschnitts- Radbelastung in kg | Auf 2300 kg Radbelastung verwandelte Ausnutzungs- last in Mill. Bruttotonnen | Durchschnitts- Werthe |              | Verhältniszahlen bezogen auf |                   |
|                          |               |             |                             |                                   |  |                                   |  | aus Spalte 6          | aus Spalte 8 | Spalte 9 Zeile 1             | Spalte 10 Zeile 1 |
| der Schienen             |               |             |                             |                                   |  |                                   |  |                       |              |                              |                   |
| 1                        | Eisen         | St. B.      | 36,760                      | 110,351                           | 21,3                                       | 2309                              | 21,2   | 21,3                  | 21,2         | 1                            | 1                 |
| 2                        | Puddelstahl   | "           | 37,561                      | "                                 | 185,8                                      | 2602                              | 210,2  | 166,7                 | 214,7        | 7,83                         | 10,08             |
| 3                        | "             | "           | "                           | "                                 | 147,7                                      | 3413                              | 219,2  |                       |              |                              |                   |
| 4                        | "             | A           | 30,849                      | 120,302                           | 117,6                                      | 2158                              | 110,3  |                       |              |                              |                   |
| 5                        | "             | "           | "                           | "                                 | 81,7                                       | 3264                              | 115,9  | 90,7                  | 101,1        | 4,26                         | 4,77              |
| 6                        | "             | "           | "                           | "                                 | 96,1                                       | 2158                              | 90,2   |                       |              |                              |                   |
| 7                        | "             | "           | "                           | "                                 | 88,8                                       | 3266                              | 126,1  |                       |              |                              |                   |
| 8                        | "             | "           | "                           | "                                 | 81,7                                       | 1936                              | 68,8   |                       |              |                              |                   |
| 9                        | "             | "           | "                           | "                                 | 93,9                                       | 2167                              | 88,0   |                       |              |                              |                   |
| 10                       | "             | "           | "                           | "                                 | 75,1                                       | 3314                              | 108,2  | 116,6                 | 112,0        | 5,84                         | 5,28              |
| 11                       | "             | B           | 34,960                      | 136,193                           | 88,5                                       | 2791                              | 107,4  |                       |              |                              |                   |
| 12                       | "             | "           | "                           | "                                 | 123,7                                      | 2044                              | 109,9  |                       |              |                              |                   |
| 13                       | "             | "           | "                           | "                                 | 112,0                                      | 2024                              | 98,6   |                       |              |                              |                   |
| 14                       | "             | "           | "                           | "                                 | 115,5                                      | 2161                              | 108,5  | 253,2                 | 347,4        | 11,89                        | 16,40             |
| 15                       | "             | "           | "                           | "                                 | 102,4                                      | 2153                              | 95,5   |                       |              |                              |                   |
| 16                       | "             | "           | "                           | "                                 | 128,1                                      | 2202                              | 122,7  |                       |              |                              |                   |
| 17                       | "             | "           | "                           | "                                 | 146,3                                      | 2224                              | 141,5  |                       |              |                              |                   |
| 18                       | Bessemerstahl | A           | 31,086                      | 120,302                           | 157,9                                      | 2179                              | 149,6  |                       |              |                              |                   |
| 19                       | "             | "           | "                           | "                                 | 183,7                                      | 2182                              | 174,3  |                       |              |                              |                   |
| 20                       | "             | "           | "                           | "                                 | 221,3                                      | 2747                              | 264,3  |                       |              |                              |                   |
| 21                       | "             | "           | "                           | "                                 | 130,1                                      | 3516                              | 198,9  |                       |              |                              |                   |
| 22                       | "             | "           | "                           | "                                 | 296,9                                      | 3476                              | 448,3  | 254,4                 | 382,2        | 11,94                        | 18,03             |
| 23                       | "             | "           | "                           | "                                 | 234,1                                      | 3304                              | 336,3  |                       |              |                              |                   |
| 24                       | "             | "           | "                           | "                                 | 548,6                                      | 3606                              | 860,1  |                       |              |                              |                   |
| 25                       | "             | B           | 35,230                      | 136,193                           | 394,4                                      | 3726                              | 638,9  | 141,3                 | 204,3        | 6,63                         | 9,64              |
| 26                       | "             | "           | "                           | "                                 | 223,7                                      | 3483                              | 338,7  |                       |              |                              |                   |
| 27                       | "             | "           | "                           | "                                 | (600,0)*                                   | 3229                              | (842,3)*   |                       |              |                              |                   |
| 28                       | "             | "           | "                           | "                                 | 83,0                                       | 3475                              | 125,4  |                       |              |                              |                   |
| 29                       | "             | "           | "                           | "                                 | 272,6                                      | 3384                              | 401,1  |                       |              |                              |                   |
| 30                       | "             | "           | "                           | "                                 | 114,9                                      | 3637                              | 181,8  | 137,8                 | 188,8        | 6,47                         | 8,91              |
| 31                       | "             | "           | "                           | "                                 | 92,6                                       | 3652                              | 147,0  |                       |              |                              |                   |
| 32                       | Martinstahl   | A           | 31,086                      | 120,302                           | 116,4                                      | 3322                              | 168,1  |                       |              |                              |                   |
| 33                       | "             | "           | "                           | "                                 | 163,2                                      | 3328                              | 240,5  | 137,8                 | 188,8        | 6,47                         | 8,91              |
| 34                       | "             | B           | 35,230                      | 136,193                           | 82,0                                       | 2747                              | 97,9   |                       |              |                              |                   |
| 35                       | "             | "           | "                           | "                                 | 138,1                                      | 2747                              | 164,9  |                       |              |                              |                   |
| 36                       | "             | "           | "                           | "                                 | 193,4                                      | 3611                              | 303,6  | —                     | —            | —                            | —                 |
| 37                       | "             | "           | "                           | "                                 | ∞  | 3474                              | —  |                       |              |                              |                   |

anderen Werkes (No. 36) um 54,2 % gröfser. Der Vergleich der B-Schienen der verschiedenen Werke unter einander liefert 138,7 % Unterschiede der Ausnutzungsfähigkeit. Man erwartete vom Martinstahl eine höhere Leistung, als vom Bessemerstahl; das bestätigt sich nicht, vermuthlich weil die Martinstahl-Erzeugung schlechteren Rohstoff zuläfst, als das Bessemerverfahren. Solcher schlechtere

Rohstoff steckt wahrscheinlich in den erstgelieferten Martinstählen, welche eine geringe Ausnutzungsfähigkeit zeigten, während die Werthziffer einer späteren Lieferung (No. 36) gegen 1 der Eisenschienen auf 14,32 gestiegen ist.

Am günstigsten stellen sich die Werthziffern der Bessemerstählen, wo aber wieder der bei 13 % Gewichtsunterschied der

\*) Für die in Zusammenstellung 27 beschriebenen Schienen, über welche nach 16jähriger Verwendung bei 3229 kg mittlerer Radbelastung 61,72 Mill. Brutto-Tonnen gerollt waren, kann, da damals erst 3 Stück = 0,16 % Schienen ausgenutzt waren, die hieraus berechnete Ausnutzungsbruttolast von 1100 Mill. Brutto-Tonnen nicht zum Vergleiche benutzt werden, da bei weiterer Benutzung die Ausnutzungszahl sich ermässigen muß. Um andererseits die entschieden beste Schienenlieferung aus der vergleichenden Zusammenstellung nicht weglassen zu müssen, wurde diese Zahl für die Schienen-Zusammenstellung 27 der Ausnutzungsfähigkeit der besten Schienen des Querschnittes A, Zusammenstellung 24, annähernd gleich angenommen und mit 600 Mill. Brutto-Tonnen in die Zusammenstellung eingesetzt.

Querschnitte A und B nur 9,8% wachsende Ausnutzungswert auffällt. Verfolgt man dieses Verhältnis, so findet man, daß während bei den 1866 bis 1870 gelieferten Schienen A (No. 18 bis 24) die Zerstörungslast im Allgemeinen steigt, sich bei den B-Schienen von 1872 und 1873 (No. 25 bis 27) zwar noch hohe, z. Th. sehr hohe Ausnutzungslasten zeigen, die dann aber bei den später gelieferten No. 28 bis 31, mit Ausnahme der No. 29 von 1877, weit unter die der schwächeren A-Schienen sinken. Hierzu ist zu bemerken, daß sowohl die besten Lieferungen von A, als auch von B-Schienen aus Werken stammen, die ihr Rohmetall selbst erzeugen.

Die schlechtere Bewährung der B-Schienen kann man nicht der Querschnittsform zuschreiben, denn es kommt unter ihnen gerade die höchste erzielte Güte vor, wie No. 27 ausweist: nach 16 Jahren und nach Belastung mit 61,72 Millionen Tonnen durch schwere Radlasten sind nur 3 Schienen zerstört und keine gebrochen, vielmehr muß man den Grund in einem Rückschritte der Herstellung von Bessemerschienen in den Jahren 1875 bis 1880 gegenüber 1870 bis 1874 suchen. Dies ist bei der Güte der in Oesterreich zur Verfügung stehenden Rohmetalle doppelt bedauerlich, und wird bestätigt durch einen Vergleich mit den Güteproben des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen von 1886 und 1887, nach deren Ausweis die österreichischen Werke hinter den überwiegend vorzüglichen Leistungen der deutschen weit zurückbleiben.

Die Vergleichung der A-Schienen mit den B-Schienen zeigt auch den günstigen Einfluß zweckmäßiger Querschnittsbildung, denn man kann den Umstand nicht allein mangelhafter Güte zuschreiben, daß die 13% schwereren B-Schienen in Puddelstahl nur 10,7%, in Bessemerstahl nur 9,9% mehr, in Martinstahl sogar 7,6% und wenn man die 4 Lieferungen eines Werkes vergleicht 35,7% weniger leisten, als die A-Schienen; es ist das zweifellos größtentheils Folge der Materialvertheilung, welche bei den A-Schienen eine bessere Durcharbeitung und günstigeres Abkühlen ermöglicht haben wird.

Die aus den Zerstörungslasten in Zusammenstellung 40 entnommenen Güteziffern geben schließlich ein Mittel zu maßgebender Beurtheilung des wirtschaftlichen Werthes der Schienen. In wirtschaftlicher Beziehung ist der Uebergang vom Puddel zum Bessemerstahl offenbar ein noch größeres Fortschritt, als der vom Schweifeseisen zum Puddelstahl, leider aber nicht in gleichem Maße bezüglich der Betriebssicherheit, wie weiter unten nachgewiesen werden wird.

#### IX. Einfluß des Materiales auf die Ausnutzungsfähigkeit.

Die Aufzeichnungen über Eisen- und Puddelstahlschienen haben heute nur noch geschichtlichen Werth. Immerhin ist bezüglich der noch in großer Zahl befahrenen Puddelstahlschienen zu beachten, daß sie bei gleichem Querschnitte in verschiedenen Lieferungen nur Schwankungen der Zerstörungslast zeigen, die aus den Verschiedenheiten der Lage und Lastverhältnisse zu erklären sind. Bei den Bessemer- und Martinschienen wurden die sehr bedeutenden Schwankungen, welche die schlechtesten Lieferungen auf die Höhe der Puddelstahlschienen herabziehen, schon oben auf die Materialbeschaffenheit zurückgeführt, über die aber leider weder zuverlässige chemische noch mechanische

Proben vorliegen. Erst das Vorhandensein solcher würde mit den Ausnutzungslasten eine völlig sichere Grundlage für die Beurtheilung der Dauer bilden.

Ob die heutigen Vorschriften sowohl über die chemische Zusammensetzung wie die von Wöhler und Bauschinger eingeleiteten über die Festigkeits- und Zähigkeitsverhältnisse wirklich sichere Gewähr gegen Schienenbrüche bieten, kann erst durch langjähriges Beobachten des Verhaltens der Schienen entschieden werden. Die Kaiser Ferdinands-Nordbahn könnte zur Klärung dieser Frage werthvolle Grundlagen liefern; sie besitzt die genauesten Nachweisungen über die verschiedensten Gattungen von Schienen, welche sich unter bestimmten Verhältnissen in langjährigem Betriebe als gut bewährt haben. Mit solchen Schienen in genügender Anzahl vorgenommene Festigkeitsversuche und chemische Untersuchungen könnten viel zur Aufklärung beitragen.

#### X. Einfluß der Stofsverbindungen auf die Ausnutzungsfähigkeit.

Die anfangs ausgeführten Stofsverbindungen waren bis in die 70er Jahre hinein den Radlasten — fast nie über 5 t bei den Locomotiven und höchstens 2,2 t bei den Wagen — völlig gewachsen. Als dann aber die Locomotivräder 7 t, die Wagenräder 4 t Last erhielten, konnte man zwar die Schienen durch Vermehrung der Schwellen — wie die Zusammenstellungen 1 bis 37 zeigen, in erfolgreichster Weise — verstärken; das Bestreben, entsprechend starke Stofsverbindungen auszubilden, scheiterte dagegen an den alten Schienen. Die eingeführten Winkelaschen verhinderten zwar das Wandern, gaben aber nicht die gewünschte Verstärkung, wiesen sogar selbst mehr Brüche auf, als die häufig verbogenen einfachen. Wenn diese Brüche vielleicht auch häufig auf Mängel im Materiale hinweisen, so zeigt ihr wiederholtes Vorkommen doch, daß auch der Winkelaschenstofs den heutigen Anforderungen nicht mehr entspricht.

Nach den Erörterungen im Abschnitte III mußte eine hinreichend starke Stofsverbindung die Ausnutzungsfähigkeit der Schienen ganz bedeutend steigern, wenn sie dauernd einen so ruhigen Uebergang der Räder zu wahren im Stande ist, wie man ihn jetzt bisweilen kurze Zeit auf ganz neuen Strecken beobachtet, bevor Laschen und Laschenanlagen in der bekannten Weise zerhämmt sind. Die Laschen zeigen nicht selten keilförmige nach den Enden auf Null verlaufende Abschleifungen, welche am Stofse bis zu 4<sup>mm</sup> tief werden, und unter der verlassenen Schiene an der Laschenunterkante, unter der angefahrenen an der Oberkante erscheinen; entsprechende Verletzungen zeigen die Schienenenden. Nach Beginn einer solchen Zerstörung muß naturgemäß ein beschleunigtes Zunehmen derselben eintreten. Mittel hiergegen sind kräftige, über die Stofsschwellen reichende Laschen, Aneinanderrücken der Stofsschwellen, soweit die Stopfung das erlaubt und Verlegung dieser Schwellen in Steinschlag, wenn auch sonst andere Bettung verwendet ist. \*)

\*) Gut soll sich in dieser Beziehung der Fischer-Stofs (Brückensstofs), Organ 1886, S. 186, welcher in New-York noch mit schräger Fuge versehen wurde, Organ 1887, S. 29, bewährt haben. Neuerdings hat die Direction Köln, linksrh., eine Versuchsstrecke mit Blattstofs (gefalztem Stofse) verlegt, zu welchem Zwecke die Stegdicke der preussischen Normalschiene auf 18<sup>mm</sup> erhöht wurde. Auch dieser soll sich vorzüglich bewähren. D. Red.

Beobachtungen an zwei Theilen derselben Strecke, von denen einer in Steinschlag, der andere in gesiebttem Flusksiese lag, ergaben, dafs auf letzterer Strecke die Unterhaltung der Stöfse schon sehr schwierig und theuer wurde, als sie auf ersterer noch gut erhalten waren.

### XI. Schienenabnutzung.

Die Abnutzung durch das Rollen der Räder ist unumgänglich.

Die Abnutzung durch die Flansche in Krümmungen sucht man durch Spurerweiterung abzumindern; da diese aber nur dem Radstande einer Minderzahl von Wagen entspricht, so wird der Zweck nur unvollständig erreicht. Der Einfluß des Bremsens wird durch grofse Radlast, durch häufiges Festbremsen, noch mehr durch besondere Bremswagen oder Schlitten verstärkt. Von noch erheblicherem Einflusse sind aber Dichtigkeit und Härte, d. h. chemische Zusammensetzung der Schienen; so lange man diese nicht gründlich berücksichtigt, wird es nicht gelingen, sichere Anhalte über die Schienenabnutzung aus Beobachtung der Lage und Verkehrsverhältnisse zu gewinnen. Vorläufig geben weder die Aufzeichnungen der Kaiser Ferdinands-Nordbahn, noch selbst die deutsche Schienenstatistik, welche auf diesem Gebiete wohl die werthvollste aller Quellen ist, zuverlässige Aufschlüsse. Gleichwohl soll die Abnutzung, als in engster Beziehung zur Ausnutzung stehend, hier näher erörtert werden.

In der nachfolgenden Zusammenstellung 41 sind die Ergebnisse von Messungen der Höhenabnahme der Schienen auf geraden, wagerechten Strecken ohne Bremsungen verzeichnet.

41.

| Bahnstrecke            | Zahl der Messungen | Verminderung an Höhe |                            | Mill. Tonn. auf 1mm Höhen-Abnahme | Anlageverhältnisse der Bahn |           |
|------------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|
|                        |                    | im Ganzen            | durch 1 Mill. Brutto tonn. |                                   | gerade                      | wagerecht |
| 1 Dzieditz-Jawiszowice | 6                  | 0,44                 | 0,018                      | 55,56                             | gerade                      | wagerecht |
| 2 Jawiszowice-Oswiecim | 6                  | 0,24                 | 0,015                      | 66,67                             | "                           | "         |
| 3 Stiebnig-Schönbrunn  | 6                  | 0,58                 | 0,024                      | 41,67                             | "                           | "         |
| durchschnittlich:      | —                  | —                    | 0,019                      | 54,63                             |                             |           |

In der Statistik über die Dauer der Schienen des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen vom Jahre 1887 erscheinen mit Ausschluß von Bremsstrecken mit den kleinsten Abnutzungen:

| No. | Bahnstrecke                             | Zahl der Messungen | Verminderung an Höhe |                            | Mill. Tonn. auf 1mm Höhen-Abnahme | Richtungs- und Neigungsverhältnisse |                      |
|-----|---|--------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
|     |   |                    | im Ganzen            | durch 1 Mill. Brutto tonn. |                                   | Krümmungshalbmesser                 | Neigungsverhältnisse |
| 4   | Oesterr.-ungar. Staatsbahn-Gesellschaft | 24                 | 0,09                 | 0,019                      | —                                 | gerade                              | wagerecht            |
| 5   |   | 24                 | 0,09                 | 0,019                      | —                                 | "                                   | "                    |
| 6   |   | 24                 | 0,08                 | 0,017                      | —                                 | "                                   | "                    |
| 7   | Ungarische Staatsbahn                   | 8                  | 0,32                 | 0,026                      | 38,46                             | "                                   | "                    |
| 8   | Niederl.Rhein-Eisenbahn                 | 11                 | 0,14                 | 0,018                      | 55,56                             | "                                   | "                    |
| 9   | K. E. D. Breslau                        | 48                 | 0,35                 | 0,015                      | 23,89                             | "                                   | "                    |
| 10  |   | 44                 | 0,73                 | 0,019                      | 37,53                             | "                                   | "                    |
|     | durchschnittlich:                       | —                  | —                    | 0,019                      | 41,61                             |                                     |                      |

In den aufgeführten Strecken liegen Flusstahlschienen verschiedener Werke aus verschiedenen Jahren unter verschieden dichten Verkehre. Die Höhenabnahme unter 1 Million Tonnen

Verkehrslast schwankt von 0,015 bis 0,026 mm\*); das Mittel beträgt in beiden Theilen der Zusammenstellung 0,019 mm, und in dieser Zahl dürfte wohl die Leistung zu erkennen sein, die man von einer guten Schiene verlangen kann. Die folgende Zusammenstellung 42 giebt weitere Höhenmessungen von Schienen in Strecken, die weder durchweg wagerecht und gerade, noch frei von Bremsungen sind, doch aber mehrfach, namentlich bei den zuerst aufgeführten Strecken, Höhenabnahmen zeigen, die jenes Mittel erreichen, z. Th. sogar erheblich überschreiten.

42.

| Bahnstrecke              | Zahl der Messungen | Verminderung an Höhe |                            | Mill. Tonn. auf 1mm Höhenverlust | Bahnanlageverhältnisse |                    |
|--------------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------|
|                          |                    | im Ganzen            | durch 1 Mill. Brutto tonn. |                                  | Krümmungshalbmesser    | Richtung Neigung   |
| Rohatetz-Bisenz . . . .  | 12                 | 0,27                 | 0,009                      | 111,11                           | —                      | gerade St. 1:425   |
| Zabierzów-Krakau . . .   | 6                  | 0,13                 | 0,009                      | 111,11                           | —                      | " St. 1:173        |
| Zabierzów Krakau . . .   | 12                 | 0,20                 | 0,013                      | 76,92                            | 1915                   | — F. 1:156         |
| Krzyszowice-Zabierzow    | 12                 | 0,23                 | 0,016                      | 62,50                            | 1745                   | — F. 1:180         |
| Weifskirchen-Pohl . .    | 6                  | 0,71                 | 0,017                      | 58,52                            | —                      | gerade St. 1:250   |
| Jawiszowice-Oswiecim     | 6                  | 0,43                 | 0,018                      | 55,56                            | 1422                   | — St. 1:300        |
| Jawiszowice-Oswiecim     | 12                 | 0,47                 | 0,019                      | 52,63                            | 1422                   | — St. 1:558        |
| Krzyszowice-Zabierzów    | 12                 | 0,27                 | 0,019                      | 52,63                            | 1328                   | — St. 1:1000       |
| Stiebnig-Schönbrunn .    | 6                  | 0,53                 | 0,022                      | 45,45                            | 1517                   | — F. 1:175         |
| Krzyszowice-Zabierzów    | 12                 | 0,32                 | 0,022                      | 45,45                            | 1328                   | — St. 1:175        |
| Stiebnig-Schönbrunn .    | 6                  | 0,53                 | 0,022                      | 45,45                            | —                      | gerade F. 1:800    |
| Leipnik-Weifskirchen .   | 30                 | 0,98                 | 0,023                      | 43,48                            | 1328                   | — F. 1:275         |
| Weifskirchen-Pohl . .    | 10                 | 0,86                 | 0,023                      | 43,48                            | —                      | gerade St. 1:320   |
| Dzieditz-Jawiszowice .   | 6                  | 0,55                 | 0,023                      | 43,48                            | —                      | " St. 1:250        |
| Leipnik-Weifskirchen .   | 12                 | 0,95                 | 0,023                      | 43,48                            | 1138                   | — St. 1:300        |
| Stiebnig-Schönbrunn .    | 6                  | 1,03                 | 0,025                      | 40,00                            | —                      | wagerecht F. 1:300 |
| Jawiszowice-Oswiecim     | 6                  | 0,62                 | 0,025                      | 40,00                            | 1442                   | — St. 1:300        |
| Stiebnig-Schönbrunn .    | 36                 | 0,53                 | 0,025                      | 40,00                            | —                      | gerade F. 1:800    |
| Weifskirchen-Pohl . .    | 47                 | 0,97                 | 0,026                      | 38,46                            | —                      | " St. 1:400        |
| Libiac-Trzebinia . . . . | 62                 | 0,46                 | 0,026                      | 38,46                            | —                      | " St. 1:500        |
| Stiebnig-Schönbrunn .    | 6                  | 0,63                 | 0,026                      | 38,46                            | —                      | " F. 1:500         |
| Jawiszowice-Oswiecim     | 6                  | 0,63                 | 0,026                      | 38,46                            | —                      | " F. 1:300         |

Vernachlässigt man hier die beiden ersten ungewöhnlich niedrigen Werthe, so beträgt das Mittel 0,022 mm.

In der Statistik des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen 1887 kommen so kleine Abnutzungen nach Ausweis der Zusammenstellung 43 nur drei Male vor.

43.

| No. | Bahnstrecke               | Zahl der Messungen | Verminderung an Höhe |                            | Mill. Tonn. auf 1mm Höhen-Abnahme | Richtungs- und Neigungsverhältnisse |                        |
|-----|---------------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
|     |                           |                    | im Ganzen            | durch 1 Mill. Brutto tonn. |                                   | Krümmungshalbmesser                 | Neigungsverhältnisse   |
| 73  | Dux-Bodenbacher Eisenb.   | 24                 | 0,17                 | 0,019                      | 52,63                             | 1:∞                                 | St. F.1:120<br>1:∞     |
| 286 | Kgl. Eisenb.-Dir. Breslau | 10                 | 0,89                 | 0,022                      | 45,45                             | 1:∞                                 | St. 1:2000             |
| 305 | Elsafs-Lothringen . . .   | 4                  | 0,15                 | 0,019                      | —                                 | 3766                                | St. 1:1200<br>F. 1:207 |

\*) Vergl. Funk, Organ 1886, S. 221.

Dagegen kommen selbst auf geraden, wagerechten Strecken mehrfach erheblich höhere Werthe vor, die in Zusammenstellung 44 enthalten sind.

## 44.

| No.      | Bahnstrecke                                      | Zahl der Messungen | Ver-<br>minderung<br>an Höhe |                              | Mill. Tonn. auf 1 <sup>mm</sup><br>Höhen-Abnahme | Richtungs-<br>und Neigungs-<br>verhältnisse |                           |
|----------|--|--------------------|------------------------------|------------------------------|--|---|---------------------------|
|          |  |                    | im<br>Ganzen                 | durch 1 Mill.<br>Bruttotonn. |  | Krüm-<br>mungs-<br>halbmesser               | Neigungs-<br>verhältnisse |
| 225      | Oest. ungarische Staats-<br>Eisenbahn-Gesellsch. | 24                 | 0,40                         | 0,029                        | 34,48  | gerade                                      | 1 : ∞                     |
| 10<br>9  | Kgl. Eisenb.-Betriebs-<br>Direction Breslau      | 28                 | 0,47                         | 0,031                        | 32,26  | "   | 1 : ∞                     |
|          |  | 28                 | 0,52                         | 0,032                        | 30,30  | "   | 1 : ∞                     |
| 226      | Oest. ungarische Staats-<br>Eisenbahn-Gesellsch. | 24                 | 0,45                         | 0,033                        | 30,30  | "   | 1 : ∞                     |
| 14<br>22 | Kgl. Eisenb.-Betriebs-<br>Direction Breslau      | 28                 | 0,78                         | 0,069                        | 14,49  | "   | 1 : ∞                     |
|          |  | 10                 | 0,70                         | 0,074                        | 13,51  | "   | 1 : ∞                     |
| 166      | " "  | 7                  | 0,77                         | 0,082                        | 12,20  | "   | 1 : ∞                     |
| 172      | " "  | 15                 | 0,77                         | 0,082                        | 12,20  | "   | 1 : ∞                     |
| 177      | " "  | 4                  | 0,83                         | 0,087                        | 11,49  | "   | 1 : ∞                     |
| 233      | Kgl. Ung. Staatsbahnen                           | 8                  | 1,62                         | 0,095                        | 10,83  | "   | 1 : ∞                     |

Hiernach bestätigt sich die verbreitete Ansicht nicht, daß die geringste Abnutzung auf geraden, wagerechten Strecken stattfindet; es ist auch erklärlich, daß schwach fallenden Strecken, wo die Zugkraft der Locomotive wegfällt, noch geringere Abnutzungen zukommen. Wenn in den beiden ersten Aufzeichnungen der Zusammenstellung 42 selbst in ansteigenden Strecken 1 : 425 und 1 : 173 nur die Hälfte der Durchschnittsabnutzung beobachtet wurde, so ist das nur als eine Folge der Güte der Schienen zu erklären.

In der Vereinsstatistik finden sich keine Fälle, wo auf Gefällen der Durchschnittswerth unterschritten würde. Die hohen Abnutzungsziffern bei geraden, wagerechten Strecken in Zusammenstellung 44 erklären sich aus mangelhafter Beschaffenheit der Schienen, die auch dadurch bestätigt wird, daß auf diesen Strecken vergleichsweise viele Brüche und Zerstörungen vorkamen.

Die Zusammenstellungen 41 bis 44 geben nur den Höhenverlust in der Kopfmitte, nicht den Querschnittsverlust, welcher in Krümmungen durch die Radflansche und dadurch entsteht, daß der Schienenneigung von 1 : 20 zwar die empfohlene Schräge der Reifenlauffläche von 1 : 20, gewöhnlich aber tatsächlich eine steilere bis 1 : 16 gegenübersteht, so daß der Kopf eine Abnutzung erfährt, deren untere Begrenzung gegen die winkelrechte zur Schienenmittellinie nach der Geleismitte hin nach unten geneigt ist. Neben dieser Abnutzung tritt dann häufig ein Ausquellen des Materiales nach beiden Seiten ein. Ein der Gestalt der Radreifen entsprechender Beharrungszustand der Abnutzung tritt nicht ein, weil auch die Reifen allmählig ihre Form ändern. Dies ist in so erheblichem Mafse der Fall, daß nach Geheimrath Ruppell nur ein Sechstel aller laufenden Radreifen die regelmäßige Form haben. Die vielfachen Verschiedenheiten der Reifenformen verhindern eine völlige Uebereinstimmung zwischen Schiene und Reifen, welche

sich sonst sehr schnell einstellen müßte. Der Verfasser besitzt einen Abschnitt einer B-Schiene aus Puddelstahl, welche durch die über sie gerollten 70 Millionen Tonnen an Höhe erst wenig abgenutzt ist, doch aber fast genau die regelmäßige Gestalt der Reifen angenommen hat.

Das nach den »Technischen Vereinbarungen« nach Ueberschreitung einer gewissen Formänderungsgrenze vorgeschriebene Nachdrehen der Reifen bedingt bedeutende Kostenaufwendung, und die Belastung der Schiene, welche oft erheblich außerhalb der Kopfmitte fällt, strebt mittels Eindrückens der Fulsinnenkante in die Schwelle die für den Gang der Fahrzeuge so lästigen Spurverengungen an. Beide Uebelstände könnten abgemindert bzw. aufgehoben werden, wenn man Mittel und Wege fände, eine bessere Uebereinstimmung von Lage und Gestalt bei Schiene und Radreifen allgemein einzuführen.

## XII. Schienenbrüche.

Die Schienenbrüche, welche nach der Einführung der Bessemerschienen deren Verwendbarkeit zunächst in Frage zu stellen drohten, sind in Folge der durch das Bewußtsein der großen Gefahr geweckten Wachsamkeit bislang selten Anlaß großer Unfälle gewesen. Leider liegen Nachrichten über die Brüche auf langen, zusammenhängenden Strecken wenig vor, es ist aber zweifellos, daß die Puddelstahl- gegenüber den Eisenschienen, und die Flufstahlschienen gegenüber jenen vermehrte Brüche aufweisen. Die Zusammenstellung 45 auf folgender Seite enthält alle bis 1888 bei der Kaiser Ferdinands-Nordbahn an Stahlschienen vorgekommenen Brüche.

Verlegt wurden überhaupt 351019 Stahlschienen, von welchen 1147 oder 3,27 ‰ gebrochen sind.

Darunter waren:

|        |                     |         |             |                 |
|--------|---------------------|---------|-------------|-----------------|
| 153286 | Puddelstahlschienen | mit 210 | oder 1,37 ‰ | Brüchen,        |
| 182143 | Bessemer            | <       | <           | 860 < 4,723 ‰ < |
| 15590  | Martin              | <       | <           | 77 < 4,94 ‰ <.  |

Nach der Vereinsstatistik brachen von den außer der Kaiser Ferdinands-Nordbahn verlegten 88705 Flufstahlschienen 251 Stück oder 2,83 ‰.

Bezieht man die Brüche aber statt auf die Schienenzahl, auf die der Schienenbenutzungsjahre, so ergeben sich die in der letzten Reihe der Zusammenstellung aufgeführten Ziffern von 0,085 ‰, 0,358 ‰ und 0,403 ‰ der Benutzungsjahre für die drei Schienenarten und 0,224 ‰ im Durchschnitte. Nach der Vereinsstatistik stellt sich die entsprechende Ziffer für Bessemerschienen, nach Ausschluß der Strecken der Kaiser Ferdinands-Nordbahn gegenüber obigen 0,358 ‰ auf 251 Brüche bei 722360 Benutzungsjahren, also auf 0,347 ‰, was namentlich unter Berücksichtigung der Umstände gut übereinstimmt, daß in der Kaiser Ferdinands-Bahn vorwiegend Schienen liegen, die aus der Zeit der ersten Einführung des Bessemerverfahrens stammen, daher vergleichsweise viele Mängel enthalten und durch langjährige Benutzung schon an Widerstandsfähigkeit verloren haben.

Die Bruchziffern der drei Schienenarten 0,085 ‰, 0,358 ‰ und 0,403 ‰, verhalten sich wie 1 : 4,21 : 4,74. Dieses Verhältnis würde sich zu Gunsten der Puddelstahlschienen noch verschieben, wenn man berücksichtigte, daß behufs Beschaffung

| Im<br>Jahre                           | Schweisstahlschienen  |                      |           |                      |           |                      | Bessemerstahlschienen |                      |           |                      | Martinstahlschienen   |                      |           |                      | Gesamtzahl<br>der<br>Brüche |       |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------------|-------|
|                                       | Q u e r s c h n i t t |                      |           |                      |           |                      | Q u e r s c h n i t t |                      |           |                      | Q u e r s c h n i t t |                      |           |                      |                             |       |
|                                       | St. B. Fig. 84        |                      | A Fig. 85 |                      | B Fig. 86 |                      | A Fig. 85             |                      | B Fig. 86 |                      | A Fig. 85             |                      | B Fig. 86 |                      | Stück                       | ‰     |
|                                       | Bestand               | Brüche<br>Stück<br>‰ | Bestand   | Brüche<br>Stück<br>‰ | Bestand   | Brüche<br>Stück<br>‰ | Bestand               | Brüche<br>Stück<br>‰ | Bestand   | Brüche<br>Stück<br>‰ | Bestand               | Brüche<br>Stück<br>‰ | Bestand   | Brüche<br>Stück<br>‰ |                             |       |
| 1863                                  | 638                   | —                    | —         | —                    | —         | —                    | —                     | —                    | —         | —                    | —                     | —                    | —         | —                    | —                           |       |
| 1864                                  | 638                   | —                    | —         | —                    | —         | —                    | —                     | —                    | —         | —                    | —                     | —                    | —         | —                    | —                           |       |
| 1865                                  | 11659                 | —                    | —         | —                    | —         | —                    | —                     | —                    | —         | —                    | —                     | —                    | —         | —                    | —                           |       |
| 1866                                  | 11659                 | —                    | 1588      | —                    | —         | 1090                 | —                     | —                    | —         | —                    | —                     | —                    | —         | —                    | —                           |       |
| 1867                                  | 11659                 | —                    | 7280      | —                    | —         | 6680                 | —                     | —                    | —         | —                    | —                     | —                    | —         | —                    | —                           |       |
| 1868                                  | 11659                 | —                    | 33346     | —                    | —         | 14090                | 1,42                  | —                    | —         | —                    | —                     | —                    | —         | 20                   | 0,34                        |       |
| 1869                                  | 11659                 | —                    | 78101     | —                    | —         | 17533                | 0,06                  | —                    | —         | —                    | —                     | —                    | —         | 1                    | 0,01                        |       |
| 1870                                  | 11659                 | —                    | 105499    | 0,04                 | —         | 29505                | 0,10                  | —                    | —         | 98                   | —                     | —                    | —         | 7                    | 0,05                        |       |
| 1871                                  | 11659                 | —                    | 117291    | 0,04                 | —         | 35923                | 0,25                  | —                    | —         | 4658                 | 0,21                  | —                    | —         | 15                   | 0,09                        |       |
| 1872                                  | 11659                 | —                    | 117291    | 0,09                 | 7456      | —                    | 38161                 | 0,24                 | 14878     | 0,07                 | 8104                  | 0,49                 | 470       | —                    | 24                          | 0,12  |
| 1873                                  | 11659                 | —                    | 117291    | 0,06                 | 16456     | 0,06                 | 38161                 | 0,18                 | 39746     | 0,91                 | 8104                  | 0,49                 | 2298      | —                    | 56                          | 0,24  |
| 1874                                  | 11659                 | —                    | 117291    | 0,18                 | 23192     | —                    | 38161                 | 0,13                 | 46834     | 1,00                 | 8104                  | 1,11                 | 2298      | 1,31                 | 85                          | 0,34  |
| 1875                                  | 11659                 | —                    | 117291    | 0,14                 | 23382     | 0,09                 | 38161                 | 0,16                 | 60700     | 1,27                 | 8104                  | 1,23                 | 2298      | 1,31                 | 115                         | 0,44  |
| 1876                                  | 11659                 | 0,26                 | 117241    | 0,24                 | 23524     | —                    | 38161                 | 0,58                 | 64396     | 0,98                 | 8104                  | 1,11                 | 2298      | 0,87                 | 127                         | 0,48  |
| 1877                                  | 11499                 | 0,09                 | 113889    | 0,09                 | 24336     | 0,04                 | 37275                 | 0,05                 | 74706     | 0,21                 | 6676                  | —                    | 2298      | —                    | 30                          | 0,11  |
| 1878                                  | 11499                 | 0,09                 | 107469    | 0,08                 | 24264     | 0,04                 | 37167                 | 0,22                 | 98412     | 0,37                 | 6676                  | 0,45                 | 2298      | —                    | 58                          | 0,20  |
| 1879                                  | 11171                 | —                    | 101661    | 0,06                 | 24118     | —                    | 36939                 | 0,27                 | 108208    | 0,29                 | 6096                  | 0,82                 | 2284      | 0,44                 | 53                          | 0,18  |
| 1880                                  | 8998                  | —                    | 97739     | 0,17                 | 24096     | —                    | 36923                 | 0,19                 | 114020    | 0,31                 | 6096                  | 0,33                 | 2284      | 0,5                  | 66                          | 0,23  |
| 1881                                  | 8998                  | —                    | 93173     | 0,06                 | 24008     | 0,04                 | 36923                 | 0,14                 | 114020    | 0,20                 | 6096                  | 0,33                 | 7022      | —                    | 37                          | 0,13  |
| 1882                                  | 8774                  | 0,34                 | 87611     | 0,05                 | 23940     | —                    | 36923                 | 0,11                 | 120868    | 0,12                 | 4514                  | 0,22                 | 7486      | —                    | 26                          | 0,09  |
| 1883                                  | 8172                  | 0,49                 | 79913     | 0,09                 | 23650     | —                    | 36849                 | 0,14                 | 123972    | 0,29                 | 4502                  | 0,22                 | 7486      | 0,13                 | 55                          | 0,19  |
| 1884                                  | 7568                  | 0,13                 | 72839     | 0,08                 | 23314     | —                    | 35825                 | 0,17                 | 137224    | 0,10                 | 4502                  | —                    | 7486      | —                    | 27                          | 0,09  |
| 1885                                  | 6966                  | —                    | 63925     | 0,09                 | 23314     | 0,04                 | 35741                 | 0,25                 | 143982    | 0,22                 | 4108                  | —                    | 7306      | —                    | 46                          | 0,16  |
| 1886                                  | 6214                  | —                    | 59080     | 0,10                 | 22298     | 0,13                 | 35634                 | 0,59                 | 143820    | 0,24                 | 2192                  | 0,46                 | 7294      | 0,14                 | 66                          | 0,24  |
| 1887                                  | 5306                  | 0,38                 | 51332     | 0,02                 | 20654     | 0,05                 | 35152                 | 0,43                 | 141798    | 0,38                 | 2192                  | —                    | 7004      | —                    | 73                          | 0,28  |
| 1888                                  | 4666                  | —                    | 44750     | 0,34                 | 10084     | —                    | 32598                 | 1,35                 | 140726    | 0,65                 | 586                   | 2,28                 | 7026      | 0,57                 | 160                         | 0,64  |
| Schienen<br>Jahre                     | 241015                | —                    | 1902941   | —                    | 371086    | —                    | 729575                | —                    | 1693310   | —                    | 99512                 | —                    | 76930     | —                    | —                           | —     |
| Im<br>Ganzen                          | 2515037               |                      |           |                      |           |                      | 2422885               |                      |           |                      | 176412                |                      |           |                      | —                           | —     |
| Schienen<br>Brüche<br>Aufs<br>Tausend | —                     | 16                   | —         | 183                  | —         | 11                   | —                     | 218                  | —         | 642                  | —                     | 57                   | —         | 20                   | —                           | —     |
|                                       | —                     | 0,066                | —         | 0,096                | —         | 0,030                | —                     | 0,299                | —         | 0,379                | —                     | 0,573                | —         | 0,260                | 1147                        | 0,224 |
| Im Ganzen . . .                       | 210                   |                      |           |                      |           |                      | 860                   |                      |           |                      | 77                    |                      |           |                      | 1147                        |       |
| Durchschnitt aufs<br>Tausend . . .    | 0,085 ‰               |                      |           |                      |           |                      | 0,358 ‰               |                      |           |                      | 0,403 ‰               |                      |           |                      | 0,224 ‰                     |       |

des Bedarfes bei der ersten Einführung auch Werke herangezogen werden mußten, die noch nicht genügende Erfahrung besaßen. Dafs gerade die St. B.- und B-Schienen aus Puddelstahl die geringsten Bruchzahlen ergeben, erklärt sich aus deren ausschließlichem Bezuge aus Werken, die mit der Erzeugung des Puddelstahles schon vertraut waren. Nach Einführung der Bessemerschienen des Querschnittes B, wurde nur noch der Betrag an Puddelschienen B beschafft, welcher in ersterem Materiale nicht zu beschaffen war; dieser konnte von den bewährten Werken bezogen werden, und so ergibt auch der B-Querschnitt eine vergleichsweise sehr geringe Bruchzahl von 0,03<sup>0/100</sup>.

Bei den Bessemerschienen fällt besonders auf, dafs die um 13% schwereren und mit 12,9% gröfserem Widerstandsmomente ausgestatteten B-Schienen für die Jahre 1872/83 mit 0,422<sup>0/100</sup> fast die doppelte Bruchzahl der A-Schienen mit 0,221<sup>0/100</sup> für die Jahre 1866/83 erreichen und dafs die Brüche bei B in den Jahren 1873 bis 1883 die bei A regelmäfsig überwiegen. Dies ist um so auffallender, als beide nicht wesentlich verschiedenen Radlasten ausgesetzt waren, und die B-Schienen aus den gleichen Werken wie die A-Schienen, und zu einer Zeit bezogen wurden, zu welcher man schon weitgehende Erfahrungen über die Bedingungen der Erzeugung guten Bessemerstahles gesammelt hatte. Auch die Lage- und Witterungsverhältnisse

waren für beide Schienenarten durchschnittlich die gleichen. Der Grund der höheren Bruchzahl kann danach nur in den Verhältnissen der Querschnittsform B gesucht werden. Schon beim Entwerfen des Querschnittes A, erklärten sich die Walztechniker mit diesem wegen der günstigen Abkühlungs- und Durcharbeitungs-Fähigkeit des schwachen Kopfes ganz besonders einverstanden, Vortheile, die auch bei Verwendung des Bessemerstahles bestehen blieben. Im Querschnitte B sind diese günstigen Verhältnisse aufgehoben.

Nun schlägt aber dieses Bruchverhältnis bei Fortbestand aller Verhältnisse von 1884 anfangend um, und gestaltet sich immer günstiger für die B-Schienen. Im Abschnitte 1884/88 steigt die Bruchzahl der A-Schienen auf 0,554<sup>0/100</sup>, also um 146%, während sie bei den B-Schienen auf 0,355<sup>0/100</sup>, also um 16% fällt. Hierin ist wohl eine Bestätigung der Wöhler'schen Versuchsergebnisse zu sehen, dafs eine häufige Wiederholung der Spannung auch unterhalb der Elastizitätsgrenze schließlich den Bruch herbeiführt. Die Anzahl der Wiederholungen der Belastung ist aus den Zusammenstellungen 18 bis 22 zu entnehmen, wenn man in die gesammte Bruttolast mit der durchschnittlichen Radlast dividirt. Die Zusammenstellung 46 zeigt nun die Zahl der Beanspruchungen, welche vor eintretendem Bruche stattfanden.

46.

Vergleichende Zusammenstellung der Schienenbrüche vom Beginne der Benutzung der Schienen bis zum Eintritte der auffallenden Vermehrung der Brüche und von da ab bis Ende des Jahres 1888, unter Bezugnahme auf die Zusammenstellungen 18 bis 24, von Bessemerstahlschienen des Querschnittes A, Fig. 85, (zum Nachweise des Einflusses des Wöhler'schen Gesetzes).

| 1  | 2                     |                     | 3                 | 4    | 5     | 6     | 7  | 8                |                             |   |   |                           |  | 9                |   |  |   |                   |   | 22   | 23 |                  |   |  |   |     |
|----|-----------------------|---------------------|-------------------|------|-------|-------|----|------------------|-----------------------------|---|---|---------------------------|--|------------------|---|--|---|-------------------|---|------|----|------------------|---|--|---|-----|
|    | Benutzung d. Schienen |                     |                   |      |       |       |    | Benutzungs-Jahre | Zahl der verlegten Schienen | Ueber d. Schienen gefahrene Millionen Brutto-Tonnen | Millionen über die Bahn gefahrene Räder | Zahl gebrochener Schienen | 1. Zeitabschnitt bis zum Beginne vermehrter Brüche |                  |   | 2. Zeitabschnitt vom Beginne vermehrter Brüche bis Ende 1888 |   |                   | Verhältniss der im 2. Zeitabschnitte gebrochenen Schienen, bezogen auf den 1. Zeitabschnitt |      |    |                  |   |  |   |     |
|    | von                   | bis                 |                   |      |       |       |    |                  |                             |   |   |                           | Jahr   | Benutzungs-Jahre | Millionen über die Bahn gefahrene Räder | Mittlere Belastung d. üb. d. Bahn gefahrenen Räder           | Zahl derselben im Jahre für 1000 Schienen auf 1 Million Räder | Jahr              |   |      |    | Benutzungs-Jahre | Millionen über die Bahn gefahrene Räder | Mittlere Belastung d. üb. d. Bahn gefahrenen Räder | Zahl derselben im Jahre auf 1000 Schienen auf 1 Million Räder |     |
|    |                       |                     |                   |      |       |       |    |                  |                             |   |   |                           |  |                  |   |  |   |                   |   |      |    |                  |   |  |   | von |
| 18 | 1867                  | 1888                | 22                | 1466 | 57,76 | 12,93 | 6  | 1867             | 1887                        | 21  | 12,21                                   | 2140                      | 4  | 0,13             | 0,328                                   | 1887   | 1888  | 1                 | 0,72  | 2258 | 2  | 1,36             | 2,788                                   | 1: 10,5  | 1: 8,5  |     |
| 19 | 1867                  | 1888                | 22                | 1372 | 56,30 | 12,64 | 23 | 1867             | 1882                        | 16  | 8,61                                    | 2177                      | 6  | 0,27             | 0,696                                   | 1883   | 1888  | 6                 | 4,02  | 2251 | 17 | 2,06             | 4,224                                   | 1: 7,6   | 1: 6,1  |     |
| 20 | 1869                  | 1888                | 20                | 2540 | 64,53 | 11,68 | 18 | 1869             | 1882                        | 14  | 7,62                                    | 2679                      | 5  | 0,14             | 0,656                                   | 1883   | 1888  | 6                 | 4,06  | 2818 | 13 | 0,85             | 3,202                                   | 1: 6,1   | 1: 4,9  |     |
| 21 | 1867                  | 1887 <sup>1/2</sup> | 21 <sup>1/2</sup> | 1490 | 94,12 | 15,38 | 19 | 1867             | 1885                        | 19  | 13,42                                   | 3158                      | 19   | 0,67             | 1,416                                   | 1886   | 1887 <sup>1/2</sup>   | 21 <sup>1/2</sup> | 1,96  | 3749 | 8  | 1,69             | 4,082                                   | 1: 2,5   | 1: 2,9  |     |
| 22 | 1871                  | 1888                | 18                | 1682 | 64,05 | 9,66  | 5  | 1871             | 1887                        | 17  | 8,99                                    | 3244                      | 2  | 0,07             | 0,222                                   | 1887   | 1888  | 1                 | 0,67  | 3721 | 3  | 1,79             | 4,460                                   | 1: 25,6  | 1: 20,9   |     |
| 23 | 1870                  | 1888                | 19                | 2310 | 68,52 | 11,05 | 7  | 1870             | 1886                        | 17  | 9,62                                    | 2572                      | 2  | 0,05             | 0,208                                   | 1886   | 1888  | 2                 | 1,43  | 3519 | 5  | 1,08             | 3,496                                   | 1: 21,6  | 1: 16,8   |     |
| 24 | 1871                  | 1888                | 18                | 3372 | 80,10 | 11,92 | 9  | 1871             | 1884                        | 15  | 8,74                                    | 3331                      | 3  | 0,06             | 0,344                                   | 1885   | 1888  | 4                 | 3,18  | 3707 | 6  | 0,44             | 1,892                                   | 1: 7,3   | 1: 5,5  |     |

Diese Zusammenstellung zeigt den plötzlichen Wechsel im Verhalten der Schienen um so auffallender, als man aus der Beschränkung der Schwellenentfernung von 1000<sup>mm</sup> auf 800<sup>mm</sup> in den letzten Jahren nach 1884 eine Abnahme der Brüche hätte erwarten sollen, wie sie bei den B-Schienen — und zwar um 16% — nach Zusammenstellung 45 auch wirklich eintrat. Ohne diese Verstärkung der Unterstützung würde die Bruchzahl zweifellos noch gröfser geworden sein. Bestimmte ziffermäfsige Schlüsse lassen sich aus Zusammenstellung 46 nicht ziehen, weil sie auch die in Folge von Fehlern entstandenen

Anfangsbrüche enthält, immerhin ist aber in dem bisher nicht beobachteten Anwachsen der Brüchigkeit von einem bestimmten Zeitpunkte an eine Bestätigung des Wöhler'schen Gesetzes zu erkennen.

Dafs bei den Bessemer-B-Schienen abgesehen von Einzelfällen im Ganzen eine nicht unwesentliche Abminderung der Brüche eingetreten ist, wurde bereits betont.

Bei den Martinschienen macht sich bisher keine Zunahme der Brüche bemerkbar. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dafs auch für diese Schienen ein Zeitpunkt kommen wird, von welchem

an sich die von Wöhler beobachtete Erscheinung des Brechens unter geringer Belastung bemerkbar macht. Für die Eisenbahnen wäre diese Erfahrung von schwerer wirtschaftlicher Bedeutung, wenn unter Umständen und mit Rücksicht auf die zunehmende Bruchunsicherheit ganze Bahnstrecken zur Auswechslung gelangen sollten, deren Schienen noch nicht bis zur zulässigen Grenze ausgenutzt oder abgenutzt sind.

Bei den Martinschienen ist nach Zusammenstellung 45 übrigens der Querschnitt A dem häufigeren Brechen im Verhältnisse 2,21:1 ausgesetzt. Dies Ergebnis ist nur scheinbar, und rührt vom Bezuge aus verschiedenen Werken her. Anders stellt sich die Sache beim Vergleiche der Schienen aus einer Bezugsquelle, die z. B. für alle A-Schienen und die ersten Lieferungen der B-Schienen vorliegt. Die Bruchziffern sind hier  $0,573\text{‰}$  bzw.  $0,744\text{‰}$  Stück; es brachen also 1,29 mal so viel B-Schienen als A-Schienen, ein Verhältnis, das sich bei den Bessemerschienen auf 1,27 stellt. Der Rest der Martin-B-Schienen ergab freilich nur  $0,103\text{‰}$  der 58110 Benutzungsjahre an gebrochenen Schienen. Diese Schienen sind als von bester Beschaffenheit bekannt und liefern den Beweis, daß die Güte der Schienen das beste Mittel gegen den Bruch ist. Die wichtigste Grundlage zur scharfen Feststellung des Einflusses der Beschaffenheit auf die Brüchigkeit, die Festigkeitsproben und chemischen Untersuchungen, fehlen leider. Auch in der Vereinsstatistik ist die Beobachtungszeit zu kurz, und da die Brüche dort nur der Zahl nach angegeben sind, so läßt sich ihre Beeinflussung durch die Beschaffenheit der Schienen selbst da nicht nachweisen, wo diese durch Untersuchungen festgelegt ist. Die hier verfolgten Schienen stammen größtentheils auch aus einer Zeit, wo Vorschriften über die Güteproben noch nicht bestanden.

Daß gute Schienen weniger brechen, folgt auch aus dem Zusammenfallen der geringsten Bruchzahlen mit den höchsten Zerstörungslasten in den Zusammenstellungen 18 bis 31. In No. 27 sind nach 16jährigem Befahren mit den schwersten Rädern durch 61,7 Millionen Tonnen nur 3 Schienen zerstört, so daß die Ausnutzungslast noch nicht zu berechnen ist, und dabei kam kein Bruch vor, ebensowenig in No. 29, wo nach 12 Jahren durch 49,9 Millionen Tonnen 4 Schienen zerstört waren, und die Zerstörungslast a 272,4 Millionen Tonnen betrug.

Uebrigens zeigen sich in dieser Beziehung folgende Verhältnisse:

1. In Zusammenstellung 25 über 1530 Schienen B mit 394,4 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 7 Stück.
2. In Zusammenstellung 26 über 2434 Schienen B mit 223,7 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 27 Stück.
3. In Zusammenstellung 28 über 2250 Schienen B mit 83 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 36 Stück.
4. In Zusammenstellung 30 über 1320 Schienen B mit 114,9 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 11 Stück.
5. In Zusammenstellung 31 über 1732 Schienen B mit 92,6 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 7 Stück.
6. In Zusammenstellung 22 über 1682 Schienen A mit 296,9 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 5 Stück.
7. In Zusammenstellung 23 über 2310 Schienen A mit 234,1 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 7 Stück.

8. In Zusammenstellung 24 über 3372 Schienen A mit 548,6 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 9 Stück.
  9. In Zusammenstellung 18 über 1466 Schienen A mit 157,9 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 6 Stück.
  10. In Zusammenstellung 19 über 1372 Schienen A mit 183,7 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 23 Stück.
  11. In Zusammenstellung 20 über 2540 Schienen A mit 221,3 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 18 Stück.
  12. In Zusammenstellung 21 über 1490 Schienen A mit 130,1 Millionen Tonnen Zerstörungslast brachen 29 Stück,
- wozu noch bemerkt werden muß, daß die Reihen 1 bis 8 und 12 hohen, die 9 bis 11 niedrigen Radlasten entsprechen. Die Zahlenreihe zeigt im Ganzen zweifellos ein Anwachsen der Brüche mit fallender Zerstörungslast, wenn auch eine Verhältniszahl wegen der Störungen durch nicht auszumerzende Neben-umstände nicht aufgestellt werden kann.

Den Einfluß der Jahreszeit auf die Schienenbrüche zeigt die nebenstehende Zusammenstellung 47.

Hiernach verhalten sich die im Januar vorkommenden Brüche zu denen im Mai wie 0,119:0,004 oder wie 29,75:1, und diese allgemein bekannte Erscheinung hat man vielfach aus einer Materialveränderung durch die Winterkälte zu erklären gesucht. Diese Ansicht ist nicht bewiesen, und wird auch durch Zusammenstellung 47 eher widerlegt als bestätigt. Nachweisungen über Grad und Dauer der Kälte von 1876 bis 1888 liegen leider nicht vor, doch war jedenfalls kein Winter so warm, daß wenn überhaupt ein so entschiedener Einfluß der Kälte Thatsache sein sollte, dieser wegen zu geringer Kältegrade hätte ausbleiben müssen. Jedenfalls ist der Unterschied der Bruchzahl aus den Monaten November bis März mit 9 für 1876/77, 10 für 1878/79 und 11 für 1881/82, gegenüber 72 für 1876, 62 für 1879/80 und 142 für 1887/88 nicht aus den verschiedenen Kältegraden zu erklären. Der Grund für die Winterbrüche ist in der Unnachgiebigkeit des gefrorenen Bodens und der unregelmäßigen Lage der Schwellen bei Frost nach Regenwetter zu erklären, namentlich wenn die Entwässerung mangelhaft und die Bettung nicht vollkommen durchlässig ist, und letzteres tritt selbst beim besten Steinschlage allmähig ein. Besonders gefährlich sind die nach scharfem Froste durch wechselndes Wetter entstehenden Frostbeulen, sowie das Aufthauen einzelner Schwellen.

Im März traten 1876 9, 1886 21, 1887 10, 1888 20 und durchschnittlich  $0,043\text{‰}$  Brüche ein, im Dezember nur 0,037, gewiß ist aber doch der März nicht kälter als der Dezember. Neben der Wahl guter Schienen bildet danach sorgfältigste Entwässerung das beste Mittel gegen Schienenbrüche.

### XIII. Schlußfolgerungen.

Als Begründung für das eingangs erwähnte Streben nach schwereren Schienen wurde vom 3. Eisenbahn-Congresse 1889 zu Paris festgestellt, daß die Schnellzugsgeschwindigkeit vor 20 Jahren 55 bis 69 im Mittel 63 km in der Stunde betrug, heute aber in Frankreich auf 65 bis 80 km mit Höchstgeschwindigkeiten von 110 bis 120 km angewachsen ist. Nach Michéel ist die Durchschnittsgeschwindigkeit in England 72 bis 85 km, in Amerika 66 km mit Höchstgeschwindigkeiten von 125 km.

47. Zusammenstellung der in den Jahren 1876 bis 1888 in den Bahnstrecken der Kaiser Ferdinands-Nordbahn verlegten Bessemerstahlschienen (Querschnitt A und B) mit den in dieser Zeit monatlich vorgekommenen Schienenbrüchen.

| Im Monate                      | 1876         |          | 1877         |          | 1878         |          | 1879         |          | 1880         |          | 1881         |          | 1882         |          | 1883         |          | 1884         |          | 1885         |          | 1886         |          | 1887         |          | 1888         |          | Brüche   |                       |
|--------------------------------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------|-----------------------|
|                                | Schienen     | Brüche ‰ | Zusammen | Mittel für das Jahr ‰ |
| Januar . .                     | 98861,0,405  | 40       | 102557,0,039 | 4        | 111981,0,170 | 19       | 135579,0,022 | 3        | 145147,0,172 | 25       | 150943,0,093 | 14       | 150943,0,020 | 3        | 157791,0,108 | 17       | 165821,0,024 | 4        | 173049,0,029 | 5        | 179723,0,039 | 7        | 179454,0,056 | 10       | 176950,0,447 | 79       | 230      | 0,119                 |
| Februar .                      | 98861,0,230  | 23       | 102557,0,020 | 2        | 111981,0,125 | 14       | 135579,0,044 | 6        | 145147,0,048 | 7        | 150943,0,040 | 6        | 150943,0,027 | 4        | 157791,0,019 | 3        | 165821       | —        | 173049,0,040 | 7        | 179723,0,072 | 13       | 179454,0,111 | 20       | 176950,0,124 | 22       | 127      | 0,066                 |
| März . . .                     | 98861,0,090  | 6        | 102557,0,010 | 1        | 111981,0,018 | 2        | 135579       | —        | 145147,0,028 | 4        | 150943,0,020 | 3        | 150943,0,013 | 2        | 157791,0,019 | 3        | 165821,0,012 | 2        | 173049,0,023 | 4        | 179723,0,117 | 21       | 179454,0,056 | 10       | 176950,0,113 | 20       | 81       | 0,043                 |
| April . . .                    | 98861,0,060  | 6        | 102557       | —        | 111981,0,036 | 4        | 136899,0,016 | 2        | 145147,0,007 | 1        | 150943       | —        | 152323,0,013 | 2        | 159547       | —        | 168547,0,006 | 1        | 173049,0,006 | 1        | 179723,0,017 | 3        | 179114       | —        | 176950,0,011 | 2        | 22       | 0,011                 |
| Mai . . .                      | 101607,0,030 | 3        | 102557,0,010 | 1        | 117283       | —        | 141561       | —        | 147443       | —        | 150943,0,007 | 1        | 156081       | —        | 159547,0,006 | 1        | 169085,0,006 | 1        | 175171       | —        | 179723       | —        | 179072       | —        | 173368,0,006 | 1        | 8        | 0,004                 |
| Juni . . .                     | 102607       | —        | 102557       | —        | 118441       | —        | 142489,0,014 | 2        | 148865,0,007 | 1        | 150943       | —        | 156081       | —        | 162079,0,006 | 1        | 170547,0,012 | 2        | 176315,0,017 | 3        | 179723       | —        | 178824,0,006 | 1        | 173368       | —        | 10       | 0,005                 |
| Juli . . .                     | 102557,0,010 | 1        | 105045,0,010 | 1        | 129463       | —        | 145147,0,014 | 2        | 150265,0,013 | 2        | 150943       | —        | 156295       | —        | 1633503      | —        | 171873,0,006 | 1        | 176837,0,045 | 8        | 179616,0,011 | 2        | 178104       | —        | 173324,0,006 | 1        | 18       | 0,009                 |
| August . .                     | 102557,0,010 | 1        | 105837       | —        | 135579       | —        | 145147       | —        | 150943       | —        | 150943,0,007 | 1        | 156295,0,006 | 1        | 165215,0,024 | 4        | 171845       | —        | 178877,0,006 | 1        | 179454       | —        | 177614,0,006 | 1        | 173324       | —        | 9        | 0,005                 |
| September                      | 102557       | —        | 107577       | —        | 135579,0,014 | 2        | 145147       | —        | 150943       | —        | 150943       | —        | 157791,0,006 | 1        | 165821,0,006 | 1        | 171929,0,006 | 1        | 179597,0,011 | 2        | 179454,0,017 | 3        | 177614,0,006 | 1        | 173324,0,006 | 1        | 12       | 0,006                 |
| October                        | 102557       | —        | 108199       | —        | 135579,0,014 | 2        | 145147       | —        | 150943       | —        | 150943,0,007 | 1        | 157791,0,006 | 1        | 165821,0,012 | 7        | 173049,0,023 | 4        | 179597,0,011 | 3        | 179454,0,017 | 3        | 177466,0,028 | 5        | 173324,0,006 | 1        | 21       | 0,011                 |
| November                       | 102557,0,010 | 1        | 111981,0,027 | 3        | 135579,0,007 | 1        | 145147,0,014 | 2        | 150943,0,007 | 1        | 150943,0,007 | 1        | 157791       | —        | 165821,0,042 | 3        | 173049       | —        | 179597,0,017 | 3        | 179454       | —        | 176950,0,017 | 3        | 173324,0,029 | 5        | 27       | 0,013                 |
| December                       | 102557,0,010 | 1        | 111981,0,054 | 6        | 135579       | —        | 145147,0,165 | 24       | 150943,0,007 | 1        | 150943,0,007 | 1        | 157791,0,025 | 4        | 165821,0,018 | 3        | 173049,0,023 | 4        | 179723,0,028 | 5        | 179454,0,017 | 3        | 176950,0,102 | 18       | 173324,0,023 | 4        | 74       | 0,037                 |
| Zusammen                       | 1215000      | 85       | 1265962      | 18       | 1491006      | 44       | 1698568      | 41       | 1782876      | 42       | 1811316      | 28       | 1861268      | 18       | 1946548      | 42       | 2040436      | 20       | 2117910      | 41       | 2155224      | 55       | 2140070      | 69       | 2198480      | 136      | 639      | 0,323                 |
| Brüche von 1000 Stück Schienen | —            | 0,070    | —            | 0,014    | —            | 0,030    | —            | 0,024    | —            | 0,024    | —            | 0,015    | —            | 0,010    | —            | 0,022    | —            | 0,010    | —            | 0,019    | —            | 0,025    | —            | 0,032    | —            | —        | —        | 0,062                 |

Auf der nicht durch die Ingenieure, sondern probeweise durch das Abgeordnetenhaus eingeführten Goliathschiene in Belgien zwischen Mecheln und Brüssel darf in gerader Strecke mit 100, in Krümmungen mit 80 km Geschwindigkeit gefahren werden. Zahlreiche andere Beispiele aus verschiedenen Ländern sind im »Organe« 1890, S. 116 u. 159 mitgeteilt. In Oesterreich sind die Durchschnittsgeschwindigkeiten wegen häufiger Aufenthalte gering, auf der Kaiser Ferdinands-Nordbahn wird aber gleichwohl bei Schnellzügen mit selbstaufzeichnenden Geschwindigkeitsmessern mit 80 km Geschwindigkeit gefahren.

In England, Amerika, z. Th. auch in Frankreich treibt der Wettbewerb der Bahnen zur Steigerung der Geschwindigkeit, und die dazu nöthigen Umbauten werden durch die Lageverhältnisse der Bahnen und den niedrigen Zinsfuß begünstigt. Das Durchführen von Zügen ohne Aufenthalt auf so große Strecken, das Wasseraufnahme während der Fahrt nöthig wird, die prächtige Ausstattung der Wagen sind in der Lebenslage der Bewohner jener Länder begründet, welche selbst für die theuersten Schnellzüge noch ausgiebige Benutzung ermöglicht. In Deutschland und noch mehr in Oesterreich liegen die Verhältnisse in allen Beziehungen anders.

Die Schnellzüge mit ihrer vergleichsweise großen Bruttolast bedingen durch die erforderten schweren Locomotiven die Verstärkung des Oberbaues, und mit dieser könnten sich die Verwaltungen vielleicht in der Hoffnung auf Verminderung der Unterhaltungskosten einverstanden erklären, wenn damit die Anpassung der Bahnen an die neuen Verhältnisse abgeschlossen wäre. Das ist aber nicht der Fall. Bei allen älteren Bahnen sind die Brücken, Drehscheiben u. Schiebbühnen für die schweren Locomotiven zu schwach und auch die sonstigen Betriebsanlagen bedürfen mancherlei Vervollständigung für die große Geschwindigkeit.

Dafs es bei der Erbauung nicht an weitgehender Voraussicht gemangelt hat, zeigt sich z. B. daraus, dafs die Bahnstrecken mit den alten Schienen trotz des starken Anwachsens von Last und Geschwindigkeit in tadellosem Zustande sind und dafs bei dem ungewöhnlich starken Verkehr der Kaiser Ferdinands-Nordbahn wohl starke Schienenausnutzungen, aber keine Unfälle eingetreten sind, deren Grund in für die Fahrgeschwindigkeit zu schwachen Schienen zu erkennen wäre.

Auch Ingenieur Michél berichtete dem Congress in Paris 1889, dafs die mittlere Geschwindigkeit in Frankreich 65 bis 80 km in der Stunde bei 110 bis 120 km grösster Geschwindigkeit z. B. bei der Nordbahn betrage, doch hat gerade die Nordbahn erst 1888 angefangen, ihre 30 kg schweren Schienen durch solche von 42 kg zu ersetzen. Haben durch die Schienen veranlafste Unfälle hierzu Anlafs gegeben? Dem Verfasser will es scheinen, als ob man ungerechter Weise die schweren Unfälle, welche in Folge zu schnellen Fahrens mit dazu ungeeigneten Locomotiven eingetreten sind (Borki), den Schienen zu Last legt, die nicht im Stande waren, den unmäßigen Ansprüchen zu genügen, d. h. als ob man die Fehler, die in Bau und Verwendung der Locomotiven gemacht werden, durch einen auch diesen entsprechenden, d. h. zu starken Oberbau wieder ausgleichen will. Durch M. M. v. Webers Versuche und langjährige Erfahrung ist genugsam erwiesen, dafs ein solches Bestreben nicht zum Ziele führt. Gestatten die übrigen, namentlich die Lage-Verhältnisse der Bahn besonders hohe Geschwindigkeiten, so ist es heute für den Ingenieur nicht schwer, entsprechende Schienen zu entwerfen, und jedenfalls steht in der Vermehrung der Schwellen ein Mittel zu Gebote, welches gestattet, die Geleise rascher und mit weniger Kosten jeder verlangten Geschwindigkeit anzupassen, als das durch Verstärkung der Schienen möglich ist. Uebrigens sind wichtigere Grundlagen eines Schienenentwurfes als die Fahrgeschwindigkeit die völlige Bruchsicherheit, die möglichst hohe Ausnutzungsfähigkeit und hohe Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung.

Nach Ausweis des Abschnittes XII und der Zusammenstellung 45 ist Gewichtsvergrößerung der Schienen durchaus kein durchschlagendes Mittel gegen Bruch. Es ist nicht zu bezweifeln, dafs ganz gleich gute Vertheilung völlig gleichen Materials bei ganz gleicher Benutzung in schwerer Schiene weniger Brüche liefern wird, als in leichter. Es haben aber bei der Kaiser Ferdinands-Nordbahn die B-Schienen nach langjähriger Benutzung unter ganz gleichen Verhältnissen bei 13 % Mehrgewicht doppelt so viele Brüche geliefert, als die A-Schienen, und da beim Entwerfen der B-Schiene alle Sorgfalt angewendet ist, so folgt hieraus, dafs die oben bezeichneten Bedingungen der gröfseren Bruchsicherheit nicht leicht zu erfüllen sind. Der Fehler der B-Schiene steckt in dem hohen Kopfe, welcher aus der Annahme hervorging, dafs die Abnutzung der einzige Grund für das Unbrauchbarwerden dieser schweren Bessemerschienen sein werde. Es ist hier der Beweis geliefert, dafs geringe Unterschiede in der Materialvertheilung eine leichtere Schiene gradezu zur sicherern zu machen im Stande sind. Die Gründe dieser Erscheinung sind, wie schon betont wurde, leider mangels der Festigkeits- und chemischen Untersuchungen nicht ganz aufgeklärt.

Dafs es möglich ist, auch die B-Schiene bruchsicher herzustellen, beweisen die Zusammenstellungen 27 und 29, nach denen von 1880 bzw. 1682 B-Schienen nach 16 bzw. 12 Jahren unter 62 bzw. 50 Mill. Tonnen noch keine gebrochen war. Der Gesamtterfolg zeigt aber zweifellos, dafs die Herstellung der B-Schiene eine minder sichere war. Auch die Vereinsstatistik von 1887 zeigt Fälle, in denen den Gütevorschriften genügende Schienen viele, und ungenügende Schienen wenig Brüche ergaben, wenn im grofsen Ganzen auch die Bruchsicherheit mit der Erfüllung der Gütevorschriften steigt. Es fehlen aber auch hier die chemischen Proben, und die vergleichsweise geringen und meist ziemlich geschäftsmäßig angestellten Festigkeitsuntersuchungen geben keine völlig zuverlässige Grundlage, woraus sich jene Schwankungen zum Theile erklären. Behufs Gewinnung sicherer Grundlagen müfsten die Schienenprüfungen den gut eingerichteten Versuchsanstalten überwiesen werden.

Die Ausnutzungsfähigkeit ist wichtiger für die Unterhaltungskosten, als für die Sicherheit der Bahnen. Aber auch diese wirthschaftlich bedeutende Eigenschaft ist nicht ohne weiteres von dem Gewichte abhängig, denn die Zusammenstellung 40 zeigt, dafs die Ausnutzungsfähigkeit der Bessemer B-Schienen (No. 18 bis 31) gegenüber der der A-Schienen nicht im Verhältnisse der Gewichte gewachsen ist; bei den Martinschienen (No. 32 bis 36) sind in dieser Beziehung die B-Schienen den A-Schienen sogar der reinen Zahl nach unterlegen und überall kommen die kleinsten Zerstörungslasten gerade bei den B-Schienen vor. Auch hier zeigen die grofsen Schwankungen in den Ausnutzungszahlen der einzelnen Lieferungen der B-Schienen, dafs die Art des Querschnittes nicht allein der Grund der Minderleistung ist, neben ihr haben sicher auch die chemischen Eigenschaften mitgewirkt. Es bleibt aber die Thatsache, dafs es nicht möglich gewesen ist, die schwere Schiene durchschnittlich so ausnutzungsfähig herzustellen, wie die leichte.

Das Zusammenfallen hoher Ausnutzungslasten mit wenigen Brüchen in No. 27 und 29, sowie niedriger Ausnutzungslasten mit vielen Brüchen in 19, 21, 26 und 28 zeigt auferdem, dafs Bruchsicherheit und Ausnutzungsfähigkeit im Allgemeinen zusammengehen und die Erreichung hoher Ausnutzbarkeit steigert somit die Bruchsicherheit.

Die Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung wurde erst von einem Zeitpunkte ab beobachtet, als die A-Schienen schon lange benutzt waren, ist also nur für die B-Schienen verlässlich festgestellt, und es fehlt hier somit die Vergleichsgrundlage. Immerhin zeigten die Erläuterungen zu No. 21, dafs hier eine Schienenlieferung A minderer Güte nach Belastung mit 94,12 Mill. Tonnen beseitigt wurde, weil die Zerstörung auf 36,17 % gewachsen war, nicht wegen zu grofser Abnutzung. Für die B-Schienen sind die Abnutzungsverhältnisse in XI klar gelegt und mit den Angaben der Vereinsstatistik von 1887 verglichen.

Es mag aber noch hervorgehoben werden, dafs Auswechslungen wohl in Folge zu starker Seitenabnutzung in Bögen vorkommen, aber solche wegen übermäßiger Höhenabnutzung sind bisher nicht bekannt geworden.

Da Dichtigkeit und Gleichartigkeit des Materials gleichzeitig auf Förderung der Bruchsicherheit, der Ausnutzbarkeit und der Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung wirken, so ist

auch daraus zu schliessen, daß die Abnutzung wohl niemals Grund der Auswechslung sein wird.

Die in Paris 1889 befürwortete Gewichtserhöhung der Schienen liegt zwar zwischen weiten Grenzen, deren untere überschreitet aber schon das schwerste Gewicht, das, abgesehen von der 1886 zuerst verlegten Goliathschiene, bis 1888 verwendet war. Dem gegenüber glaubt der Verfasser aus den Aufzeichnungen der Kaiser Ferdinands-Nordbahn nachgewiesen zu haben, daß alle dort verwendeten Oberbauten, insbesondere die, wenn auch vergleichsweise nicht vollkommenste, so doch an sich betrachtet leistungsfähigste B-Schiene auch den neuesten Anforderungen in einer Weise genügt hat, welche ausreichende Leistungsfähigkeit auch gegenüber den innerhalb der behördlich gesetzten Grenzen noch möglichen Steigerung der Last und Geschwindigkeit mit Sicherheit erwarten läßt. Auch zeigen die Vergleiche mit der Vereinsstatistik von 1887, daß auf den deutschen Bahnen eine Ueberlegenheit der Güte der Schienen nur für einzelne Lieferungen zu erkennen war, im Ganzen gleiche Verhältnisse vorlagen und hier wie dort steht also in der Verstärkung der Schienenunterstützung ein Mittel zu Gebote, welches für längere Zukunft allen Ansprüchen ohne vollständigen Umbau der Bahnen gerecht zu werden gestattet, und dieses muß verwendet werden, wenn plötzlich erhöhte Anforderungen gestellt werden sollten, denn dann schreitet der Umbau zu langsam vor.

Der Verfasser hat an anderer Stelle schon die Bedenken hervorgehoben, welche der Vergrößerung der Geschwindigkeit entgegenstehen. Da man aber deren Einführung wie auch die anderer Einrichtungen, welche erhöhte Leitung der Bahnen bedingen, namentlich unter dem Drucke der öffentlichen Meinungen heute wohl als bevorstehend befürchten muß, so sollen hier, trotzdem der Verfasser eine Lanze für die Schienen alten Gewichtes eingelegt hat, diejenigen Gesichtspunkte noch erörtert werden, welche nach den langjährigen Erfahrungen des Verfassers bei dem Entwurfe schwererer Querschnitte maßgebend sein sollten.\*)

Vor allem darf nicht das Gewicht der Schiene, sondern die Belastungsart den Ausgangspunkt bilden, welche für die Tragfähigkeit maßgebend ist. In dieser Beziehung ist die wichtigste Frage die der Fußbreite, deren Wachsen zwar bei gleichem Gewichte, wenn die Entnahme von Stoff aus dem hohen Kopf nicht genügen sollte, eine Höhenabnahme, d. h. eine Verminderung der Widerstandsfähigkeit bedingen würde, für welche aber mit Rücksicht auf den festen Stand unter Seitenstößen das von Baudirector Hohenegger 1889 in Paris empfohlene Verhältnis zur Kopfbreite von 90:100 wohl als die untere Grenze anzusehen ist. Die Kopfhöhe ist nach den unter XI und XII erbrachten Nachweisen, daß die Abnutzung selten Grund des Auswechslens ist und daß die Brüchigkeit durch große Kopfhöhe gesteigert wird, in letzter Zeit zu weit getrieben. Sie soll schon mit Rücksicht auf gute Walzbarkeit, dann aber auch aus dem Grunde nicht zu weit gesteigert werden, weil der hohe Kopf der Ausbildung kräftiger d. h. hoher Laschen im Wege steht.

\*) Ueber die neuesten Vorschläge des Nordamerikanischen Ingenieurvereins siehe: Organ 1889, Seite 205.

Für die Stegstärke sind nicht die Festigkeitsverhältnisse sondern die Walzvorgänge maßgebend; der statisch noch zulässige Steg ist für das Walzen auch nach M. M. v. Weber zu dünn. Das gleiche gilt von der Fußdicke, für welche anderseits die durch gute Verlaschung bedingte Formgebung maßgebend ist.

Die Kopfbreite, welche Ingenieur Michél zwischen 60 mm und 72 mm zu halten empfiehlt, sollte vorwiegend mit Rücksicht auf gute Abkühlung und Durchschmiedung beim Walzen gewählt werden.

Werden diese Gesichtspunkte gehörig berücksichtigt, so wird es gelingen, viele der bestehenden Querschnitte ohne Gewichtszunahme so umzuarbeiten, daß sie gleichzeitig erhöhte Tragfähigkeit und durch günstigere Walzverhältnisse auch vermehrte Güte erhalten, wenn nach wie vor die Güte des verwendeten Rohstoffes durch zweckmäßige Untersuchung sicher gestellt wird. Es ist daher dringend nöthig bei Neuentwürfen auch der Erfahrung des Hüttentechnikers weitgehenden Einfluß einzuräumen, welche oft durch statisch geringfügig erscheinende Abänderungen wesentlich zur Verbesserung des Schienengefüges und zur Minderung des Preises beitragen kann.

Bezüglich der Kopfoberfläche sollte die Gestalt der Radreifen maßgebend sein. Es wurde schon unter XI erwähnt, daß sich nach der Vereinsstatistik von 1887 auf Strecken von verschiedenem Alter und Verkehre ganz allgemein das Bestreben der Schienen zeigt, bei der Abnutzung die Gestalt der Reifen anzunehmen. Bei den alten und sehr schwer belasteten Schienen der Kaiser Ferdinands-Nordbahn zeigt sich dieses Bestreben noch viel stärker. Das führt zu dem Gedanken, daß durch entsprechendere Formung des Kopfes zugleich die schiefe Belastung durch die Reifen vermieden und eine erhöhte Ausnutzungsfähigkeit erzielt werden kann, weil dann auch die Schläge an den Stößen die Kopfmittle, und nicht, wie jetzt, die innere Kopfhälfte treffen würden. Solche den Reifen angepaßte Schienen waren in den vierziger Jahren, namentlich in Preußen, sehr verbreitet, wurden aber von Weishaupt aus dem Grunde bekämpft, weil sie nicht umwendbar seien, und wegen der lothrechten Stellung nach außen gedrückt würden. Die Wendbarkeit hatte damals Bedeutung, weil selbst unter leichten Lasten oft schnell große Theile des Kopfes der schweißeisernen Schiene verdrückt wurden; heute denkt niemand mehr an das Wenden, die ausgenutzten Schienen werden mit der entstandenen Form anstandslos in Nebengeleisen wieder verlegt.

Das Hinausdrücken der Schienen zu verhindern, gelang bei der anfänglich sehr schwachen Befestigung namentlich in scharfen Bögen nur durch Einziehen von Spurstangen. Bei den neuen starken Befestigungen und breiten Füßen wäre es selbst bei lothrechter Schienenstellung nicht zu besorgen. Die Belgische Staatsbahn stellt die Goliathschiene auch lothrecht, obwohl sie sehr hoch und die Kopfoberfläche wagerecht ist.

Wenn also aus früherer Zeit die Beseitigung der den Reifen genau entsprechenden Laufflächen erklärlich ist, so dürften sich bei dem offenbaren Bestreben der Schienen nach Anschmiegun an die Reifen, jetzt nach Beseitigung aller Einwände erneute Versuche mit entsprechender Schienenform oder Stellung um so

mehr dringend empfehlen, als dadurch besondere Kosten nicht entstehen.

Die von Ingenieur Michél empfohlenen großen Schienenlängen bis zu 12<sup>m</sup> haben im Technischen Ausschusse des Vereines früher immer Widerspruch gefunden. In erster Linie gab die weite Stofslücke, dann die Schwierigkeit der Beförderung hierzu Anlaß, weil nicht alle Bahnen hinreichend lange Wagen besaßen. Auch die Erschwerung der Auswechslung wurde gescheut, und schließlich fürchtete man, daß die große Länge nachtheilig auf die Sicherheit der Erzeugung gleichmäßig guter Schienen einwirken würde.

Hinreichend lange Wagen giebt es jetzt überall, gegen das Walzen langer Schienen hat sich in Paris von keiner Seite Widerspruch erhoben und über die Schwierigkeiten des Auswechslens scheint man sich hinweggesetzt zu haben. Nur das Hindernis der Stofslücke ist geblieben, und das hat zur Wiederaufnahme der schon von Winslow und mehreren amerikanischen Bahnen vor langer Zeit versuchten Zweitheilung der Schiene durch Haarmann geführt. Während Winslow die Stuhlschiene und die Amerikaner die breitfüßige Schiene wagerecht so theilten, daß ein Theil auf dem andern ruhte und beide Theile durch Nietung verbunden, auch bei unregelmäßiger Reifenform zum Tragen kamen, hat Haarmann bei seiner Schwellenschiene die Theilung durch eine lothrechte Mittelebene vorgenommen, und die Theile der Länge nach gegen einander verschoben, so daß eine durchgehende Schienenlücke nicht mehr

vorhanden ist. Die Verbindung geschah anfangs durch zwei Reihen von Nieten über einander, während neuerdings Bolzen verwendet werden. Auch abgesehen von den Höhenfehlern beim Walzen muß die unregelmäßige Gestalt der Reifen eine ungleiche Belastung beider Schienenhälften erzeugen, und der Verfasser kann nach seinen Erfahrungen auch dieser Lösung keine lange Dauer in Aussicht stellen.

Bislang ist eben kein durchaus befriedigendes Mittel gefunden, die Stofslücke zu beseitigen. Am aussichtsvollsten erscheint die von Ingenieur Michél empfohlene, bei der Goliathschiene durchgeführte Verwendung von über beide Stofschwelle reichenden Laschen\*) mit so starker Querschnittsausbildung, wie die Schiene selbst sie nur irgend gestattet. Vielleicht gelingt es bei diesen langen und starken Verlaschungen unter neuen Versuchen besser, das Rad im Stofse auf der entsprechend erhöhten Lasche laufen zu lassen, als das früher bei den kurzen und schwachen, z. B. nach Währer's Vorschlage, der Fall war, weil man nun eine hinreichend flache, d. h. lange Rampe zum Auf- und Ablafen des Rades erzielen kann. Bei der erforderlichen sorgfältigen Ausführung wäre dieses Mittel nicht billig, aber solche Kosten können gegenüber dem durch ruhige Ueberführung der Räder über die Stofslücken zu erzielenden Gewinne nicht in Frage kommen.

\*) In Amerika ist die Laschenlänge bis zu 122 cm gesteigert, Organ 1889, Seite 162.

## Explosion der Locomotive No. 804 auf der Station Falkenberg am 26. September 1889.

(Hierzu Zeichnungen Fig. 1 bis 11 auf Taf. XXXIV und Fig. 1 bis 3 auf Taf. XXXV.)

Die Locomotive 804 ist im Jahre 1868 als dreigekuppelte Güterzuglocomotive von Borsig in Berlin erbaut worden; die Form und Ausführung des Kessels ist in Fig. 1 u. 2, Taf. XXXIV dargestellt und die Hauptabmessungen derselben sind nachstehend zusammengestellt.

|                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| Kesseldurchmesser . . . . .      | 1360 <sup>mm</sup> |
| Länge des Kessels zwischen den   |                    |
| Rohrwänden . . . . .             | 3920 «             |
| Anzahl der Feuerröhren . . . . . | 214 Stück          |
| Dampfüberdruck . . . . .         | 7,3 at             |
| Heizfläche . . . . .             | 121,6 qm           |
| Rostfläche . . . . .             | 1,7 «              |
| Kolbendurchmesser . . . . .      | 471 <sup>mm</sup>  |
| Kolbenhub . . . . .              | 575 «              |
| Raddurchmesser . . . . .         | 1372 «             |
| Eigengewicht leer . . . . .      | 35 t               |
| «    dienstfähig . . . . .       | 38,5 t.            |

Die Locomotive 804 hat seit der Indienststellung 477 164 km durchfahren und befand sich vom 30. April bis zum 7. August 1889 das letzte Mal in größerer Ausbesserung, während welcher Kessel und Feuerbüchse geprüft und gedichtet, 27 Stehbolzen, welche theils angebrochen, theils undicht waren, erneuert, 36 Muttern für die Deckenanker der Feuerbüchse erneuert, sowie

der Reglerschieber ersetzt und sämtliche Dichtungen der Dampfrohre und Reinigungsöffnungen neu hergestellt wurden. In dieser Zeit, und zwar am 19. Juli, ist der Kessel der gesetzlichen Druckprobe mit 12,3 at Wasserdruck unterworfen worden; es sind dabei keinerlei Mängel an der Feuerbüchse und am Langkessel zu Tage getreten.

Nachdem die Locomotive seit dem 8. September 1889 wieder in Dienst gestellt war, explodirte der Kessel derselben am 26. September auf der Station Falkenberg während der langsamen Leerfahrt vom Locomotivschuppen nach dem zu übernehmenden Zuge und zwar beim Fahren über eine Weiche. Hierbei wurde ein etwa 1 qm großes Stück Blech aus der rechten Seite des äußeren Feuerkastens herausgerissen und der Rückdruck des durch die dadurch entstandene Oeffnung auströmenden Dampfes trennte die Locomotive vom Tender ab, schob sie ein Stück zur Seite und stürzte sie seitlich um, wobei das daneben liegende Herzstück mit den anstofsenden Schienen in senkrechter Richtung durchbrochen wurde.

In Fig. 3 bis 11, Taf. XXXIV und Fig. 2 u. 3, Taf. XXXV ist der Zustand des Feuerkastens nach der Explosion, sowie die Form und Lage des herausgerissenen Blechstückes ersichtlich gemacht.

Die sofort an Ort und Stelle vorgenommene Untersuchung ergab, daß der erste Bruch in der rechten, äußeren Feuer-

kastenwand dicht unter der wagerechten Nietreihe, welche die obere Feuerkastenhaube mit dem unteren Bleche verbindet, bei a b Fig. 4 und 5, Taf. XXXIV erfolgt war, wo sich ein alter Anbruch fast über die ganze Länge des Feuerkastens erstreckte. Weiter hat sich dann das aufgerissene Blechstück nach der gestrichelten Linie c d Fig. 3, Taf. XXXIV aufgebogen, bis es an den Flansch des Domes anstieß, ist dann bei der Nietreihe c ganz abgerissen und, unter Zertrümmerung der Führerstand-Ueberdachung, etwa 90<sup>m</sup> weit fortgeflogen. Leider ist dabei der Führer, welcher sich seitlich aus dem Führerhaus herausgebogen hatte, um nach den Weichen zu sehen, mit fortgerissen und getödtet worden. Der Heizer ist seitlich vom Tender herabgestürzt, hat sich nur einige leichte Verletzungen am Kopfe und Ellenbogen zugezogen und ist nach kurzer Zeit wieder in Dienst getreten.

Daß der Vorgang sich in dieser Weise vollzogen hat, ergibt sich aus der Beschaffenheit der Bruchfläche bei a b, aus dem Ansehen der Nieten bei c, welche an der unteren Seite sämtlich abgeschürft sind, aus der nach oben aufgebogenen Blechkante an der Bruchstelle bei c und endlich aus der Einbiegung des Blechstückes bei C. (Fig. 3, Taf. XXXIV.)

Das Aussehen der inneren Kesselwandungen und der Feuerbüchsedecke ergab, daß genügend Wasser im Kessel vorhanden gewesen ist, auch lagen keinerlei Anzeichen vor, aus welchen auf das Vorhandensein zu hohen Dampfdruckes vor der Explosion geschlossen werden konnte.

Ueber den Zustand der Verankerung des Feuerkastens und über die Verbindung desselben mit der Feuerbüchse ist folgendes festgestellt worden.

Ueber der Decke der Feuerbüchse und mit dieser in üblicher Weise durch Schrauben verbunden, liegen 13 starke Ankerbarren. Von diesen stützen sich 7 Stück mit ihren Enden auf die lothrechten Seitenwände der Feuerbüchse, während die übrigen 6 Stück bis zu den lothrechten Seitenwänden des Feuerkastens reichen, und nicht nur mit diesen durch Winkeleisen und Bolzen fest verbunden, sondern auch noch durch je zwei lothrechte Anker an der cylindrischen Decke des Feuerkastens aufgehängt sind. Diese 6 Ankerbarren haben einen doppelten Zweck zu erfüllen, sie sollen die Decke der Feuerbüchse halten und außerdem die lothrechten Seitenwände des Feuerkastens gegen seitliche Ausbiegung schützen. Der Zustand dieser Verankerung nach der Explosion ist in Fig. 8 bis 11, Taf. XXXIV und Fig. 2 u. 3, Taf. XXXV dargestellt. Auf der Explosionsseite waren die sämtlichen Bolzen ff, welche die über der Feuerbüchse liegenden Ankerbarren e mit der Feuerkastenwand verbinden, nach Fig. 8 bis 10, Taf. XXXIV frisch abgescheert, bis auf den der Rückwand zunächst liegenden Bolzen Fig. 11, Taf. XXXIV, der nur stark gebogen war. An diesem und an dem Bolzen des dritten Ankerbarrens waren die Köpfe, wie die Bruchflächen derselben zeigen, bereits früher abgebrochen. Auf der anderen, linken Seite des Feuerkastens zeigte die Befestigung der Ankerbarren keine Beschädigung. Die Bolzen i und h Fig. 3, Taf. XXXIV, durch welche die lothrechten Anker g an die Ankerbarren und an die am oberen Theile des Feuerkastens angeordneten L-Eisen angeschlossen sind, waren auf der Explosionsseite stark durchgebogen, Fig. 4, Taf. XXXIV, auch war an

einem Ankerbarren das eine Bolzenauge der Laschen g'g' Fig. 2, Taf. XXXV frisch ausgebrochen, während das andere einen alten Bruch zeigte. Von den Stehbolzen kk, welche die Seitenwände der Feuerbüchse gegen die Feuerkastenwände absteifen, war nur ein einziger und zwar der letzte in der oberen Reihe k' (Fig. 4, Taf. XXXIV) alt abgebrochen, während alle übrigen keinerlei Beschädigungen zeigten. Der Zustand der Verankerung vor dem Unfälle ist demnach ein solcher gewesen, daß derselbe keine Veranlassung zur Explosion des Feuerkastens gegeben haben kann, vielmehr muß der vorhandene alte Anbruch in der lothrechten Blechwand als die unmittelbare Ursache derselben angesehen werden und es bleibt zu prüfen, wie und wodurch dieser Anbruch entstanden ist.

Wie die eingehende Untersuchung des betreffenden Bleches ergeben hat, ist dasselbe nicht vollständig durchgeschweißt und es lassen sich ganz deutlich zwei übereinander liegende Platten von 9<sup>mm</sup> bzw. 7<sup>mm</sup> Dicke erkennen. (Fig. 6, Taf. XXXIV.) Die nach innen liegende stärkere Platte ist, wie in Fig. 3, Taf. XXXV angegeben, vollständig alt durchgebrochen, während die äußere schwächere Platte, in der noch eine zweite Trennungsfuge zu erkennen ist, frische Bruchfläche zeigt. Der alte Anbruch erstreckt sich fast auf die ganze Länge der Blechplatte in gerader, wagerechter Richtung und liegt einer Verbindungslinie der unteren Begrenzung der Nietköpfe gegenüber. In Fig. 7, Taf. XXXIV ist ein Theil der Bruchlinie in natürlicher Größe gezeichnet und es ist zu erkennen, wie diese in die Nietlöcher eintritt und dann stets in die gerade Richtung zurückkehrt. Dieser Anbruch konnte bei der Prüfung der Locomotive nicht gesehen werden, da er durch die Ueberlappung der angehängten Haube des Feuerkastens vollständig verdeckt wurde.

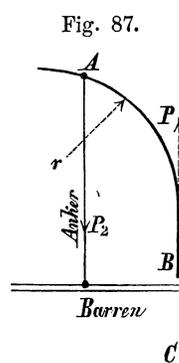
Zweifellos hat an dieser Stelle die Explosion begonnen und es ist leicht ersichtlich, daß, wenn hier das Feuerkastenblech einmal in wagerechter Richtung aufgerissen war, die Vollendung der Explosion durch die Nietverbindungen in den Feuerkastenecken nicht mehr aufgehalten werden konnte. Von Wichtigkeit ist deshalb die Untersuchung der Vorgänge an der Anbruchsstelle selbst und die Feststellung der hier auftretenden Kraftwirkungen.

Denkt man sich einen Blechstreifen ABC Fig. 87 von 1 cm Breite durch zwei lothrechte mit einander gleichlaufende Ebenen aus dem Feuerkasten herausgeschnitten, so wirkt auf denselben der Dampfdruck p für die Längeneinheit, dem bis zur Explosion die Zugfestigkeit des Bleches in der Bruchfläche das Gleichgewicht hielt. Bekanntlich ist aber bei einem Cylinder vom Halbmesser r, der einem inneren Drucke = p ausgesetzt ist, die Spannung des Umfanges an jedem Punkte = pr, es ist also auch hier die Kraft P, durch welche die Zugfestigkeit des Bleches an der Bruchstelle in Anspruch genommen wird,

$$P = p r = 547,5 \text{ kg}$$

oder auf die Flächeneinheit des 1,6 cm starken Bleches

$$= \frac{547,5}{1,6} = 342 \text{ kg für 1 qcm.}$$



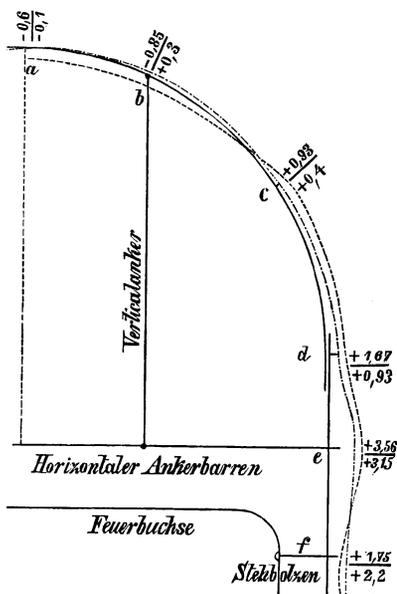
Diese an und für sich sehr kleine Beanspruchung ist aber in Wirklichkeit noch geringer gewesen, weil die vorstehend nicht in Rechnung gezogene Kraft  $P_2$  (Fig. 87), mit welcher der lothrechte Anker im Punkte A angreift, die Spannung  $P$  wesentlich verringern mußte, und es läßt sich hieraus die Entstehung des Anbruches an der Nietnaht nicht erklären. An dieser Stelle wird aber nicht allein Zug-, sondern auch Biegungsspannung im Bleche erzeugt, weil bei der Uebertragung der Kraft  $P$  von der Feuerkastenhaube auf die lothrechte Seitenwand durch die einschnittige Ueberlappungsverbindung ein den oberen Rand der Feuerkastenwand nach außen liegendes Moment entsteht.

Aus dem Kraftmoment kann aber nur dann die volle berechnete Inanspruchnahme des Bleches hervorgehen, wenn die hierzu erforderliche Durchbiegung eintritt. Dies ist aber thatsächlich nicht der Fall, weil schon die größere Steifigkeit der Blechüberlappung diese Durchbiegung wenigstens theilweise verhindert hat. Jedenfalls ist aber die Beanspruchung der Festigkeit des Bleches grade im Bruchquerschnitt eine größere gewesen, als an allen übrigen Stellen.

Zur weiteren Untersuchung der Vorgänge an der Anbruchsstelle wurde die Locomotive No. 800, welche mit der explodirten Locomotive 804 zu gleicher Zeit und in gleicher Ausführung von Borsig geliefert worden ist, unter den Prüfungs-Wasserdruck von 12,3 at gestellt, und die dabei vorgenommenen genauen Messungen ergaben das in Fig. 88 angedeutete

Bild der Formänderung des Kessels unter Druck. Die --- Linie zeigt die Formveränderung des Feuerkastens, und die beige-schriebenen unterstrichenen Zahlen geben die daselbst gemessenen Ausbiegungen in Millimeter an. In der Höhe der Queranker bei e ist die Ausbiegung am größten, nimmt dann nach oben hin ab, erreicht vor den lothrechten Anker ihren Nullwerth, und wird dann nach der Mitte zu negativ. Der obere Theil des Feuerkastens nimmt daher unter Druck eine elliptische Form an, der stetige Verlauf dieser neuen Krümmung wird aber weiter abwärts unterbrochen, indem von der wagerechten Nietnaht d bis zur ersten Stehbolzenreihe f eine stärkere Ausbiegung der äußeren Wand eintritt. Um den Einfluß der lothrechten Anker festzustellen, wurden diese sämtlich entfernt und dann fand eine Wiederholung der Druckprobe statt. Die nunmehr eingetretenen Formänderungen sind in Fig. 88 - - - - - eingezeichnet und durch die nicht unterstrichenen Zahlen gemessen. Wie zu erwarten war, so sind hierbei die Formveränderungen im oberen Theile des Feuerkastens geringer geworden, die größte Ausbiegung findet aber, wie vorher, in der Höhe der wagerechten

Fig. 88.



Ankerbarren statt, u. zw. sucht diese Biegung das lothrechte Seitenblech der Feuerkastenwand unter der Ueberlappungsverbindung so nach außen zu führen, daß an der Innenseite dieses Bleches Zugspannung entsteht, also da, wo nach Fig. 3, Taf. XXXV der alte Anbruch liegt.

In demselben Sinne wirkt aber an dieser Stelle auch die aus der einschnittigen Ueberlappung folgende Biegungsspannung. Die durch diese beiden Wirkungen hervorgerufenen Spannungen bleiben allerdings noch unter der Elasticitätsgrenze des Bleches, denn die Feuerkastenwände nahmen selbst nach dem hohen Probedrucke von 12,3 at wieder genau die ursprüngliche Form und Lage an; indessen haben diese Spannungen doch fortwährende Biegungen der Bleche veranlaßt und wirkten zweifellos zerstörend auf die lothrechte Blechtafel, welche kein geschlossenes Gefüge besaß, sondern von Haus aus in einzelne verschiedene Lagen gespalten und dadurch in der Größe ihres Widerstandsmomentes gegen die Biegung erheblich geschädigt war. So erscheint die Annahme begründet, daß im vorliegenden Falle durch die täglich wiederholten Biegungen während der 21-jährigen Dienstzeit der Locomotive 804 nach und nach der Anbruch in der fehlerhaften Blechplatte entstanden ist. In Folge der weitergehenden Vertiefung dieses Anbruches nahm auch die Beanspruchung des verbleibenden gesunden Blechquerschnittes zu, bis sie die Festigkeit des Materiales überstieg und die Explosion veranlaßte. Möglicherweise hat hierbei die im Juli ausgeführte Kesselprüfung mit 12,3 at Wasserdruck den letzten Anlaß zur Vergrößerung des Anbruches bis zur äußersten zulässigen Grenze gegeben.

Die nachträgliche Untersuchung des bei der Explosion herausgerissenen Blechstüekes ergab folgende Gütezziffern.

| In der Walzrichtung:  |             | Quer zur Walzrichtung: |           |
|-----------------------|-------------|------------------------|-----------|
| Zugfestigkeit         | . . . 31 kg | . . . 26 kg            | für 1 qmm |
| Querschnittseinzugung | 10 %        | . . . 6 %              |           |
| Verlängerung          | . . . 10 %  | . . . 5 %              |           |

Das Material ist hiernach als ein sprödes zu bezeichnen, das zugleich nur geringe Festigkeit besitzt. Bei der Untersuchung der wagerechten Nietnaht des Feuerkastens der Locomotive 800 wurde eine große Zahl kleiner Risse im Material genau an der Stelle entdeckt, an welcher bei der Locomotive 804 der erste Anbruch stattgefunden hat.

In Fig. 1, Taf. XXXV ist der Zustand des Bleches an dieser Stelle angegeben und es bestätigt diese Erscheinung obige Annahme über die Entstehung und Ursache der stattgehabten Kesselexplosion. Obgleich bei der vorgenommenen Druckprobe der Locomotive 800 auch nicht die kleinste bleibende Durchbiegung der Feuerkastenwände gemessen werden konnte, so haben die beobachteten, verhältnismäßig geringen Bewegungen der Wände unter Druck doch genügt, um das Material an der am meisten beanspruchten Stelle so weit zu zerstören, daß mit der Zeit ein völliges Abreißen der Wand, wie bei Locomotive 804, eingetreten sein würde.

Um schließlicly noch festzustellen, ob durch eine Veränderung der Verankerung des Feuerkastens die Inanspruchnahme des Materiales desselben herabgemindert werden kann, wurden weitere Versuche mit der Locomotive 800 angestellt. Während die Locomotive sich bei den ersten beiden weiter oben

beschriebenen Versuchen in dem Zustande befand, wie sie aus dem Betriebe kam, wurden nunmehr bei sämtlichen lothrechten Anker und den wagerechten Ankerbarren die Augen und Befestigungsbolzen erneuert und die Anker fest eingepafst. Gleichzeitig wurden auf beiden Seiten des Feuerkastens an den wagerechten Nietnähten die Ueberlappungen a b der lothrechten Seitenwände abgehauen und neue Nietverbindungen mit doppelter Verlaschung hergestellt. Wider Erwarten waren jedoch bei der sodann vorgenommenen Druckprobe die Ausbiegungen des Feuerkastens wenig anders — an den Befestigungsstellen der wagerechten Ankerbarren sogar noch etwas gröfser — als vorher; hier hatten offenbar die alten z. Th. eingerosteten Bolzen besser gehalten, als die neuen, und das ist aus den Schwierigkeiten, mit denen im vorliegenden Falle das scharfe Einpassen der schweren Ankerbarren verknüpft ist, wohl erklärlich. Die Bolzenbefestigung der Ankerbarren wurde deshalb ganz beseitigt und durch eine Schraubenverankerung ersetzt, hiernach ergab die wiederholte Druckprobe an der betreffenden Stelle nur noch ganz geringe Bewegungen von 0,2 bis 0,4 mm. Endlich wurden die lothrechten Anker nochmals ganz losgenommen, und die Druckprobe wurde unter sonst gleichen Verhältnissen wiederholt; hierbei zeigte der Feuerkasten unter Druck wesentlich geringere Formveränderungen, als bei allen übrigen Versuchen und es ist unverkennbar, daß durch die lothrechten Anker ungleiche Spannungen im oberen Theile des Feuerkastens hervorgerufen worden sind, welche nachtheilig auf die Widerstandsfähigkeit des Materiales wirkten.

Die bei sämtlichen Versuchen gemessenen Formveränderungen des Feuerkastens sind nachstehend zusammengestellt.

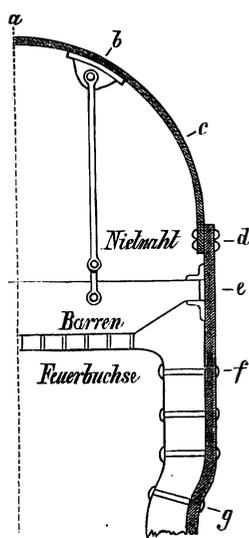
Zusammenstellung der gemessenen Formveränderungen der Locomotive No. 800. Belastungsdruck 12,3 at.

| Ort<br>der<br>Messung,<br>vgl. Fig. 89 | I. Versuch.<br>Ursprünglicher<br>Zustand des Kessels<br>mm | II. Versuch.<br>Wie bei I. jedoch<br>ohne lothrechte<br>Anker<br>mm | III. Versuch.<br>Nach Einziehung<br>neuer Ankerbolzen<br>und Ersatz der Niet-<br>naht durch Laschen-<br>verbindung<br>mm | IV. Versuch.<br>Nach Anbringung<br>der neuen Querverbin-<br>dung mit Schrauben<br>mm | V. Versuch.<br>Wie bei IV. jedoch<br>ohne lothrechte<br>Anker<br>mm |
|--|--|---|--|--|---|
| a                                      | -0,6**)  | -0,10   | -0,35  | -0,35  | +0,02   |
| b                                      | -0,85  | +0,30   | -0,45  | -0,525   | +0,275  |
| b'*)                                   | -0,75  | -0,05   | -0,625   | -0,45  | +0,175  |
| Mittelwerth                            | -0,8   | +0,125  | -0,538   | -0,488   | +0,225  |
| c                                      | +0,925   | +0,40   | +0,15  | +0,675   | +0,40   |
| c'                                     | +0,425   | -0,15   | +0,225   | +1,00  | +0,35   |
| Mittelwerth                            | +0,675   | +0,125  | +0,188   | +0,838   | +0,375  |

\*) Die mit dem Zeichen ' versehenen Buchstaben bezeichnen die Stellen der in Fig. 104 nicht gezeichneten Hälfte, welche den gezeichneten, gleich benannten grade gegenüber liegen.

\*\*\*) — bedeutet Verbiegung nach innen, + Verbiegung nach außen.

Fig. 89.



| Ort<br>der<br>Messung,<br>vgl. Fig. 89 | I. Versuch.<br>Ursprünglicher<br>Zustand des Kessels<br>mm | II. Versuch.<br>Wie bei I. jedoch<br>ohne lothrechte<br>Anker<br>mm | III. Versuch.<br>Nach Einziehung<br>neuer Ankerbolzen<br>und Ersatz der Niet-<br>naht durch Laschen-<br>verbindung<br>mm | IV. Versuch.<br>Nach Anbringung<br>der neuen Querverbin-<br>dung mit Schrauben<br>mm | V. Versuch.<br>Wie bei IV. jedoch<br>ohne lothrechte<br>Anker<br>mm |
|--|--|---|--|--|---|
| d                                      | +1,67  | +0,925  | +2,30  | +0,575   | +0,15   |
| d'                                     | +0,65  | +0,15   | +1,975   | +0,925   | +0,15   |
| Mittelwerth                            | +1,16  | +0,538  | +2,138   | +0,75  | +0,15   |
| e                                      | +3,56  | +3,15   | +3,70  | +0,20  | +0,175  |
| e'                                     | +2,00  | +1,20   | +3,475   | +0,40  | +0,15   |
| Mittelwerth                            | +2,78  | +2,175  | +3,588   | +0,30  | +0,163  |
| f                                      | +1,75  | +2,20   | +1,30  | +0,90  | +1,60   |
| f'                                     | +1,05  | +1,50   | +1,25  | +0,85  | +1,275  |
| Mittelwerth                            | +1,40  | +1,85   | +1,275   | +0,875   | +1,438  |
| g                                      | +1,00  | +1,50   | +0,90  | +0,70  | +1,25   |
| g'                                     | +0,30  | +0,85   | +0,325   | +0,60  | +0,95   |
| Mittelwerth                            | +0,65  | +1,175  | +0,613   | +0,65  | +1,10   |

Aus den vorstehenden Versuchen und Betrachtungen ergeben sich nachstehende Schlussfolgerungen:

1. Jede Längsnietnaht in den ebenen Seitenwänden eines Kessels vermindert die Festigkeit desselben, weil in Folge der größeren Steifigkeit der Naht ungleiche Spannungen und dadurch größere Biegungen in den Blechen eintreten. Wo es irgend möglich ist, sollte daher jede solche Längsnietung vermieden werden.
2. Die Nietnähte sind zweckmäßig in der Weise auszuführen, daß die beiden zu verbindenden Bleche in der Ebene liegen, in welcher die Kraftübertragung erfolgt, damit das Material nicht auf Biegung beansprucht wird.
3. Die bei den untersuchten Locomotiven ausgeführte Benutzung der Feuerbüch-Deckenbarren als Queranker und die Art der Anschlüsse derselben an die zu verankernden Wände haben sich nicht bewährt. Es ist zweckmäßig, an solchen Stellen, wo die möglichste Unbeweglichkeit der verankerten Theile geboten ist, nur unmittelbare Schraubenanker zu verwenden.
4. Bei Feuerkasten mit halbkreisförmiger, oberer Begrenzung ist die Anbringung lothrechter Deckenanker nicht zu empfehlen, denn diese bewirken eine größere seitliche Ausbiegung der Wände und erhöhen dadurch wesentlich die Beanspruchung des Materials.
5. Es genügt nicht in allen Fällen, bei den vorgeschriebenen Kessel-Druckproben allein das Nichtvorkommen bleibender Formveränderungen festzustellen, da auch Ausbiegungen der Kesselbleche innerhalb der Elasticitätsgrenze die Zerstörung des Materials nach und nach herbeiführen können.

## Metallene biegsame Kuppelschläuche für Luftbremsen-Leitungen von D. M. Legat, Paris. (D. R. P. 41626.)

(Hierzu Zeichnungen Fig. 6 bis 10 auf Taf. XXXV.)

Die metallenen Kuppelschläuche, welche wir bereits im Organ 1889, Seite 140, beschrieben haben, nachdem sie sich bei der Einführung im Bezirke des Eisenbahn-Betriebsamtes Trier bewährt hatten, sind in mehreren Punkten mit Abänderungen ausgeführt, welche hier als Ergänzung der früheren Mittheilung nachgefügt werden.

Die beweglichen Schlauchstücke werden nicht bloß durch Aufeinanderlöthen von ringförmigen Scheiben aus dünnem, biegsamem Bleche am äußeren und inneren Umfange gebildet, sondern auch nach Fig. 6, Taf. XXXV, durch ineinander Löthen von kleinen Kegelmänteln, von denen jedesmal der zweite oben nach innen, unten nach außen umgebördelte Ränder hat, die dann verlöthet werden; das Gefüge des Rohres wird so offenbar fester. Bezüglich der Dichtigkeit ist die in Fig. 7, Taf. XXXV, dargestellte Herstellung durch Einwalzen von Wulsten, wie in den Krümmern für Ofenrohre besser, da bei wiederholter starker Biegung der gelötheten Rohre leichter Undichtigkeiten in den Löthlinien entstehen.

Fig. 8, Taf. XXXV, zeigt eine veränderte Anordnung des unteren Endes der in sich steifen und mit Gelenken ausgestatteten Rohre. Ueber dem Krummstücke G, welches das Mundstück von dem schrägen festen Rohre aus in wagerechte Lage bringt, ist ein zweites Gelenk mit biegsamem Rohre eingeschaltet, während am oberen Ende das bereits früher beschriebene dichte und nur aus festen Theilen bestehende Kugelenk angebracht ist. Zwischen das Mundstück und das Gelenk ist eine Stopfbüchse K eingefügt, indem in das Mundstück L ein Röhrchen e fest eingefügt ist; dieses hat den Ringansatz f zur Aufnahme der Liderungen g und g', von denen g durch die Mutter h, g' durch die Scheibe i und die von der Mutter h angespannte Feder j angepreßt wird. Die Stopfbüchse K trägt die eine Schutzkalotte G des Gelenkes, und das Gelenkrohr M selbst ist an der Scheibe I des kleinen Stützens J

befestigt, der mit einer kleinen Liderung m in die Stopfbüchse eingesetzt wird und durch eine Druckschraube festgehalten werden kann. Der Einsatz in das Krummstück G' erfolgt auf gleiche Weise, und dieses Krummstück trägt die zweite Schutzkalotte G. Das Krummstück ist dann wieder in gleicher Weise in den beiden Schutzkalotten D und F mit dem festen Kuppelungsrohre C verbunden. Die beiden Schalenpaare GH und FD sind durch Schraubenstifte mit Drehzapfen verbunden, wodurch die Verdrehbarkeit in der gewünschten Richtung gewahrt wird, ohne daß das bewegliche Rohr Zug auszuhalten hätte. Die Anschlagbunde F<sub>1</sub> begrenzen den Weg der Verdrehung der Kalotten in einander.

Eine andere Zugverbindung zwischen den festen Theilen zu beiden Seiten des beweglichen Rohres, welche früher \*) als durch einen in der Rohrachse gehaltenen Kupferdraht herzustellen angegeben wurde, zeigen die Fig. 9 und 10, Taf. XXXV. In Fig. 9, Taf. XXXV ist das bewegliche Rohr M durch nicht ganz schließende Schalen OO mit dem Anschlagringe Z für die Begrenzung der Biegung geschützt. Das Rohr M ist für Druckleitung so in diese Schalen eingefügt, dass die Verbindung durch den Innendruck auf die Flächen F unterstützt wird. Die Zugverbindung erfolgt durch die Schrauben NN mit Muffe T und Kugelhöfen, welche ihr Kugel-Schalenlager in den in die Anschlußstücke eingegossenen Stegen X finden. Eine Verbindung der Schalen durch Drehzapfen ist dann überflüssig. In Fig. 10, Taf. XXXV fehlen die Kugelschalen ganz und das biegsame Rohr M ist in einer für Saugleitungen geeigneten Weise um die auf die Rohrenden geschraubten Anschlußstücke Y gelöthet. Der Schutz der Biegerohre kann in solchen Fällen auch durch Umgeben mit weichen, biegsamen und undurchlässigen Stoffen erfolgen.

\*) Organ 1889, Taf. XXII, Fig. 11.

## Beitrag zur Geschichte der Verbund-Locomotiven.

Von E. Brückmann, Ingenieur der Stettiner Maschinenbau-Actiengesellschaft „Vulkan“.

(Hierzu Zeichnungen Fig. 4 u. 5 auf Taf. XXXV, Fig. 1 bis 15 auf Taf. XXXVI, Fig. 1 bis 14 auf Taf. XXXVII und Fig. 1 bis 6 auf Taf. XXXVIII.)

Bei der rasch und stetig fortschreitenden Einführung der Verbund-Locomotive darf ein möglichst vollständiger Ueberblick über die geschichtliche Entwicklung der Anwendung der Verbund-Wirkung bei Locomotiven auf die Aufmerksamkeit der beteiligten Kreise rechnen.

Die Geschichte der Verbund-Locomotiven zerfällt bis jetzt in zwei Abschnitte, nämlich:

a) in die Zeit der Entwürfe und Vorversuche bis zum Jahre 1876, d. h. bis zu den erfolgreichen Versuchen des französischen Ingenieurs Anatole Mallet an der Bayonne-Biarritzer Eisenbahn;

b) in die Zeit von jenen bahnbrechenden Versuchen bis zur Gegenwart;

denn aus dem Versuchsstande ist die Frage der Verbund-Locomotiven noch nicht herausgetreten, was daraus hervorgeht, daß der Internationale Congress für Eisenbahnwesen, welcher vom 14. bis 23. September 1889 in Paris tagte, beschloß:

»die Fortsetzung von Versuchen, wegen des großen Interesses, welches dieser Gegenstand, namentlich für Länder, wo das Brennmaterial theuer ist, — haben muß, »allgemein zu empfehlen.« —

Die Entwicklung der Verbund-Locomotiven während der Zeit des 2. Abschnittes läßt sich an der Hand der wichtigsten technischen Zeitschriften des In- und Auslandes bis in alle Einzelheiten leicht verfolgen, freilich natürlich nur in so weit, als die betreffenden Entwurfs-Verfasser keine schlechten Ergebnisse zu verbergen hatten.

Anders steht es mit dem ersten Abschnitte. Ueber die Vorversuche und die zu den verschiedensten Zeiten verfaßten Entwürfe findet man nur einzelne zerstreute Erwähnungen und kurze Berichte in Zeitschriften und Vereins-Berichten.

Diese, soweit sie sich von Deutschland aus (die ersten Entwürfe und Versuche wurden ausnahmslos in England und Frankreich gemacht) sammeln ließen, in möglichst eingehender Weise mit genauer Quellenangabe zu besprechen, ist der Zweck dieses Theiles einer umfangreicheren Arbeit über Verbund-Locomotiven, welche der Verfasser baldigst zu beenden hofft. Die Veröffentlichung dieses Theiles konnte gleichwohl schon erfolgen, weil er einen in sich abgeschlossenen Theil der ganzen Arbeit bildet.

Soweit sich die Geschichte der Verbund-Locomotiven zurück verfolgen läßt, war es John Nicholson, damals Monteur in den Werkstätten der Eastern-Counties-Railway zu Norwich, welcher in den Jahren 1846 oder 1847 zuerst den Grundgedanken einer Art Verbund-Maschine faßte, dabei freilich einem ganz anderen Gedankengange folgend, als man ihn heute bei Anwendung der Verbund-Wirkung einschlägt. John Nicholson wollte die Dehnungs-Wirkung des Dampfes mehr ausnutzen als es bei der gewöhnlichen Anordnung der Locomotiven möglich war; um aber bei einer Vergrößerung der Dampfausdehnung, d. h. bei einer Herabziehung des Ausblasedruckes die Anfachung des Feuers nicht leiden zu lassen, entwarf er folgende Anordnung:

Die Kolben zweier Cylinder wirken an zwei unter 90° verstellten Kurbeln. Der Kesseldampf tritt nur in einen Cylinder, welcher nahezu halbe Füllung erhält, ein. Nachdem der Kolben dieses ersten Cylinders die Hälfte seines Weges zurückgelegt hat, also wenn im zweiten Cylinder der Kolben am Hubanfang steht, wird durch eine besondere Vorrichtung, welche zwischen die beiden Cylinder eingeschaltet ist, eine Verbindung der letzteren hergestellt, und der Dampf tritt aus dem ersten Cylinder in den zweiten hinüber. Sowie die Füllung des zweiten Cylinders, welche nur gegen ein  $\frac{1}{20}$  betragen soll, beendet ist, wird die Verbindung der beiden Cylinder aufgehoben und die Ausdehnung in den Cylindern getrennt fortgesetzt. John Nicholson bestimmte, was mit die Hauptsache war, die Füllungsgrade in beiden Cylindern derart, daß die Ausblasespannung des ersten Cylinders allein zur Anfachung des Feuers genügte, während er im zweiten Cylinder durch Anwendung einer möglichst starken Ausdehnung von der Dampfkraft nutzbar machen wollte, was sich nur immer mit der Steuerung erreichen ließe.

Diesen Entwurf theilte er dem damaligen Maschinen-Meister der Bahn, John Hunter, mit, und es wurde auf dessen Verwendung 1848, als John Nicholson nach Stratford kam, eine Güterzug-Locomotive nach demselben umgebaut. John Hunter starb zwar bald darauf, doch setzte sein Nachfolger,

James Samuel, die Versuche auch noch an einer Personenzug-Locomotive fort, und zwar anscheinend mit großem Erfolge, denn im October 1850 nahm er ein Patent auf eine »Continuirliche Expansions-Maschine«.<sup>\*)</sup>

Ueber die Anwendung dieser Bauart auf Locomotiven hielt er am 28. Januar 1852 einen längeren Vortrag vor der »Institution of Mechanical Engineers« zu London. Ueber sein Patent und diesen Vortrag<sup>\*\*)</sup> soll im Folgenden ausführlich berichtet werden. Vorher sei noch erwähnt, daß John Nicholson schon 1850 aus dem Dienste der Eastern-Counties-Railway trat und sich mit John Stewart, Inhaber der Firma John Stewart & Sons, Blackwall Iron Works, London, zur weiteren Ausnutzung seines Planes verband. Beide nahmen auch späterhin ein Patent.<sup>\*\*\*)</sup>

Der Inhalt des Vortrages von James Samuel ist in der Hauptsache folgender:

Die vortheilhafte Wirkung einer möglichst weit getriebenen Ausdehnung des Dampfes ist bekannt. Bei den Locomotiven kann man jedoch der Kürze des Hubes, der hohen Umdrehungszahl und der eigenthümlichen Steuerung wegen nicht über einen mittleren Dehnungsgrad hinausgehen; die Grenze giebt vor Allem der zur Anfachung des Feuers verlangte Blaserohr-, d. h. Gegendruck. Dieser ist nun bei der gebräuchlichen Anordnung der Locomotiven viel größer als nöthig. Einen großen Theil der jetzt einfach verloren gehenden Auspuffwärme kann man durch die neue Bauart noch nutzbar machen. Die Fig. 1 bis 15, Taf. XXXVI zeigen drei verschiedene Entwürfe. Die Fig. 12 und 13 und die Auftrugungen 14 und 15 gehören zu seinem Vortrage. Die Fig. 1—11 sind aus der Patentschrift No. 13029 entnommen. In allen Figuren bezeichnen gleiche Buchstaben gleich wirkende Theile.

Zu den Fig. 12 und 13 diene folgende Erläuterung: A, der erste Cylinder, in welchen Kesseldampf durch das Rohr C eintritt, erhält durch den Schieber E ungefähr halbe Füllung. Dann öffnet der Schieber D die Verbindung zum zweiten Cylinder und der Dampf tritt durch das Rohr F in den Schieberkasten des zweiten Cylinders B hinüber, dessen Kolben grade am Hubanfang steht. Während der Einstromung in den zweiten Cylinder dehnt sich der Dampf gleichzeitig in beiden Cylindern aus. Die Schieber G und D schliessen darauf; während nun aber E den Austrittschanal öffnet und der Dampf des ersten Cylinders unter ziemlich hohem Drucke (bis über 2,1 at) in das Blasrohr J tritt, findet im Cylinder B eine möglichst weitgehende Ausdehnung statt, bis der Schieber G öffnet und der Dampf des Cylinders B, dessen Menge fast die Hälfte des in den Cylinder A

\*) Patent-Specification: No. 13029, 5. April 1850, James Samuel of Willoughby House, County of Middlesex „Improvements in the Construction of Railways and Steam Engines, and in Steam Engine Machinery.

\*\*) Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. London, 28. Januar und 28. April 1852. Ein Exemplar dieses jetzt seltenen Berichtes erhielt ich in liebenswürdigster Weise vom obigen Vereine zur Verfügung gestellt: wofür ich demselben hierdurch nochmals meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

\*\*\*) Patent-Specification: No. 2769, 8. Septbr. 1868. John Stewart and John Nicholson. „Continuous Expansion Engines and Valves.

für eine Umdrehung eingelassenen beträgt, ebenfalls in das Blasrohr abströmt.

Um beim Anfahren größere Kraftleistung zu haben, ist ein Schieber M angeordnet, mittels dessen man die Verbindung durch F für kurze Zeit schliessen kann. Durch die Rohrleitung und den Hahn N (Fig. 1 und 2, Taf. XXXVI) wird in diesem Falle Kesseldampf von ermäßigter Spannung in den zweiten Cylinder B eingelassen. Die Locomotive arbeitet dann wie eine gewöhnliche.

Ist das nun eine Verbund-Maschine oder nicht? — Diese Frage kann mit Ja und mit Nein beantwortet werden, und zwar am besten an der Hand der Druckaufzeichnungen Fig. 14 und 15, Taf. XXXVI. Eine Verbund-Maschine hat man nur in dem Falle (Fig. 15, Taf. XXXVI) wenn die Füllung im ersten Cylinder kleiner als  $\frac{1}{2}$  ist, denn nur in diesem Falle wird Dampf, welcher schon im ersten Cylinder Arbeit verrichtet hat, im zweiten weiter ausgedehnt. Ist dagegen die Füllung im ersten Cylinder größer als  $\frac{1}{2}$ , so findet eine gleichzeitige Einströmung in beide Cylinder statt, und zwar in den zweiten durch den ersten hindurch.

Der Querschnitt des zweiten Cylinders muß nicht von dem des ersten verschieden sein. Samuel machte ihn jedoch  $1\frac{1}{2}$  bis 3 Mal so groß, um gleiche mittlere Drücke auf beide Kurbeln zu erhalten.

An der Hand von theoretischen Druckaufzeichnungen,  
»carefully drawn out from comparison with actual indicator diagrams taken from locomotives«,

rechnet er bei Anwendung seiner Bauart auf etwa 20% Ersparnis.

Höchst beachtenswerth ist die auf den Vortrag folgende Besprechung, welche unter Leitung von Robert Stephenson stattfand. Man verlangte vor Allem genaue Betriebsergebnisse und an seinen Maschinen aufgenommene Indicator-Aufzeichnungen — Samuel konnte aber beiden Wünschen in keiner Weise nachkommen. Er konnte nur mittheilen, daß die Güterzug-Maschine mehrere Monate regelmäßige Fahrten zwischen Stratford und Norwich gemacht habe und dabei auf 1 Meile (englische) 12 Pfd. Cokes erspart seien. Die Versuche an der Personenzug-Maschine seien leider in Folge eingetretener Schäden eingestellt worden, aber auch bei diesen wurde festgestellt, daß

»the engine contrasted favourably in consumption with other engines of the same class and work«.

Eine Fortsetzung der Versuche zur Erlangung genauerer Vergleichszahlen hat leider nicht stattgefunden, aus welchem Grunde, ist nicht mehr zu erforschen. Ueberhaupt giebt das oben Mitgetheilte im Wesentlichen Alles, was heute noch — die beteiligten Personen sind fast alle verstorben — mit Gewißheit zu erfahren ist\*), denn auch Herr John Stewart, welcher noch lebt, und die Firma Robert Stephenson & Comp.

\*) Herr James Holden, Ober-Maschinenmeister der Great-Eastern-Railway (früheren Eastern-Counties-Railway) hatte die große Freundlichkeit mir die oben erwähnten englischen Patente No. 2769 und No. 13029 zur Abschriftnahme zu leihen und für mich im Archive der Direction nach näheren Einzelheiten zu forschen. Mehr als Obiges war jedoch nicht zu erlangen. Ich erlaube mir nochmals Herrn Holden meinen Dank für seine zuvorkommende Hülfeleistung zu sagen.

in Newcastle upon Tyne, welche die Güterzug-Locomotive gebaut hat, konnten genaueres nicht beschaffen.

Die in den Fig. 1—6 und 7—11 vorgeführten beiden Anordnungen sind vom Verfasser dieses nach den Zeichnungen zusammengestellt, welche der Patentschrift No. 13029 beigelegt sind. Sie sind hier so ausführlich dargestellt, weil sie hinsichtlich der Grundsätze der Bauart von den neuesten Ausführungen kaum verschieden sind und dadurch Beachtung verdienen, namentlich, wenn man bedenkt, daß sie aus den Jahren 1848—1850 herrühren.

Die Zeichnungen sind in Folge der eingehenden Besprechung der Fig. 12 und 13 auch ohne Erklärung leicht verständlich. Zur Erläuterung sei insbesondere folgendes erwähnt:

In Fig. 1 u. 2, Taf. XXXVI sind die in den Figuren 12 u. 13, Taf. XXXVI zwei besondere Bau-Theile bildenden Schieber D und E in einem vereint, so daß der Canal p (siehe auch Fig. 3 u. 4, Taf. XXXVI) bald mit y, d. h. mit dem großen Cylinder, bald mit den Oeffnungen x, x, d. h. mit dem Blasrohr in Verbindung steht. — Die Figuren 7 u. 8, Tafel XXXVI geben eine 3. Anordnung, nach welcher der Schieber D (siehe auch Fig. 10 u. 11, Taf. XXXVI) in einem besonderen Schieberkasten geführt wird. Durch den langen schmalen Canal o des Schiebers D wird hier die Verbindung von m mit q bewirkt. Rückt der Schieber D aus der mittleren Lage, so strömt der Dampf aus m durch den Schieberkasten F in das Blasrohr J. Der Auspuffdampf des großen Cylinders geht durch H u. F nach J. — Die Schieber D werden durch Excenter in gewissen Zusammenstellungen mit den Vertheilungsschiebern E und G bewegt.

Der erste mir bekannt gewordene Entwurf einer Locomotive auf Grund einer nach heutigen Begriffen Verbundwirkung liefernden Anordnung, stammt von dem englischen Ingenieur Ebenezer Kemp. Diesen Entwurf, welcher im Februar 1860 von Herrn William Kemp, damals erster entwerfender Techniker im technischen Bureau der Glasgow and South-West Railway zu Kilmarnock, nach den Angaben seines Bruders Ebenezer Kemp, zu seiner Zeit Director bei den Herren Gourlay Brothers u. Comp. in Dundee, ausgearbeitet wurde, zeigen die Figuren 1—4, Taf. XXXVII. — Wie man aus denselben ersieht, ist die Locomotive eine Schnellzuglocomotive mit 4 Cylindern nach der Woolf'schen Bauart, indem an jeder Seite der Locomotive ein Hochdruck- und ein Niederdruck-Cylinder derart mit einander verbunden sind, daß der getheilte Hochdruckcylinder zu beiden Enden des Niederdruckcylinders dessen Verlängerung bildet, während die Kolben, auf einer gemeinschaftlichen Stange sitzend, auf die zwei unter  $90^\circ$  verstellten Kurbeln derselben Treibachse wirken. Die Dampfvertheilung bewirkt an jeder Maschinenseite ein Schieber, dessen Gestalt aus den 3 Zeichnungen Fig. 2—4, Taf. XXXVII deutlich hervorgeht. Fig. 4, Taf. XXXVII zeigt die Schiebergleitfläche und in den gestrichelten Linien den Schieber selbst. (a, a) sind die Ein- und Auslaßcanäle für den zweitheiligen Hochdruckcylinder, (b, b) die Eintrittscanäle in den grossen Cylinder, (c) der Austrittschanal aus letzterem.

Der Schieber, ein eigenthümlich geformter Doppelcanalschieber, hat keine vollkommen viereckige Gestalt, es sind viel-

mehr an 2 einander gegenüberliegenden Ecken bei den Eintritts-  
canälen a a in den Hochdruckcylinder Ausschnitte d gemacht.  
Diese und die zwei gegeneinander verschobenen Canäle (e)  
Fig. 2 u. 3, Taf. XXXVII im Schieber begründen folgende Dampf-  
vertheilung: stehen die Kolben am Hubanfange, so ist in Folge  
des Ausschnittes d der Eintrittscanal a zum vorderen Theile des  
kleinen Cylinders geöffnet und Kesseldampf strömt in denselben.  
Zu gleicher Zeit öffnet sich der Austrittscanal a der anderen  
Seite, und der im hinteren Theile des kleinen Cylinders zur  
Wirkung gekommene Dampf strömt durch den Canal b im Schieber  
in den grossen Cylinder hinüber, während der Gegendampf aus  
letzterem durch c in das Blasrohr tritt. In der gezeichneten  
Lage steht der Schieber nahezu in der äussersten Stellung nach  
rechts. Nach halbem Kolbenhube schließt der Schieber beim  
Rückwärtsgange den Eintrittscanal in den Hochdruckcylinder  
und den Verbindungscanal zum grossen Cylinder; es beginnt in  
Folge der Ueberdeckungen die Zusammendrückung und das  
Spiel fängt auf der anderen Seite in derselben Art an.

Die Hauptabmessungen des Entwurfes sind nach der in  
meinem Besitze befindlichen Photographie der Original-Zeichnung  
folgende:\*)

|   |                   |
|---|-------------------|
| Durchmesser des kleinen Cylinders . . . . . | 250 <sup>mm</sup> |
| Durchmesser des grossen Cylinders . . . . . | 500 «             |
| Gemeinschaftlicher Hub . . . . .            | 560 «             |
| Treibraddurchmesser . . . . .               | 1985 «            |
| Lauferraddurchmesser . . . . .              | 1065 «            |
| Gesamtrradstand . . . . .                   | 4700 «            |

Das Verhältnis der nutzbaren Cylinderinhalte ist hier-  
nach 1 : 3.

Diesen Entwurf legte Herr E. Kemp dem Obermaschinen-  
meister der Caledonien Railway, Herrn Benjamin Connor,  
vor aber ohne Erfolg. Herr E. Kemp nahm in der Folge ein  
Patent auf obige Cylinderanordnung, nach welcher er späterhin  
mehrfach Schiffsmaschinen baute. Der Grundgedanke ist ein  
durch und durch gesunder und einfacher.

Auf der Industrie-Ausstellung zu Edinburg im Jahre 1886  
war von der North-British Railway eine gekuppelte Personen-  
zug-Locomotive, sowie auf der vorigjährigen Weltausstellung zu  
Paris von der chemin de fer du Nord eine 4 fach gekuppelte  
Güterzuglocomotive\*\*) mit grundsätzlich derselben Anordnung  
(2 Cylinder hinter einander) ausgestellt; während die durch ihre  
Leistungen bekannte Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur  
erst in diesem Jahre ein Patent auf eine 3 Cylinder-Maschine  
dieser Anordnung genommen hat. Diese Bauarten sind insofern  
mangelhaft, als die durch einen Schieber hervorgebrachte Dampf-  
vertheilung nicht die beste sein kann, namentlich, wenn die  
Füllung des kleinen Cylinders in weiteren Grenzen veränderlich  
sein soll. —

\*) Herr Ebenezer Kemp, bis vor Kurzem technischer Leiter  
und Theilhaber bei den Herren Alexander Stephen und Söhne,  
Linthouse Iron Works bei Glasgow, jetzt, von den Geschäften zurück-  
getreten, Präsident der Institution of Engineers and Shipbuilders in  
Scotland, hat die Güte gehabt mir obige Photographie, nebst anderen  
späterhin noch zu erwähnenden Schriftstücken, zu übersenden, wofür  
ich ihm hierdurch nochmals Dank sage.

\*\*) Vergl. Organ 1890, Seite 32.

Schon bevor diese Entwürfe entstanden, war man in Frank-  
reich an der chemin de fer du Nord eingehend damit beschäftigt  
Mittel zu finden, um die Zugkraft der Crampton Locomotiven  
zu vergrößern. Unter anderem wollte man die mittlere Achse  
durch einen mittleren, festen oder schwingenden Cylinder für  
sich treiben. Hiervon ging man jedoch wieder ab, entwarf da-  
gegen unter der Oberleitung des bekannten Ingenieurs Petiet  
Locomotiven mit 2 getrennten Kraftmaschinen-Gruppen. Diese  
wurden theilweise mit Erfolg ausgeführt. — Die Bemühungen  
des Ingenieurs E. Desmosseaux derartige 4-Cylinder-Loco-  
motiven nach der Woolf'schen oder Verbund-Bauart auszu-  
bilden, fanden kein Gehör. —

1866 wurde jedoch die Anwendung des mittleren Cylinders  
mit Verbund-Wirkung vom Ingenieur der chemin de fer du  
Nord, Herrn Jules Morandière, wieder aufgenommen. Er  
entwarf in diesem Jahre eine Tenderlocomotive für die Metro-  
politan-Bahn in London. Ein Bericht über dieselbe wurde  
von Zerah Colburn im Engineering (23. Nov. 1866) ver-  
öffentlicht. Die Figuren 5 u. 6, Taf. XXXVII sind jener Aus-  
gabe des Engineering entnommen.

Herr Morandière wollte das Gesamtgewicht der Loco-  
motive ohne Anwendung von Kuppelstangen dadurch für die  
Zugkraft nutzbar machen, dafs er die Achsen in 2 Gruppen  
theilte, und die vordere durch 2, wie gewöhnlich aufsenliegende  
Cylinder, die hintere von einem 3. unter dem Längkessel liegenden  
treiben liess. Der Kesseldampf wurde in den mittleren Cylinder  
eingelassen und strömte aus diesem in die 2 aufsenliegenden  
Cylinder hinüber. Da alle 3 Cylinder gleichen Durchmesser  
hatten, war das Raum-Verhältnis des Hochdruck- zu dem zwei-  
getheilten Niederdruckcylinder 1:2 bei gleichem Hube. Um  
bei der Anfahrt große Kraftleistung zu ermöglichen, war eine  
Anordnung getroffen um den Kesseldampf gleichzeitig auf alle  
3 Kolben wirken lassen zu können. Leider kam es zu keiner  
Ausführung dieses Entwurfes\*).

Ganz neu war der Gedanke freilich nicht, hatte doch  
George Stephenson schon am 10. August 1846 ein Patent  
(Pat. Specification No. 11086) auf eine 3 Cylinder-Locomotive  
derselben Anordnung genommen.

Wie bekannt, ist diese Bauart mit verschiedenen Ver-  
änderungen mehrfach wieder aufgenommen und ausgeführt worden,  
so 1879 von Struve in Kolonna bei Moskau, 1882 von  
Francis Webb, Maschinenmeister der North-Western Railway,  
und 1887 von der Chemin de fer du Nord, welche 1889 auf  
der Pariser Weltausstellung auch eine Verbund-Locomotive mit  
3 Cylindern ausstellte. —

Im Handbuch für specielle Eisenbahntechnik von Heusinger  
von Waldegg steht im Bande III, Seite 1016 mit Bezug auf  
den Entwurf von Morandière zu lesen:

. . . »Wir erblicken in dieser Idee die erste Anwendung  
des Compound-Systems auf den Locomotiv-Betrieb«. . . .

\*) Obige Angaben und die 2 Zeichnungen verdanke ich der  
Liebenswürdigkeit des Herrn Morandière, augenblicklich Ingénieur  
en chef du matériel et de la traction du chemin de fer de l'Ouest.  
Sie sind enthalten im „Extrait des Bulletins de la Société des Ingenieurs  
Civils“, Februar 1882.

Durch den eben bekannt gegebenen Entwurf von Herrn Eb. Kemp wird diese Bemerkung überholt.

Bis zum Jahre 1872 läßt sich in der Literatur nichts über weitere Entwürfe von Verbund-Locomotiven finden, nur in Rühlmanns »Allgemeine Maschinenlehre« Band III: Straßen- und Eisenbahnfahrwerke, Ausgabe vom Jahre 1868, ist auf Seite 285, §. 21 nach einer kurzen Beschreibung des schon oben erwähnten Stephenson'schen Patentes auf eine 3 Cylinder-Locomotive die Bemerkung hinzugefügt: »Rechnet man hierzu den wenigstens möglichen Vortheil eine Expansionswirkung des Dampfes nach Woolf'schem Systeme in Anwendung bringen zu können, so muß man bedauern, daß dieses 3 Cylinder-System wegen der damit verbundenen Complication der Construction eine eigentliche Anwendung in der Praxis nicht gefunden hat.«

Dagegen nahm am 20. Juni 1872 der englische Ingenieur William Dawes in Kingston Grove, Leeds, ein umfangreiches Patent auf Verbund-Locomotiven\*), welches in 4 Theile zerfällt. Folgendes ist ein kurzer Auszug:

#### 1. Ersparnis an Brennstoff.

Um eine gegebene Last mit gegebener Geschwindigkeit mit der geringsten Menge Dampf, d. h. auch an Kohlen, zu befördern ist der gewöhnliche Dehnungsgrad der bestehenden Locomotiven 1:4 bis 1:6 nicht genügend; derselbe muß auf 1:8 bis 1:12 erhöht werden. Dieses geschieht durch Anwendung von 2 Paar Cylindern, von denen die kleineren  $\frac{1}{4}$  des Rauminhaltes der größeren haben sollen. Bei halber Füllung des kleinen Cylinders hat man dann 8fache, bei  $\frac{1}{3}$  Füllung 12fache Ausdehnung.

Es ist günstig Dampfmäntel um die kleinen Cylinder zu legen. Durch diese Anordnung hofft Dawes eine große Brennstoff-Ersparung zu erzielen; denn in den begleitenden Erklärungen rechnet er wie folgt:

Eine Locomotive der gewöhnlichen Bauart habe 2 Cylinder von 16" Durchmesser und 24" Hub. Bei einem Kesseldrucke von 120 Pfd. und einer Füllung von 25% habe man 4fache Ausdehnung, einen mittleren Druck auf beide Kolben von 28743 Pfd. und einen Dampfverbrauch von 4824 Cubikzoll für eine Umdrehung der Achse.

Dagegen hätte man bei Anwendung von 2 Cylindern von  $9\frac{1}{4}$ " Durchmesser und 2 Cylindern mit  $19\frac{3}{8}$ " Durchmesser, mit gleichem Hube von 24" bei 120 Pfd. Kesseldruck und 50% Füllung in den kleinen Cylindern  $8\frac{1}{2}$ fache Ausdehnung, einen mittleren Druck auf beide Kurbeln von 29169 Pfd. und einen Dampfverbrauch von 3216 Cubikzoll, d. h. man habe bei 426 Pfd. größerem Drucke auf die Kolben einen um 33% geringeren Dampfverbrauch; mit derselben Dampfmenge könne man jetzt also 150 Meilen fahren gegen 100 Meilen früher.

2. Zur Beförderung einer gleichmäßigeren Fahrt werden die Cylinder wie folgt angeordnet:

Die Kolben der 2 kleinen Cylinder wirken auf die Kurbeln der einen Treibachse und diejenigen der 2 großen Cylinder auf die Kurbeln der zweiten Treibachse. Man vermeidet hierdurch die gefährlichen Kuppelstangen, welche zum Wanken und Bruche

\*) Patent Specification No. 1857, 20. Juni 1872 William Dawes, Kingston-Grove, Leeds. „Improvements in locomotive steam engines, parts of which improvements are also applicable to other engines.“

Anlaß geben. — Der Dampf des kleinen Cylinders geht in einen gemeinschaftlichen großen »Receiver«. Um immer genügenden Dampfdruck für die großen Cylinder zu haben, sollen die Treibräder, welche mit den großen Cylindern verbunden sind, einen um  $\frac{1}{8}$  Zoll größeren Durchmesser haben als die Räder der anderen Achse.

Auf dem Receiver muß ein Sicherheitsventil angebracht sein für den Fall, daß der Druck in demselben zu groß werde. Außerdem ist für besondere Fälle, wo größere Kraftleistungen erfordert werden, z. B. beim Anfahren oder beim Schiebedienste, ein Anfahrtschieber vorgesehen, welcher mittels eines engen Rohres eine Verbindung der großen Cylinder mit dem Kessel herstellen läßt. Der Umsteuerhebel ist mit diesem Anfahrtschieber derart zu kuppeln, daß derselbe in den ausgelegten Stellungen (Rückwärts oder Vorwärts), welche nur beim Anfahren benutzt werden, jene unmittelbare Verbindung zwischen Kessel und großen Cylindern herstellt. Der Schieber soll sich selbstthätig schließeln und in den anderen Lagen des Umsteuerhebels jene Verbindung abschließeln. Der Locomotivführer hat daher zum Anlassen der Verbund-Maschine keine außergewöhnlichen Handgriffe zu thun. —

Wie man aus obigem ersieht, hat schon Dawes eine Anfahrsvorrichtung zusammengestellt, die von den deutschen Reichspatenten No. 45231 u. s. w. von R. Lindner\*) und dem neuesten Patente No. 51737 von Kraufs u. Comp. in München in Nichts abweicht.

#### 3. Zwei andere Anordnungen:

Alle 4 Cylinder wirken auf die erste Treibachse, welche zweimal gekröpft ist und aufsen noch Kurbeln hat. Diese Treibachse ist mit einer hinter der Feuerbüchse liegenden Achse gekuppelt (Fig. 7, Taf. XXXVII), — oder:

Je ein grosser und ein kleiner Cylinder wirken auf eine Treibachse und beide Treibachsen sind durch zwischen den Rahmen liegende Ketten gekuppelt.

4. Für gewisse Fälle, wo ein gedrungener Bau verlangt ist, sind, um den Kreuzkopf und die langen Pleuel- und Gleitstangen zu vermeiden, schwingende Cylinder und zwar 2 Hochdruck- und 2 Niederdruckcylinder in je einer Gruppe anzuordnen. Fig. 4 u. 5, Taf. XXXV geben die Gesamtanordnung im Grundriß und die gelenkige Rohrverbindung.

Die nächste mir bekannt gewordene Veröffentlichung über Verbund-Locomotiven ist eine Arbeit des späterhin so namhaft gewordenen Herrn Anatole Mallet in der »Revue industrielle« vom 25. October 1875: »Application du système Compound aux machines locomotives« par A. Mallet.

Herr Mallet entwickelt seine Gedanken wie folgt:

In einer Untersuchung über Eisenbahn-Betriebsmittel habe Herr Vidard gesagt: »Die Locomotive läßt augenblicklich wenig zu wünschen übrig; die Vervollkommnungen, welche man an derselben vornehmen könne, würden zwar den betreffenden Ingenieur, wenn sie z. B. eine Verminderung des Brennstoffverbrauches auch um die Hälfte zum Erfolge hätten, mit Ruhm bedecken, dennoch würde aber eine solche Ersparnis im Verhältnisse zu den Beförderungskosten von Gütern und Menschen

\*) Organ 1888, Seite 299.

eine ganz unbedeutende sein«. — Er denke über solche Ersparnisse ganz anders; wenn eine große französische Eisenbahngesellschaft, welche im Jahre 1874 für Wasser- und Kohlenbeschaffung 5,800,000 Fr. ausgegeben hätte, hiervon auch nur ein Drittel, also 2,000,000 erspare, so sei das sicher nicht ohne Bedeutung; denn zu dieser unmittelbaren Ersparnis kämen noch die längere Erhaltung der Kessel und die verringerten Unterhaltungskosten der Maschinen hinzu. — Und warum sollte solche Ersparnis unwahrscheinlich sein?! — Im Jahre 1872 wurde in der Institution of Mechanical Engineers zu Liverpool festgestellt, daß in den 10 Jahren seit 1862 der Brennstoffverbrauch der besseren Schiffsmaschinen um die Hälfte vermindert sei, — während man auch hier im Jahre 1862 eine solche Ersparnis für unerreichbar hielt.

Jetzt handele es sich freilich um die Locomotiv-Maschine! — Aber was ist diese denn eigentlich? — Sie ist eine Dampfmaschine ohne Dampfniederschlagung und wenn es auch wahr ist, daß das Niederschlagen eine ergiebige Hilfsquelle für die gute Ausnutzung der Dampfkraft ist, — warum folgt denn hieraus, daß man den Dampf bei den Locomotiven, weil man ihn bis jetzt ohne Niederschlagen nutzbar macht, auf eine solche unvollkommene Art zur Kraftäußerung verwenden muß, wie man es augenblicklich immer noch thut. Man kann wohl behaupten, daß in der Verwendung des Dampfes bei den Locomotiven seit 30 Jahren nicht die geringste Verbesserung erreicht oder auch nur angestrebt worden ist, denn während gute Land- und Schiffsmaschinen nicht mehr als 7 kg Dampf in der Stunde für die indicirte Pferdekraft brauchen, verlangt die Locomotivmaschine 15—20 kg.

Die Locomotive ist freilich, als Maschine betrachtet, durch die Bedingung, daß sie zeitweise außerordentliche Kraft entwickeln soll, in die ungünstigste Lage versetzt. Nur zu oft bestimmt man die Cylinderabmessungen für diese aufsergewöhnliche Leistung, was zur Folge hat, daß die wichtigsten Theile während der Hauptarbeitszeit in sehr ungünstigem Verhältnisse zur verlangten Arbeit stehen.

Das beste Hilfsmittel ist auch hier die Einführung der Verbund-Wirkung. Für die Locomotiven hat dieselbe folgende Vortheile:

1. Man kann die Ausdehnung insoweit ausnutzen, als es dem zur Verfügung stehenden Kesseldrucke entspricht, ohne die Füllungsgrade unter 35—40 % führen zu müssen, eine Bedingung, welche bei der richtiger Weise durchgeführten Vermeidung der Anwendung einer besonderen Ausdehnungs-Vorrichtung für die Dampfvertheilung nur günstig sein muß.
2. Das Niederschlagen des Dampfes in den Cylindern, welche zu der inneren Oberfläche der Cylinder und dem Wärme-Unterschiede des ein- und abströmenden Dampfes in geradem Verhältnisse steht, wird ermäßigt.
3. Der wechselnde Dampfdruck wird gleichmäßiger vertheilt und zwar derart, daß man bei den gewöhnlichen Geschwindigkeiten nur mäßigen Druck auf den Kolben und die Schieber erhält.
4. Daher folgt auch regelmäßiger Druckübertragung auf die Kurbeln der Treibachse.

5. Die Maschine arbeitet unter den gewöhnlichen Bedingungen mit einem günstigeren Füllungsgrade als bisher; für kurze große Kraftleistung läßt man die Maschine als gewöhnliche, d. h. mit dem Drucke frischen Dampfes auf beide Kolben, arbeiten.

Dagegen läßt sich gegen die Verbund-Locomotive anführen:

1. Die Arbeit auf beiden Maschinenseiten wird nur ausnahmsweise gleich sein. Bei innenliegenden Cylindern wird übrigens diese Unregelmäßigkeit zum großen Theile durch die gleichmäßigere Druckwirkung auf die Kolben während einer Umdrehung wieder gutgemacht. Uebrigens handelt es sich beim Entwerfen einer Verbund-Maschine nicht darum, nun eine Locomotive zu erhalten, welche auf beiden Seiten mathematisch genau gleiche Kraftwirkungen während einer Umdrehung besitzt, sondern vielmehr um die Herstellung einer Locomotive, welche bei großer Brennstoffersparnis, nicht schlechter als die bisher verwandten Locomotiven arbeitet. Um dieses nahezu zu erreichen zu 3 und 4 Cylinder-Anordnungen zu greifen, scheint nicht gerechtfertigt.
2. Durch die Abschwächung der Blasrohrstöße um die Hälfte wird jedenfalls der Zug vermindert werden. Da aber bei Anwendung der Verbund-Wirkung 30 % weniger Dampf verbraucht wird, der Kessel also weniger Dampf in der Zeiteinheit zu liefern hat, so kann auch die Verbrennung weniger lebhaft sein. — Auf Strecken, wo mit frischem Dampfe in beiden Cylindern gefahren wird, hat man wieder die doppelte Anzahl von Blasrohrstößen und daher entsprechend lebhaftere Verbrennung.

Als für die Verbund-Locomotiven sprechende Gründe bleiben hiernach übrig:

1. Dampf- und Kohlenersparnis von 30 %.
2. Vergrößerung derjenigen Wegstrecke, welche bei gegebenem Kohlen- und Wasserverbrauche ohne Anhalten durchlaufen werden kann.
3. Für bisher verlangte Leistung kleinere Kessel, leichtere Maschinen, welche daher nicht theurer sind.
4. Bei Annahme des alten Kohlenverbrauches im Verhältnisse zur Brennstoffersparung größere Leistung.

Auf Grund dieser Betrachtungen entwarf Mallet 2 Verbund-Locomotiven, eine für den Schnellzugdienst mit innen- oder außenliegenden Cylindern und eine für schwere Güterzüge zum Befahren steiler Rampen. Die Fig. 8 und 9, Taf. XXXVII geben Querschnitte durch die Rauchkammern und die Cylinder der betreffenden Maschinen. Der Dampf geht durch das Rohr a in den rechts liegenden kleinen Cylinder, aus diesem durch das Verbinderrohr b quer durch die Rauchkammer zum Anfahrtschieber (tiroir de démarrage) u, von diesem zum großen Cylinder und durch das Rohr d zum Blasrohre e, — wie man sieht, dieselbe Anordnung, wie sie Herr Mallet später an den Maschinen der Bayonne-Biarritzer Eisenbahn zur Ausführung brachte.

Erwähnt sei aus jener Arbeit noch folgende Schlußbetrachtung.

Am leichtesten wird wohl der Entwurf von Verbundschnellzug-Locomotiven sein, welche leichte Züge auf langen Strecken ohne Aufenthalt zu befördern haben.

Viel schwieriger und anregender wird die Lösung der Aufgabe sein, die Verbund-Wirkung bei Güterzug-Maschinen anzuwenden, welche schwere Lasten mit geringer Geschwindigkeit fortzuschaffen haben und oft anhalten und anziehen müssen. Im Uebrigen sollen jene Entwürfe nicht als tadellose Arbeiten bezeichnet werden, sondern bloß die Aufmerksamkeit auf diese wichtige, man kann sagen Zukunftssache lenken.

Im Jahre darauf, jedoch bevor noch Herr Mallet mit seinen Versuchen an der Bayonne-Biarritz Bahn an die Öffentlichkeit trat, hielt der schon oben erwähnte Herr Ebenezer Kemp am 25. April 1876 einen längeren Vortrag\*) vor der »Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland« zu Glasgow:

»On the Compounding of Locomotives and other non-condensing-Engines.«

An der Hand von Versuchen bringt Herr Kemp den Beweis, daß die Verbund-Hochdruckmaschine sparsamer arbeitet, als die einfache Zwillingmaschine. Auf dem Werke der Linthouse Iron Works hat Herr Kemp durch Versuche an einer stehenden Verbund-Maschine, welche er abwechselnd als Verbund- und durch Abkuppeln eines Cylinders als einfache Maschine arbeiten ließ, gefunden, daß die Verbund-Anordnung eine Ersparnis an Brennstoff von 15—20% gewähre. Das Verhältnis der Cylinderinhalte der Versuchsmaschine war bei Durchmessern von 10" u. 14" 1:2. Der Kesseldruck betrug bloß 70 Pfd., also rund 5 at. — Bei Erhöhung des Druckes auf 160 Pfd. = etwa 11 at glaubte Herr Kemp auf 30% Ersparnis rechnen zu dürfen.

Außer einer solchen Ersparnis von Brennstoff habe die Anwendung der Verbund-Wirkung noch folgende Vortheile:

1. Da die Verschiedenheit der Druckkräfte, welche jetzt auf einen Kolben wirken, geringer ist als früher, so stehen auch alle Treibwerktheile nun unter geringerem Drucke, werden also weniger abgenutzt und können schwächer gehalten sein. Die Aufzeichnungen L (Fig. 14, Taf. XXXVII), M (Fig. 15, Taf. XXXVII) geben darüber Aufschluß. L ist eine theoretische Aufzeichnung für 30% Füllung und 100 Pfd. Eintrittsparung für eine gewöhnliche Locomotive; M eine solche für denselben Druck, aber für eine entsprechende Verbund-Maschine mit 60% Füllung im kleinen Cylinder. Der mittlere Druck auf jeden Kolben ist im ersten Falle  $8\frac{1}{2}$  t, im zweiten  $5\frac{1}{2}$  t, d. h. um etwa 35% geringer.
2. Die Wärmeunterschiede des ein- und austretenden Dampfes in einem Cylinder sind um die Hälfte geringer als bei den gewöhnlichen Locomotiven, d. h. mit anderen Worten die Verluste des inneren Niederschlages werden auf die Hälfte vermindert.
3. Die Dampfverluste durch Undichtigkeiten sind verringert; denn während bei einer gewöhnlichen Locomotive ein un-

dichter Kolben oder Schieber zur Folge hat, daß der durchpeifende Dampf einfach in's Freie verloren geht, wird hier solcher Dampf des undichten kleinen Cylinders im großen abgefangen und muß hier noch seine Arbeit thun. Ist dagegen am großen Cylinder ein Theil undicht, so hat der jetzt in das Blasrohr strömende Dampf wenigstens im kleinen Cylinder die Hälfte seiner Arbeit geleistet.

Die Fig. 10, 11 u. 12, Taf. XXXVII zeigen einen Entwurf von Herrn Kemp. Der Kesseldampf geht durch das Rohr a zum kleinen Cylinder A, durch den Rohrstützen b in den Zwischenraum c, den die doppelwandige Rauchkammer und der Schornstein bilden, steigt rechts nach oben und durch die beiden Oeffnungen f wieder links herunter zum großen Cylinder B und darauf durch d zum Blasrohre hinaus. Auf der Rauchkammer ist ein Sicherheitsventil anzuordnen, welches mit  $\frac{1}{3}$  des Kesseldruckes belastet ist; ebenso eine Schiebervorrichtung zum Anfahren mit frischem Dampfe in beiden Cylindern.

Die Cylinder haben Durchmesser von 16" und 23", was ein Raumverhältnis von 1:2 giebt. Der Gesamtgehalt der beiden Cylinder der Verbund-Locomotive ist also das  $1\frac{1}{2}$  fache desjenigen der gewöhnlichen Locomotive. Dieses giebt bei gleichen Füllungen in beiden Cylindern nahezu gleiche Arbeitsleistungen in beiden. Im Uebrigen könne das günstigste Verhältnis erst durch genaue eingehende Versuche bestimmt werden. Herr Kemp schlägt vor, den Kesseldruck so zu erhöhen, daß der Gesamtinhalt der Verbundcylinder nicht größer zu sein braucht, als derjenige der gewöhnlichen Locomotive, — auch glaubt er, daß die oben angeführte Verbinder-Anordnung besser durch ein weites Rohr ersetzt werden könne, welches in der Rauchkammer deren Wölbung folgt.

Was das Blasrohr anbetrifft, so ist er der Meinung, daß die Oeffnung wahrscheinlich größer gemacht werden müsse, um denselben Blasedruck zu erhalten.

Die Besprechung, welche diesem lehrreichen Vortrage folgte, fand erst am 24. October 1876 statt; zum Beginne derselben theilte Herr Kemp mit, daß Herr Mallet in der Zwischenzeit Versuche mit Verbund-Locomotiven für die zu erbauende Bahn von Bayonne nach Biarritz (die Eröffnung derselben fand erst am 2. Juni 1877 statt) vorzunehmen angefangen habe.

Vor dem Bekanntgeben der Versuchsergebnisse des Herrn Mallet erschien in dem »Bulletin de la Société scientifique industrielle de Marseille« (1877 troisième trimestre) eine an der Hand von 7 Tafeln erläuterte Arbeit des Ingenieurs M. Guilbaut: »Étude sur les locomotives et sur la possibilité de les transformer en machines brûlant peu de charbon. Project de transformation des locomotives actuelles en machines à cylindres différentiels, système Woolf, avec surchauffe intermédiaire de la vapeur« — welche einige theoretische Betrachtungen und im Anschlusse daran 2 Entwürfe von Verbund-Locomotiven brachte. Da die theoretischen Betrachtungen nichts Neues enthalten, so sei sofort zu den beiden Entwürfen übergegangen. Dieselben sind in den Fig. 1—6, Taf. XXXVIII wiedergegeben. Die Fig. 1 u. 2 zeigen die Cylinder-Anordnung einer für Verbund-Wirkung eingerichteten 3-fach gekuppelten Locomotive der Paris-Lyon-Méditerranée Eisenbahn, bei welcher die 2 alten Cylinder von 450 mm Durchmesser durch 2 neue von 350 mm

\*) Transactions of the Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland Nineteenth Session 1875—76, 25. April 1876.

und 560 mm Durchmesser ersetzt worden sind. Der Hub ist in beiden Fällen 650 mm. Bei diesem Cylinder-Raum-Verhältnis von 1:2,56 und dem für den Kessel gestatteten Drucke von 9 at Ueberdruck fand Herr Guilbaut an der Hand von Indicator-Aufzeichnungen, daß der kleine Cylinder gegen 65 % Füllung erhalten muß, um gleichen Druck auf beide Kolben zu haben. Er schlug daher mit Recht vor, den Kesseldruck so weit zu erhöhen, daß ein Füllungsgrad von 30 bis 40 % nicht überstiegen werden muß. Dem Verbinder gab er einen Rauminhalt, welcher das 2-fache desjenigen des kleinen Cylinders war. Die Anordnung der Locomotive ist im Uebrigen aus den Fig. 1—2, Taf. XXXVIII deutlich ersichtbar. Die Fig. 5 und 6, Taf. XXXVIII zeigen die Bauart des Anfahrtsschiebers, welcher in der gezeichneten Stellung die Maschine als Verbund-Maschine arbeiten läßt. Erwähnt sei noch, daß die Schieberstange des Anfahrtsschiebers mit dem Steuerhebel verbunden ist und mit diesem zugleich bewegt wird.

Die Gesamtkosten des Umbaues schlägt Herr Guilbaut auf rund 5000 Mark an. Dieselben ermäßigen sich auf gegen 3000 Mark, wenn die Locomotive nach seinem 2. Entwurfe umgebaut wird, nach welchem nur die alten vorderen Cylinderdeckel verworfen und durch 2 vorgesetzte kleine Cylinder von 260 mm Durchmesser ersetzt werden. Die Schieber beider Cylinder einer Seite sitzen an einer Schieberstange, weshalb auch beide Cylinder gleiche Füllung erhalten. Für das Cylinder-Raumverhältnis von 1:3 und 9 at Ueberdruck im Kessel muß der kleine Cylinder dann gegen 67 % Füllung erhalten, wenn

beide Kolben gleichem Drucke ausgesetzt sein sollen: worauf es übrigens bei dieser Anordnung nicht einmal ankommt, da auf beiden Maschinenseiten immer gleicher Gesamtdruck herrscht. Die sonstige Anordnung für diesen Fall zeigen die Fig. 3 u. 4, Taf. XXXVIII so deutlich, daß von besonderen Erklärungen abgesehen werden kann.

Aus all' dem Mitgetheilten kann man den Schluß ziehen, daß das Wesen und die Vorzüge der Verbund-Wirkung schon im Jahre 1860, also vor 30 Jahren, richtig erfaßt waren; sind doch viele Einzelheiten schon damals in genau derselben Form vorgeschlagen, wie man sie heute ausführt. Wenn sich nun die Verbund-Locomotive trotzdem erst zu Anfang der 80er Jahre Geltung zu verschaffen begann, so liegt das an den Vorurtheilen, mit welchen man ihr auch heute noch selbst in Kreisen, wo das Verständnis für ihre Eigenschaften auf Grund praktischer und auch theoretischer Kenntnisse vorhanden sein sollte, ablehnend, oder wenigstens nicht fördernd gegenübersteht.

Der Ausspruch des Einführers der dreifachen Ausdehnung des Dampfes in der Maschine, des Herrn Ingenieurs Ziese in Elbing im Engineering 1881, Vol. I, Seite 613,

... »The compounding of locomotives is more a question of introduction than of construction.« ...

bewahrheitet sich mit jedem Tage mehr! —

Zum Schlusse sei die Bitte ausgesprochen, dem Verfasser dieser Zeilen jede geschichtliche Angabe über Verbund-Locomotiven, welche anderwärts bekannt sein sollten, gütigst mittheilen zu wollen.

## Anordnung des Nepilly'schen Stehrostes in Flammrohrkesseln unter Zuführung vorgewärmter Luft.

Von Ch. Ph. Schäfer, Eisenbahn-Maschinen-Inspector in Trier.

(Hierzu Zeichnungen Fig. 1—6 auf Taf. XXXIX)

Der Nepilly'sche Stehrost für Locomotivfeuerungen (vergl. Organ 1882, Seite 17 u. f. und 1883 Seite 231 u. f.) ist um das Jahr 1882 auch zu Feuerungsanlagen stehender Flammrohrdampfkessel verwendet worden. Die Luft wurde dem Stehroste unter dem Hauptroste entlang zugeführt und war nicht vorgewärmt, so daß eine schädliche Abkühlung der Flamme unmittelbar vor der Feuerbrücke entstand.

Zwar wird dem Nepilly'schen Stehroste in der Locomotivfeuerbüchse die Luft auch nicht vorgewärmt zugeführt, indes gelangt sie in der Locomotivfeuerbüchse doch vorgewärmt zu den Feuergasen, weil sie alsbald nach dem Eintritte in die Feuerbüchse an dem glühenden Gewölbe aus feuerfesten Steinen vorbeiströmt, um sich im Verbrennungsraume in heißem Zustande mit den Feuergasen zu mischen, bezw. um zur Verbrennung noch unverbrannter Kohlentheilchen zu dienen.

Da sich nun in den Flammrohren der stehenden Dampfkessel kein Gewölbe aus feuerfesten Steinen über dem Nepilly'schen Stehroste anordnen läßt, wurde vor etwa vier Jahren der Versuch gemacht die Luft vor dem Eintritte in den Feuer-

raum zu erhitzen, wie dies in vielen andern Fällen auch geschieht.

Fig. 1—3, Taf. XXXIX zeigen zunächst die Kesselanlage in bekannter Anordnung. In Fig. 3 und 6 ist der Nepilly'sche Stehrost mit a b bezeichnet. c d Fig. 1 und 2 sind die Vorwärmeröhren, von denen je 2 in einem Flammrohre liegen. Fig. 4 zeigt die Rostlage des Hauptrostes; die Spaltenweite von 10 mm hat sich als geeignet erwiesen, da nur im Anfange des Aufheuerns kleine Kohlenstückchen in geringem Maße durchfallen. Beim Beschicken des Rostes ist darauf zu achten, daß der Stehrost frei bleibt, und daß der Brennstoff in dünnen Schichten aufgeworfen wird. Fig. 5 und 6 zeigen den Stehrost in größerem Maßstabe; die mit dem Stehroste vereinigte Feuerbrücke ist niedrig gehalten, um den Querschnitt für das Durchziehen der Feuergase über die Feuerbrücke nicht mehr als zulässig zu verengen. Die Vorplatte e f Fig. 5 und 6 ist im untern Theile mit einer Klappe g versehen, welche mit Hilfe eines Hakens geöffnet werden kann, um den Raum vor den Röhren unter dem Stehroste von Asche reinigen zu können.

Die Röhren c d haben außergewöhnlich lange Muffen erhalten, vergl. Fig. 1, 2 und 5, weil sich die Muffen gewöhnlicher Wasserleitungsröhren als zu kurz erwiesen hatten, und sehr bald eine Trennung der Röhren stattfand. Auch sogenannte Ueberschieber haben sich zur Verbindung der Röhren nicht bewährt, da sich dieselben, obwohl von ziemlicher Länge, durch fortgesetzte abwechselnde Verlängerung und Verkürzung der Röhren infolge der Wärmeunterschiede nach und nach verschoben.

Die Luft strömt in der Richtung des Pfeiles bei d kräftig in die Röhren, wie man sich leicht durch Mitreißenslassen von Papierschnitzeln überzeugen kann — der zugehörige Schornstein hat eine Höhe von 30<sup>m</sup> bei 1,53<sup>m</sup> unterem und 1,2<sup>m</sup> oberem lichten Durchmesser — auch wenn die beiden nebenliegenden Kessel von derselben Bauart, welche im Jahre 1888 bezw. 1889 ebenfalls mit den inzwischen bewährten Nepilly'schen Stehrosten versehen wurden, im Winter zur Bedienung der Dampfheizung gleichzeitig betrieben werden.

Wenn man die Vorplatte, welche die Zuführung der heißen Luft durch den Stehrost bewirkt, herausnimmt und die Luftzuführungsröhren zustellt, um die Feuerung versuchsweise ohne Zuführung heißer Luft zu betreiben, so zeigt sich eine merklich schlechtere Verbrennung als vorher.

Öffnet man die Luftzuführungsröhren wieder, jedoch ohne die Vorplatte wieder einzusetzen, so wird der Luftzug in den Röhren erheblich stärker als bei eingesetzter Vorplatte. Die Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, daß nicht allein dem Stehroste, sondern auch dem übrigen Roste nach Beseitigung der Vorplatte Luft aus den Röhren zugeführt wird. Infolge des schnelleren Durchströmens durch die Röhren wird die Luft jedoch weniger vorgewärmt, als wenn die Platte sich vorn unter dem Stehroste befindet; auch mischt sich die erhitzte Luft in letzterem Falle mit den Feuergasen, während sie in erstem zum Theil zur Erwärmung der Kohlen dient, und weniger vortheilhaft zur Verwendung kommt.

Die Vorwärmung der Luft bei eingesetzter Vorplatte kann als eine vollständige angesehen werden, da nur unmittelbar nach dem Aufheuern eine Spur von sichtbarem Rauche dem Schornsteine entströmt und fast immer eine vollständige Rauchverbrennung stattfindet.

In vorliegendem Falle handelt es sich indessen nicht um Verhinderung der Rauchbildung zur Vermeidung von Belästigungen der Umgebung, sondern um Rauchverbrennung zur Erzielung möglichst vollkommener Ausnutzung des Brennstoffes und um Verwendung billigerer Heizmittel.

Die Verwendung von Saarkohlen III. Sorte statt deren II. Sorte ist denn auch seit Einführung des Nepilly'schen Stehrostes zur Feuerung der stehenden Dampfkessel (für Locomotivkessel müssen Kohlen I. und II. Sorte verwendet werden) der Werkstatt Karthaus eingeführt, und seitdem erwachsen gegen früher monatlich mindestens 150 M. Ersparnisse. Es werden für einen Kessel täglich etwa 1,5 t Kohlen verwendet, demnach im Monat etwa 40 t. Da nun ziemlich dieselbe Menge Kohlen III. Sorte, wie früher II. Sorte verwendet wird, und die Tonne Kohlen III. Sorte etwa 4 M. billiger ist als die II. Sorte, so erwachsen monatlich  $40 \times 4 = 160$  M. Ersparnisse. Versuche mit Ruhrkohlen sind nicht gemacht.

Allerdings müssen die Röhren von Zeit zu Zeit, etwa halbjährlich, erneuert werden. Die Kosten der Erneuerung werden aber durch die Ersparnisse eines Monats ziemlich gedeckt, so daß  $\frac{5}{6}$  der Kohlenersparnisse als wirkliche Ersparnisse zu berechnen sind; auch die Neukosten der Einrichtung sind in kurzer Zeit erspart.

Die Abgabe der Wärme der Feuergase an die Röhren zur Vorwärmung der Luft kann nicht abzüglich in Betracht kommen, da die Rauchgase nicht sämtliche Wärme abgeben und eine erhebliche Wärme durch den Schornstein entströmt, vielmehr muß auch die an die Röhren abgegebene Wärme als nutzbar gemachte Wärme angesehen werden, umso mehr, als schon durch die vollkommene Verbrennung Ersatz geboten wird.

Die Nepilly'schen Stehroste sind von der Maschinenbauanstalt von Dingler, Karcher & Co. zu St. Johann-Saarbrücken geliefert worden. Zwei Nepilly'sche Stehroste von den gezeichneten Abmessungen wiegen nebst zwei Vorplatten, jedoch ohne Vorwärmeröhren, etwa 175 kg.

Die vorstehenden Angaben mögen um so mehr zur Vervollständigung der Angaben über den Nepilly'schen Stehrost dienen, als der Grundgedanke Beachtung verdient. Wenn schon in Eisenbahn-Werkstätten, Wasserstationen u. s. w. die Siederohrkessel nach Art der Locomotivkessel weite Verbreitung gefunden haben, bezw. voraussichtlich noch finden werden, da leistungsfähige Eisenbahn-Werkstätten in zielbewusster Weise meist in nicht allzu großen Entfernungen von einander angelegt sind und der Instandhaltung der Kessel gut geschulte Arbeiter bieten, so werden doch die Flammrohrkessel voraussichtlich nicht vollständig verdrängt werden; die vorstehend beschriebene, allerdings unter günstigen Verhältnissen wirkende Anordnung dürfte in manchen Fällen nach Prüfung der örtlichen Verhältnisse Anwendung finden können.