

# Der eiserne Oberbau

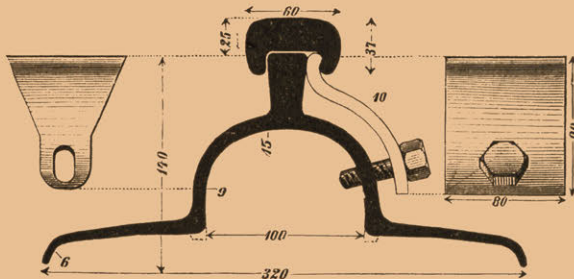
mit besonderer Berücksichtigung

einer

**rationellen Schienenbefestigung für Lang- und Querschwellen.**

Von

**Georg Schwartzkopff.**



*Mit zahlreichen in den Text gedruckten Holzschnitten und 4 Tafeln.*

**EXTRA**  
MATERIALS  
[extras.springer.com](http://extras.springer.com)

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1882.





Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>

ISBN 978-3-662-38737-5

ISBN 978-3-662-39624-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-39624-7

Alle Rechte vorbehalten.

# V o r w o r t.

---

„Thut nie Etwas, wovon ihr keinen  
guten Grund angeben könnt.“

Vitruv.

Der eiserne Oberbau lässt sich ganz allgemein nach der Gestalt seiner Unterlagen in 4 verschiedene Gruppen eintheilen, und zwar in

- 1) Langschwellen-Oberbau,
- 2) Querschwellen-Oberbau,
- 3) Einzelunterlagen,
- 4) Combination von Querschwellen und Einzelunterlagen.

Prinzipiell genügt jedoch eine Eintheilung des eisernen Oberbaues in

I. Langschwellen-Oberbau,

II. Querschwellen-Oberbau,

da die oben sub 3 u. 4 bezeichneten Gruppen, wie später auch noch besonders nachgewiesen werden soll, eigentlich zu System II gehören oder wenigstens als Modifikation desselben zu betrachten sind.

Jedes dieser beiden Systeme hat unter gewissen Bedingungen seine Vorzüge und unter bestimmten Voraussetzungen seine Vorrechte.

Der Zweck dieser Abhandlung soll nun nicht der sein, zu untersuchen, welches von diesen Systemen in diesem oder jenem Falle den Vorzug verdienen könnte, oder ob Langschwellen überhaupt den Querschwellen oder letztere den ersteren vorzuziehen seien und dergleichen mehr. Es sollen vielmehr Langschwellen und Querschwellen mit ihren Modifikationen für sich betrachtet werden, und zwar, wie der Titel dieser Abhandlung auch angiebt, mit besonderer Berücksichtigung einer rationellen Befestigung aller in Frage kommenden Schienen. Es wird sich zeigen, dass in manchen Fällen die Form der Schienen und der Schwellen theilweise so zu sagen be-

dingt wird durch die Art der Befestigung und dass hierbei für Schienen und Schwellen in ihrer Gesamtanordnung gewissermaassen neue, noch nicht angewandte Profile entstehen, die dann ebenfalls theoretisch und praktisch discutirt und kritisirt werden sollen. Verfasser hätte demnach den Titel dieser Arbeit auch bezeichnen können durch:

**Neue eiserne Oberbausysteme\*) etc.**

Dies ist jedoch aus dem Grunde nicht geschehen, weil speciell die bei allen besprochenen und vorgeschlagenen Systemen im Prinzip stets gleiche Befestigung der Schienen das Charakteristische der Abhandlung bildet und weil ein besonderes Gewicht darauf gelegt ist, diese Befestigung für alle bestehenden oder neu zu modificirenden und hier in Frage kommenden Oberbau-Systeme, gleichgiltig ob für Langschwellen oder für Querschwellen, ob für leichte Schienen oder für schwere Schienen verwerthen zu können, so dass die Bezeichnung Universalbefestigung wohl berechtigt sein dürfte.

Da bei einer Befestigung von Schienen auf Schwellen beide Theile vorhanden sein müssen, so ist die Anwendung derselben auf eintheilige Systeme a priori ausgeschlossen. In Bezug auf die eisernen Langschwellen sollen daher in erster Linie die „zweitheiligen“ Systeme in Betracht gezogen werden.

Die qu. Befestigung liesse sich auch für die sogenannten „dreitheiligen“ Langschwellensysteme verwerthen. Es sind sogar für solche Profile Versuche mit derselben angestellt, die in Bezug

---

\*) Es sei gestattet hier zu bemerken, dass Verfasser sich im Jahre 1879 die Construction eines zweitheiligen eisernen Langschwellen-Oberbaues in Verbindung mit einem federnden Klemmhebel für Deutschland, Oesterreich-Ungarn, Russland, England und Amerika hat patentiren lassen. Derselbe hat ferner in diesem Jahre ein Zusatzpatent: „Befestigung von Fahrschienen mit schwalbenschwanzförmiger Aussparung auf eisernen Langschwellen durch federnde Klemmhebel“ und ein weiteres Patent: „Befestigung von Schienen auf Langschwellen, Querschwellen und Einzelunterlagen durch federnde Klemmhebel“ eingereicht, so dass sich die Klemmhebelbefestigung auf die Verbindung von ganz beliebigen Schienen mit ihren ebenfalls ganz beliebig construirten resp. Unterlagen bezieht.

auf feste Verbindung einer leichten Schiene mit den beiden Theilen der Langschwelle sehr gute Resultate ergeben haben. Allein in Bezug auf solches System als dreitheiliges treten jedenfalls dieselben Uebelstände auf, welche die Systeme Köstlin und Battig (1861), Scheffler (1861), Daëlen (1867), Hannoversche Staatsbahn (1865), Beer und Roth (1870) und verschiedene andere hauptsächlich in Bezug auf Materialvertheilung, (auf Schienenbefestigung) und auf Dilatation gezeigt haben. Verfasser hat daher überhaupt darauf verzichtet, die dreitheiligen Systeme ausführlich in den Kreis seiner Betrachtung zu ziehen. Es sind dieselben, wo es erforderlich schien, nur angedeutet. Ebenfalls ist das dreitheilige System von de Serres und Battig, das sich bis jetzt gut bewährt haben soll, nicht weiter besprochen, da es mit den in dieser Abhandlung gemachten Vorschlägen nichts zu thun hat. Es sind deshalb in dieser Arbeit unter der Bezeichnung „Langschwellen“, wenn nichts weiter bemerkt ist, die zweitheiligen Systeme zu verstehen.

Sowohl der Langschwellen- als auch der Querschwellen-Oberbau stellen gemeinsame Anforderungen, die sich wohl kurz dahin zusammenfassen lassen, dass in finanzieller Beziehung grösstmögliche Billigkeit bei möglichster Sicherheit und Einfachheit und durchaus technischer Vollkommenheit der Construction, sowohl in Bezug auf die erste Anlage, als auch auf die Unterhaltung Hand in Hand gehen müssen. Ob diese ideelle, besonders unsern deutschen Anschauungen und Begriffen entsprechende Forderung jemals erreicht werden wird, möchten wir bezweifeln, schon aus dem Grunde, weil uns das scheinbar Vollkommenste im nächsten Augenblick doch wieder unvollkommen erscheint. Damit ist aber nicht ausgeschlossen, dass wir uns diesem idealen Ziele möglichst zu nähern suchen, und wenn dies geschieht, unter gewissenhafter Berücksichtigung von **Theorie und Praxis**, so kann den Betreffenden, der seine schwachen Kräfte ebenfalls zur Erreichung dieses hohen Zieles eingesetzt hat, wenigstens nicht der Vorwurf treffen, zu den sogenannten „Unberufenen“ zu gehören.

Es ist ja im Allgemeinen schwierig, für eine neue Idee Freunde und Gönner zu finden, besonders, wenn solche Idee entweder nur als theoretisches Ergebniss oder nur als praktisches Resultat anzusehen ist. Leichter dürfte dies schon zu erreichen sein, wenn nach-

gewiesen werden kann, dass **Theorie und Praxis** vereint gewirkt und übereinstimmende Resultate ergeben haben.

Verfasser war in der glücklichen Lage, dass ihm die Möglichkeit und Gelegenheit gewährt wurde, praktische Versuche in vielen Beziehungen durchführen zu können, und dass ihm in zweifelhaften und schwierigen Fällen ein erfahrener und wohlwollender Rath zur Seite stand.

Ausser den Launhardt'schen Vorträgen über Eisenbahnbau haben die einschlägigen Werke von Heusinger, Winkler, Weber, zur Nieden etc. etc., sowie auch ganz besonders die in dieser Abhandlung häufig citirte Arbeit von Lehwald: „Der eiserne Oberbau“\*) viele Anschauungen befestigt und gereift und manche Vorschläge veranlasst. Verfasser hat ebenfalls das Bestreben gehabt, durch vielfache Benutzung der Literatur der Fachblätter die neuesten Ansichten und Constructionen von Fachleuten gebührend zu berücksichtigen.

Letzteres ist auch die Veranlassung gewesen, dass der Umfang dieser Arbeit grösser geworden ist, als ursprünglich beabsichtigt war. Da der Unterzeichnete den Inhalt der maassgebenden Fachblätter bis zur Fertigstellung dieser Abhandlung verfolgt hat, so konnte es nicht fehlen, dass hier und da nachträglich Bemerkungen und Anmerkungen zugefügt wurden, welche die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete des Eisenbahn-Oberbaues kennzeichnen. Sollte die systematische Anordnung des Ganzen hierunter etwas gelitten haben,

---

\*) **Der eiserne Oberbau.** Beitrag zur Beurtheilung der Dauer und des Verhaltens der zur Zeit gebräuchlichsten Lang- und Querschwellensysteme von **J. Lehwald**, Königlicher Regierungs- und Bau-rath, Mitglied der Königlichen Eisenbahn-Direction zu Frankfurt am Main, unter Mitwirkung von **O. Riese**, Regierungs-Baumeister. Mit 74 Holzschnitten und drei Tafeln. Berlin 1881. Verlag von Ernst Toeche. —

Verfasser bemerkt hierzu, dass ein richtiges Verständniss seiner Abhandlung die genaue Kenntniss der Lehwald'schen Arbeit voraussetzt, und dass es daher rathsam und sehr zweckmässig erscheint, bei etwaiger Durchsicht von Verfassers Abhandlung zugleich den Lehwald'schen eisernen Oberbau zur Seite zu haben, da auf diese Abhandlung sehr häufig verwiesen werden musste.

so wolle man diese Incorrectheit dem Verfasser verzeihen, dem es jedoch auch darauf ankam, die neuesten Systeme und Constructionen in den Kreis seiner Besprechungen zu ziehen.

Was die in Bezug auf Secundärbahnen gemachten Bemerkungen und Vorschläge anbetrifft, so konnten dieselben verhältnissmässig kurz und oft nur andeutungsweise behandelt werden, da für den Oberbau der Secundärbahnen in constructiver Beziehung fast dieselben Grundsätze gelten, wie für den der Hauptbahnen und sich mithin Alles, was für letztere gesagt ist, auch auf erstere bezieht. Für den Oberbau der Secundärbahnen ist allerdings noch die Frage besonders zu berücksichtigen, ob derselbe auf bereits vorhandenen Strassen verlegt werden soll, oder ob ein besonderes Planum erst geschaffen werden muss. Ferner ist die Wahl, ob Langschwellen oder ob Querschwellen anzuwenden sind, in den Fällen in Betracht zu ziehen, in denen der Oberbau Strassen schneidet oder auf denselben entlang läuft, im Gegensatz zu dem Oberbau auf freier Strecke resp. auf besonderem Planum. Da jedoch diese prinzipiellen Fragen beim Oberbau der Hauptbahnen absichtlich nicht weiter berührt worden sind, so sind dieselben auch in Bezug auf die Secundärbahnen übergangen.

Dieselben Motive waren für die andeutungsweise Besprechung des Oberbaues für Strassenbahnen maassgebend.

Was den Oberbau für Strassenbahnen überhaupt anbetrifft, so kann und soll diese Abhandlung keinen Anspruch darauf machen, dieses wichtige Capitel durch einige kurze darauf bezügliche Bemerkungen etwa behandelt oder gar annähernd erschöpft zu haben. Die Profile, die sich für Haupt- und Secundärbahnen und allenfalls für Strassenbahnen auf chausvirten Strassen eignen könnten, scheinen für gepflasterte Strassen durchaus nicht brauchbar zu sein, trotzdem fast alle Versuche bis jetzt sich mehr oder weniger an die Constructionen anlehnten, welche ursprünglich für Haupt- oder Secundärbahnen bestimmt waren. Ist für den Oberbau der Strassenbahnen eine Querschwellenconstruction schon von vornherein auszuschliessen, so spielt auch das Anschlusspflaster eine grosse Rolle bei der Wahl eines Schwellenprofils. Auch die grössere Höhe des letzteren gegenüber der Höhe der Pflastersteine wird heute schon als Bedingung für ein gutes System hingestellt. Allmählich haben sich diese und



manche anderen Forderungen herausgestellt, zu denen sich jedoch noch immer neue gesellen. Da kann es denn auch nur dankend anerkannt werden, wenn ein besonderes Fachblatt, die „**Secundärbahn-Zeitung**“ es sich zur Aufgabe gemacht hat, auch dieses Capitel möglichst rationell und wissenschaftlich zu behandeln. Nr. 14 und 15 des II. Jahrgangs (1882) genannter Zeitschrift bringen einen Aufsatz über „Strassenbahn-Oberbau-Constructions“ vom Bauinspector E. Böttcher. Verfasser gestattet sich auf diese Artikel und überhaupt auf die Secundärbahn-Zeitung zu verweisen, welche dazu berufen scheint, Systematik und Gründlichkeit an der Hand der Theorie und Praxis in dieses Gebiet zu bringen. Der betr. Artikel vom Bauinspector E. Böttcher behandelt nach Aufstellung der hauptsächlichlichen Bedingungen für Strassenbahn - Oberbau - Constructions speciell die Systeme: Victor Demerbe & Co. in Jemmapes (Belgien) 1878. Heusinger von Waldegg. 1881. Rimbach und Haarmann.

Wenn in dieser Arbeit die Oberbau-Constructions für Strassenbahnen hie und da berührt sind, so soll damit hauptsächlich darauf hingedeutet werden, dass die Möglichkeit eines Auswechslens des oberen befahrenen Theils des Oberbaues bei einiger Frequenz der Strecke doch wohl zweckmässig und erwünscht sein dürfte. In solchem Fall würden sich vielleicht die vom Verfasser für Hauptbahnen vorgeschlagenen und bereits praktisch bewährten Mittel auch für Strassenbahnen eignen. Das Vortheilhafte bei diesem System liegt gerade in dem Umstand, dass die Form und Construction der Schwelle ganz unabhängig von der eigentlichen Befestigung einer auf ein Minimum reducirten Fahrschiene ist, so dass alle Forderungen in Bezug auf erstere erfüllt werden können, ohne dem Prinzip des qu. Systems hinderlich zu sein. —

Die für den eisernen Oberbau so wichtige Entwässerung der Geleise ist ebenfalls prinzipiell nicht besprochen worden. Nur eine vorgeschlagene Anordnung, die sich als Combination von Langschwelen mit Einzelunterlagen charakterisirt, berührt den Punkt der Entwässerung und ist gewissermaassen mit Rücksicht auf diese und unter Benutzung alter abgefahrener Schienen construirt worden.

Was die Stossanordnung der Schienen und Schwellen anbetrifft, so ist dieselbe nicht für jede vorgeschlagene Construction

detaillirt durchgeführt. Sie ist vielmehr für gleichartige Gruppen nur angedeutet. Um jedoch wenigstens an einem Beispiel zu zeigen, dass die in Frage kommenden Schwellenprofile eine gute Stossverbindung zulassen, ist auf einer der angefügten Tafeln (Taf. 3) eine Schwellenstossverbindung in halber natürlicher Grösse angegeben.

Es war nicht gut möglich, auf alle diese Punkte ganz speciell einzugehen, da der Umfang dieser Arbeit sonst zu grosse Dimensionen angenommen hätte, und der Inhalt derselben nicht den Zwecken entsprochen hätte, welche für Verfasser maassgebend und vorgeschrieben waren.

Schliesslich ist dieser Abhandlung noch ein Capitel über eine empirische Berechnung der eisernen Lang- und Querschwellensysteme hinzugefügt. Verfasser glaubt, dass auch in theoretischer, oder wenn man will in theoretisch-praktischer Beziehung, derartige Beiträge ihre Berechtigung haben und vielleicht Nutzen schaffen können. Jedenfalls kann eine gründliche Untersuchung und Nebeneinanderstellung vieler bisher gewonnenen Resultate nur dazu beitragen, eine grössere Klarheit und ein präziseres Urtheil über die factische Güte und Brauchbarkeit der verschiedenen Systeme und Profile hölzerner und eiserner Schwellen, als es bisher der Fall war, zu gewinnen.

Ausserdem dürften aber auch die in diesem Abschnitt aufgestellten empirischen Formeln wegen ihrer grossen Einfachheit bei hinreichender Genauigkeit manchem Fachgenossen willkommen sein, da die Benutzung dieser Formeln sehr viel Zeit und Mühe ersparen wird. Dass derartige Formeln, wenn es sich erwünscht erweisen sollte, noch genauer zu construiren sind, ist selbstverständlich. Hierzu sind dann nur umfassendere Versuchsreihen nöthig, als sie Verfasser zu Gebote gestanden haben. Vielleicht dienen die bereits erhaltenen Resultate zu weiterer Anregung, ein umfangreiches statistisches Material mit der Zeit zu schaffen, das auch für den Eisenbahn-Oberbau sehr wichtig und werthvoll ist.

Verschiedene der bisher üblichen Anschauungen über die Güte eines Schwellen- und Schienenprofils, denen sich Verfasser in den ersten beiden Hauptabschnitten stellenweise ebenfalls ohne Weiteres angeschlossen hat, dürften sich auf Grund der Resultate, welche sich aus den empirischen Formeln und aus einer Gleichung

ergeben, die mit Rücksicht auf die capitalisirten Gesamtkosten aufgestellt ist, vielleicht etwas modificiren unter der Voraussetzung, dass die diesen Formeln zu Grunde gelegten Annahmen auch der Wirklichkeit entsprechen. Jedenfalls verdient der eiserne Oberbau, der kolossale Summen repräsentirt und dessen Ausbildung für den Nationalwohlstand von grosser Wichtigkeit ist, eine Untersuchung und Berücksichtigung nach allen Seiten hin. —

Dies sind in den Grundzügen die leitenden Motive und Prinzipien, welche dem Unterzeichneten bei Abfassung vorliegender Arbeit vorgeschwebt haben, auf welche derselbe aus persönlichen Gründen leider nur eine beschränkte Zeit verwenden konnte.

Abgesehen davon, dass Verfasser besonders in letzterer Zeit mehrfach sowohl von technischer Seite, als auch aus fachmännischen Geschäftskreisen bezüglich seines patentirten Klemmhebel-Systems Anfragen erhielt, deren sachgemässe Beantwortung neben der nöthigen Anfertigung von Zeichnungen, Skizzen u. s. w. in jedem Fall sehr viel Zeit fortnahm und trotzdem die leitenden Motive und Prinzipien dieses Systems nicht recht erschöpfen konnten, abgesehen davon, dass aus diesen Gründen eine einmalige Zusammenstellung aller in Bezug auf das Klemmhebel-System gemachten Berechnungen, Constructionen und Erfahrungen nur wünschenswerth und zeitgewinnend schien, so glaubt der Unterzeichnete mit der Veröffentlichung dieser Arbeit auch aus dem Grunde hervortreten zu dürfen, weil dadurch **andere berufenere Fachgenossen** vielleicht veranlasst werden könnten, den in derselben dargelegten Ideen und Resultaten, falls die daran mit Bezug auf ihre Brauchbarkeit geknüpften Hoffnungen sich verwirklichen sollten, näher zu treten. Im andern Falle dürften vielleicht Manche, die sich in demselben Fahrwasser bewegen, abgehalten werden, nach dieser Seite hin weiteren aussichtslosen Bestrebungen nachzuhängen und Verfasser würde sich mit dem Wort zu trösten wissen:

In magnis voluisse sat est.

Berlin, im Juni 1882.

**Georg Schwartzkopff.**

## Inhalts - Uebersicht.

---

| <b>Der eiserne Langschwellen-Oberbau.</b>   |  | Seite |
|---|--|-------|
| Eintheilung der eisernen Langschwellen-Systeme nach dem Gewichts- resp. Tragfähigkeits- Verhältniss der Schienen zu den Schwellen |  | 1     |
| Hierauf bezügliche kurze Betrachtung der Systeme:   |  |       |
| Barlow . . . . .  |  | 1     |
| Hartwich . . . . .  |  | 1     |
| Hilf . . . . .  |  | 2     |
| Hohenegger . . . . .  |  | 2     |
| Heusinger . . . . .   |  | 4     |
| Winkler . . . . .   |  | 5     |
| Aelteres System der Rheinischen Bahn (Project) . . . . .  |  | 5     |
| Neueres System der Rheinischen Bahn (Ausführung) . . . . .  |  | 7     |
| Haarmann . . . . .  |  | 10    |
| System der Berliner Stadtbahn . . . . .   |  | 11    |
| *System der Hannoverschen Staatsbahn . . . . .  |  | 13    |
| Wagemann . . . . .  |  | 14    |
| Dreitheilige Systeme . . . . .  |  | 15    |
| Resumé dieser Betrachtungen . . . . .   |  | 15    |
| Vortheile und Nachteile der Systeme mit schweren Schienen und leichten Schwellen in theoretischer und praktischer Beziehung .     |  | 16    |
| Schlussfolgerung zu Gunsten der Systeme mit leichten Schienen und schweren Schwellen . . . . .                                    |  | 26    |
| Ausspruch Heusinger von Waldegg's über das System Winkler   |  | 26    |
| Entwicklung des (Verfasser patentirten) Klemmhebelsystems für Fahrschienen mit schwalbenschwanzförmiger Aussparung .              |  | 27    |
| Endgültige Form des Klemmhebelsystems: Profil I . . . . .   |  | 30    |
| Versuche mit diesem System auf der Berlin-Hamburger Bahn .  |  | 31    |
| <b>Gutachten der Verwaltung der Berlin-Hamburger Bahn</b> über das System des Verfassers . . . . .                                |  | 33    |

---

\*Die mit einem Stern versehenen Betrachtungen sind in Anmerkungen besprochen.

|  | Seite |
|--|-------|
| Entwicklung der Schwellenform des Klemmhebel-Systems, sowie<br>Berechnung der qu. Profile . . . . .  | 36    |
| Klemmhebel-System für Fahrschienen mit kurzem Steg. . . . .  | 50    |
| Vortheile und Nachtheile der zusammengesetzten Schienen . . . .  | 52    |
| Klemmhebel-System für zusammengesetzte Langschwellen, sowie<br>Berechnung eines derartigen Profils . . . . .   | 53    |
| Verwendung alter breitbasiger Schienen für eine Combination<br>von Einzelunterlagen mit Langschwellen . . . . .  | 56    |
| Zwei verschiedene Constructions einer solchen Combination. . . .   | 59    |
| Dering's Federlaschen ohne Schrauben . . . . .   | 63    |
| Construction von Federlaschen mit Schrauben . . . . .  | 63    |
| Vorbemerkungen zu der Zusammenstellung der durch die Rechnung<br>gewonnenen Resultate für die Klemmhebel-Profile . . . . .   | 65    |
| Tabelle dieser Resultate mit Bezug auf das Berliner Stadtbahnprofil  | 66    |
| Schlussfolgerungen aus dieser Tabelle . . . . .  | 67    |
| Praktische Hauptvorzüge des Klemmhebelsystems. . . . .   | 69    |
| Eigenthümliche Stossanordnung der Fahrschiene mit schwalben-<br>schwanzförmiger Aussparung . . . . .   | 70    |
| Sicherheitsfahrschiene des Klemmhebel-Systems . . . . .  | 70    |
| Anwendung der Klemmhebelbefestigung für breitbasige Schienen<br>auf beliebig construirten Langschwellen . . . . .  | 73    |
| Vergleich der erforderlichen Stückzahl Eisenmaterial bei den Sy-<br>stemen: Hilf, Moselbahn, Rheinischen Bahn und Stadt-<br>bahn gegenüber dem Klemmhebel-System . . . . . | 77    |
| Ein Wort über die Einrichtung von Versuchsstationen für<br>den Eisenbahnbau von Staatswegen und auf Staatskosten. . . .  | 79    |

---

### Der eiserne Querswellen-Oberbau.

|  |    |
|--|----|
| Einleitende Bemerkungen über die Berechtigung der eisernen Quer-<br>schwellen und über die Schienenbefestigung auf denselben . . . . | 80 |
| Vergleich der eisernen Querswellen mit den hölzernen in Bezug<br>auf Länge, Gewicht, Lagerung etc. . . . .                           | 81 |
| Betrachtungen über eiserne Querswellen, deren mittlerer Theil<br>nicht unterstopft ist . . . . .                                     | 83 |
| Reducirung des Materials im mittleren Theile der eisernen Quer-<br>schwellen und Anhäufung desselben an den Enden . . . . .          | 84 |
| Hierauf bezügliche theoretische Entwicklung der Längenform eiserner<br>Querswellen . . . . .   | 85 |
| Zusammengesetzte Querswellenprofile. . . . .   | 88 |
| Combination von Querswellen und Einzelunterlagen unter Benutzung<br>alter abgefahrener Schienen . . . . .                            | 89 |
| Gewichtsvergrößerung und daher bessere Lage eiserner Quer-   |    |

|   | Seite |
|---|-------|
| schwollen durch geeignete Verbindung zweier in einer Vertikal-<br>ebene liegenden benachbarten Schwellen . . . . .  | 91    |
| Betrachtung der eisernen Querswellen auf ihre Querschnitts-<br>form . . . . .   | 93    |
| Uebersicht über die bisher am meisten üblichen und vorgeschla-<br>genen resp. verwendeten eisernen Querswellen . . . . .  | 94    |
| Ein Wort über das Wünschenswerthe der Kenntnissnahme aller<br>bisher gemachten Vorschläge in Bezug auf eisernen Oberbau .   | 97    |
| Ueber Statistik des Eisenbahn-Oberbaus nach Aussprüchen M. M.<br>Freiherrn von Weber's . . . . .  | 98    |
| Weitere praktische Ausbildung der eisernen Querswellen mit<br>Bezug auf ihre Fuss- und Kopfform . . . . .   | 100   |
| Ueberblick über die bisher üblichen Befestigungsarten von<br>Schienen auf eisernen Lang- und Querswellen unter An-<br>wendung von Schrauben mit Klemmplättchen, Keilverbindungen,<br>Klammern mit Holzkeilen etc. . . . . | 106   |
| Neuere Befestigungsweisen:  |       |
| System Hohenegger-Nordwestbahn mittelst keilförmiger Klemm-<br>platten . . . . .  | 106   |
| Anwendung und Modification dieser Befestigung auf gewöhnliche<br>Lang- und Querswellen . . . . .  | 107   |
| System Wood . . . . .   | 110   |
| System Waagemann . . . . .  | 114   |
| Anwendung der Klemmhebelbefestigung auf eiserne Querswellen<br>und Ueberblick über die hierauf bezüglichen verschiedenen An-<br>ordnungen . . . . .   | 117   |
| Ueber die Spurerweiterung bei der Klemmhebelbefestigung . . .   | 125   |
| Die von Winkler aufgestellten Erfordernisse einer guten Be-<br>festigung von Schienen auf eisernen Querswellen in Bezug<br>auf die Klemmhebelbefestigung . . . . .  | 125   |
| Schlussfolgerung dieser Betrachtungen bezüglich der Güte der<br>Klemmhebelbefestigung . . . . .   | 128   |
| Die Klemmhebelbefestigung für Einzelunterlagen resp. für<br>die Combination von Querswellen mit Letzteren . . . . .   | 128   |
| Verwendung der Klemmhebelbefestigung für Strassenbahnen<br>und Secundärbahnen . . . . .   | 129   |
| Zweckmässigkeit und Nothwendigkeit von weiteren umfangreichen<br>Versuchen in Betreff der Eisenbahn-Oberbau-Constructions .   | 131   |
| Errichtung von staatlichen Versuchsanstalten . . . . .  | 132   |
| Schlusswort für die beiden ersten Hauptabschnitte . . . . .   | 132   |

## Nachtrag.

### Empirische Berechnung der eisernen Lang- und Querschwellen.

|   | Seite |
|---|-------|
| Motivirende Einleitung nebst Angabe der bisher gebräuchlichen Formeln zur Berechnung eiserner Schwellen . . . . .                             | 133   |
| <i>a) Empirische Berechnung eiserner Langschwellen.</i>   |       |
| Ueberblick über den Einfluss der Elasticität der eisernen Schwellen auf die Bodenpressungen . . . . .   | 135   |
| Hierauf bezügliche Tabelle . . . . .  | 136   |
| Kritische Besprechung dieser Tabelle . . . . .  | 136   |
| Die Winkler'schen Annäherungsformeln und ihre Genauigkeit . . . . .   | 137   |
| Lagerungswerth des Gestänges . . . . .  | 141   |
| Entwicklung einer empirischen Formel für die Bodenpressung und Berechnung der Coefficienten nach der Methode der kleinsten Quadrate . . . . . | 142   |
| Prüfung dieser Formel auf ihre Genauigkeit . . . . .  | 144   |
| Entwicklung einer empirischen Formel für das Maximal-Moment resp. für die Biegungsspannungen etc. (wie oben) . . . . .                        | 144   |
| Prüfung dieser Formel auf ihre Genauigkeit . . . . .  | 145   |
| <b>Hauptresultate</b> dieser Betrachtungen und Berechnungen . . . . .   | 145   |
| <i>b) Empirische Berechnung eiserner Querschwellen.</i>   |       |
| Allgemeines über die Theorie eiserner Querschwellen . . . . .   | 146   |
| Einfluss der Elasticität der Schwellen auf die Bodenpressung . . . . .  | 148   |
| Empirische Berechnung des Theiles $P$ des Raddrucks $G$ , welcher wirklich auf die Schwelle kommt . . . . .                                   | 148   |
| * Ausführliche Berechnung von $P$ nach der Methode der kleinsten Quadrate . . . . .   | 149   |
| Prüfung dieser Formel auf ihre Genauigkeit . . . . .  | 150   |
| Prüfung der empirischen Formel für die specifice Bodenpressung . . . . .  | 151   |
| Empirische Berechnung des Maximal-Momentes resp. der Spannungen . . . . .   | 151   |
| Prüfung dieser Formeln auf ihre Genauigkeit . . . . .   | 152   |
| Kritische Betrachtung der Spannungstabelle . . . . .  | 153   |
| <b>Hauptresultate</b> dieser Betrachtungen und Berechnungen . . . . .   | 154   |

|  | Seite |
|--|-------|
| Maassstab für die wirkliche Güte eines Oberbau-Systems. . . .  | 154   |
| Aufstellung einer hierauf bezüglichen Formel unter Berücksichtigung der capitalisirten Gesamtkosten, wobei die Unterhaltungskosten als Function der Bodenpressung angenommen sind: |       |
| 1. für Langschwellen . . . . .   | 156   |
| Vergleich verschiedener Langschwellensysteme auf ihre Güte . . . . .   | 158   |
| 2. für Querschwellen . . . . .   | 158   |
| Vergleich verschiedener Querschwellensysteme auf ihre Güte . . . . .   | 160   |
| Schlusswort . . . . .  | 160   |





## Der eiserne Langschwelen-Oberbau.

---

Die eisernen Langschwelen-Systeme lassen, ganz abgesehen von den Verschiedenheiten der Constructionen und der darin ausgedrückten Prinzipien, zwei besondere Arten erkennen. Die eine Art hat leichte (schwache) Schienen und verhältnissmässig schwere (kräftige) Schwellen, während die andere schwere Schienen und verhältnissmässig leichte Schwellen zeigt.

Es sind hierin zwei prinzipielle Gegensätze ausgedrückt, die doch wohl in irgend einer Weise motivirt sein dürften.

Die Systeme Barlow (Fig. 1) und Hartwich (Fig. 2) zeigen

Fig. 1.



System Barlow. 1849. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 2.



System Hartwich. 1865. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

uns die Extreme der beiden Arten. Sie haben, oder besser sie hatten gar keine Schwelle, oder wenn man will keine Schiene.

Die Folge davon war, dass bei einer nöthig werdenden Auswechslung einzelner Schienen resp. Schwellen das ganze Material derselben zu altem Eisen wurde.

Man erkannte sehr bald und richtig, dass eine Auswechslung ermöglicht sein müsste ohne Verlust des ganzen Materials, aber zugleich auch ohne den durch diese Systeme, sofern sie als Schwellen betrachtet werden, erreichten Vortheil einer continuirlichen Unterstützung in der Längsrichtung der Geleise aufzugeben.

Hilf trat mit seinem System hervor (Fig. 3), das aus einer

Fig. 3.



System Hilf. 1865. —  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

breiten, sich fest auflagernden Längsschwelle und aus einer breitbasigen Schiene bestand, die nun bei der geschaffenen continuirlichen Unterstützung in der Längsrichtung natürlich leichter und daher niedriger gehalten werden konnte. Diese Schienen hatten circa 25% Gewicht weniger aufzuweisen, als die sonst z. B. bei Holzschwellen üblichen. Allein die Schwierigkeiten beim Walzen der Schwelle, welche im Lauf der Zeit auch noch erhebliche andere Nachteile aufwies, waren anfangs sehr bedeutend. In verschiedenen Walzwerken wurden in der ersten Zeit 80%—90% dieser Schwellen Ausschuss. Wenn diese Schwierigkeiten auch nach und nach durch Verbesserungen in der Walztechnik gehoben wurden, so wird solches Profil doch stets zu denen gehören, die gerade nicht angenehm zu fabriciren sind.

Diese Erkenntniss mag wohl das System Hohenegger (Fig. 4) mit hervorgerufen haben, denn der Fortfall der Mittelrippe, sowie die schräg angeordneten Wände des Profils erleichtern den Walzprozess unbedingt.

Ausserdem konnte nun dem Profil ohne nennenswerthen grösseren Materialverbrauch eine grössere Höhe gegeben werden, wodurch die Tragfähigkeit der Schwelle bedeutend zunahm. Dass ausserdem eine höhere und kräftigere Schiene gewählt wurde, hatte wohl zunächst

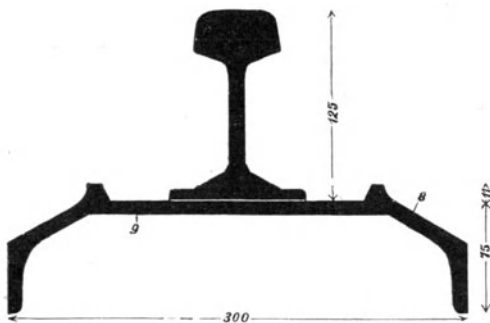
seinen Grund darin, dass die Mittelrippe fortgelassen war, dann aber auch, dass die Hilf'sche Schiene eine nach heutigen Anschauungen genügend starke Laschenconstruction nicht wohl gestattete. Dass letzteres wirklich ein Motiv war zur Anwendung einer stärkeren resp. höheren Schiene, geht wohl zweifellos aus der Thatsache her-

Fig. 4.

System Hohenegger. 1876. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

vor, dass trotz bereits grösserer disponibler Höhe zwischen Unterschneidung des Schienenkopfes und der Schräge des Schienenfusses und daher gestatteter Anwendung von kräftigeren Laschen als bei Hilf, noch besonders verstärkte Winkelaschen angeordnet wurden, die aus constructiven Rücksichten allerdings nur als Aussenlaschen

Fig. 5.

System Hohenegger, Nordwestbahn. 1881. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

angebracht waren. Im vorigen Jahr ist von Hohenegger ein neuer zweitheiliger Oberbau für die österreichische Nordwestbahn construirt.

Fig. 5 stellt diese Anordnung in Bezug auf Schwellen- und Schienenform dar. Es ist hierbei wieder auf die Hilf'sche Schwellenform unter Fortlassung der Mittelrippe zurückgegriffen. Die Kopfplatte hat jedoch zwei seitliche Rippen erhalten, deren innere Seitenflächen die Anwendung von keilförmigen Klemmplatten ermöglichen. Diese Befestigung wird weiter unten mit den andern Befestigungsweisen näher erläutert werden. Die Höhe der Schwelle ist auf 75 mm gegen 60 mm der Hilf'schen gebracht worden. Die Schiene ist 125 mm hoch. Dieses System hat in Bezug auf die Befestigung der Schienen, auf gute Stossverbindung der Schwellen und Schienen, auf sichere Lage des Gestänges nicht abzuleugnende Vortheile. Es leidet jedoch auch an Nachtheilen, welche nach Verfassers Ansicht schwerwiegend sind. Abgesehen davon, dass für eine 9 m lange Geleisstrecke 204 verschiedene Stücke an Eisenmaterialien erforderlich sind, dass also eine höchst lästige und unbequeme Vermehrung des Kleineisenzeugs den bisher üblichen Systemen gegenüber geschaffen ist, bilden die beiden oberen Rippen der Schwelle einen ebenso lästigen als gefährlichen Wassersack. Bei atmosphärischen Niederschlägen wird fast der ganze Schienenfuss unter Wasser stehen. Das Rosten von Schienen und Schwellen wird sehr beschleunigt werden. Ebenfalls können Eisbildungen in den beiden Rinnen sehr störend und gefährlich werden.

Dieser Oberbau ist im Verein für Eisenbahnkunde zu Berlin am 14. Februar d. J. besprochen worden. Glaser's Annalen für Gewerbe und Bauwesen, Band X. Heft 7 vom 1. April 1882 bringen das Protokoll dieser Sitzung und eine ausführlichere Beschreibung nebst vielen Zeichnungen, auf welche hiermit verwiesen wird.

Das nach der zuerst besprochenen Hohenegger'schen Construction etwas später entstandene Heusinger'sche System, von dem eine Construction in Fig. 6 gezeigt ist, will die Nachtheile, welche den Systemen Hilf und Hohenegger noch anhaften, durch seine bekannten Anordnungen beseitigen. Bezeichnend ist auch bei diesem System der Umstand, dass die Schiene noch viel leichter als die Hilf'sche ist. Allerdings schreibt hier die Construction der Schwelle mit der vertical aufwärts gerichteten Mittelrippe die Anwendung einer Brückschiene vor, die jedoch durch ihr geringes Ge-

wicht einen der Vorzüge dieses Systems bildet, wie der Erfinder desselben selbst angiebt.

Von den zweitheiligen Systemen ist besonders noch das System Winkler (Fig. 7) zu nennen, welches in ganz ostensibler Weise das Bestreben zeigt, das Gewicht der Fahrschiene so gering als möglich zu bemessen.

Fig. 6.

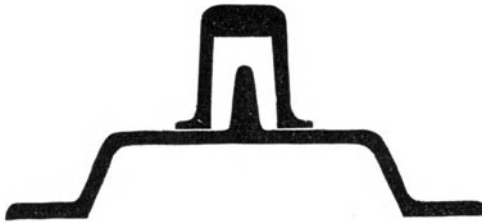
System Heusinger von Waldegg. 1876. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 7.

System Winkler. 1866. —  
 $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 8.

Aelteres System der Rheinischen Bahn.  
1872. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Das ältere System der Rheinischen Bahn (Fig. 8) lässt sich aus verschiedenen Profilen herleiten\*) Zunächst kann es als eine

\*) Es mag hierbei bemerkt werden, dass diese Betrachtungen und Entwicklungen ganz unabhängig von Louis Hoffmann's Schrift: „Der Langschwelen-Oberbau der Rheinischen Eisenbahn u. s. w. Berlin. Verlag von Julius Springer 1880 entstanden sind. Diese Broschüre ist Verfasser leider erst in die Hände gelangt, als vorliegende Arbeit bereits druckfertig war. Wenn die Ansichten, die in der Hoffmann'schen Arbeit niedergelegt sind, sich auch zum Theil und in der Hauptsache mit den in der Lehwald'schen Abhandlung vertretenen

Nachbildung des Mac Donnell'schen Systems bezeichnet werden, dessen Unterlagsplatten eine nach unten gekehrte und in die Bettung eingreifende Mittelrippe aufweisen. Dieses Querprofil kann die Veranlassung gegeben haben, dasselbe durchgehend als Schwelle anzu-

---

Gesichtspunkten decken, so wäre Verfasser doch gern auf verschiedene Punkte der Hoffmann'schen Broschüre näher eingegangen, wenn er letztere rechtzeitig zur Hand gehabt hätte. So bietet z. B. gleich die Vorbemerkung Hoffmann's Gelegenheit über die von Letzterem vorgeschlagene Idealform eines eisernen Langschwelenoberbaues zu discutiren. Verfasser gestattet sich hierüber zu bemerken, dass ihm grade die vorgeschlagene Form, die als eine Verbindung einer hohen breitbasigen Schiene mit einem trapezförmigen (Schwellen-) Querschnitt mit horizontalen Füßen zu einem Profil vereinigt gedacht ist, ganz abgesehen von der Möglichkeit der Herstellung, aus den verschiedensten Gründen wenig geeignet erscheint, die Anforderungen zu erfüllen, die ein Langschwelenoberbau theoretisch und praktisch erfordert.

Dieses Profil ist nicht seiner Bestimmung gemäss entwickelt und entstanden. Es sind einfach zwei bereits vorhandene Profile, die jedes für sich und beide in gewöhnlicher und geeigneter Verbindung von Schiene und Schwelle wohl den Festigkeitsregeln entsprechen, zu einem Profil zusammen gerückt. Betrachtet man dasselbe in Bezug auf seine Materialvertheilung, so muss zugegeben werden, dass sich das meiste Material ungefähr in der halben Höhe des Profils angeordnet befindet, während es in erster Linie jedoch auf Biegefestigkeit construirt sein muss. Die neutrale Achse eines solchen Profils wird nahezu gerade durch die Linie gehen, in der Schienen-Unterkante und Schwellen-Oberkante sich bei Annahme zweier Profile berühren und bei einem Profil ineinander übergehen. In der neutralen Achse findet also bei dem von Hoffmann vorgeschlagenen Idealprofil die grösste Materialanhäufung statt, anstatt dass dort grade das wenigste Material vorhanden zu sein brauchte. Man kann daher ein solches Profil nicht wohl „rationell“ nennen. Verfasser ist vielmehr der Meinung, dass ein Idealprofil in dem betr. Sinne sich möglichst der **I**-Form nähern muss. Oben und unten ist das Material anzuhäufen. Allerdings muss auch dann dem Umstande Rechnung getragen werden, dass die Basis eine gute Druckvertheilung zulässt, und dass eine gute Stabilität vorhanden ist. Unter Berücksichtigung dieser und all der anderen Forderungen ist man öfters gezwungen von der **doppelt-T** Form abzuweichen, allein man muss das Wesen dieser Grundform doch immer

ordnen. Eine andere Ansicht über die Entstehung des älteren Schwellenprofils genannter Bahn leitet letztere Form aus der Hilf'schen Schwelle ab unter Fortlassung der seitlichen Stege.

Wenn diese Auffassungen auch zum Theil motivirt erscheinen, so dürfte jedoch die Annahme richtiger sein, dass das qu. Profil (Fig. 8) aus der Hartwich-Schiene hervorgegangen ist. Die Breite des Fusses bei letzterem System zeigte sich trotz der grossen Steifigkeit desselben doch noch zu gering bemessen. Breiter walzen liess sich, wenigstens zu jener Zeit der Fuss nicht gut, ohne dass sich grosse Schwierigkeiten einstellten, mithin nahm man den einfachsten Ausweg, dass man die Schiene, die noch 140 mm hoch war, auf eine durchgehende breite Platte setzte, die man, theils einer grösseren Tragfähigkeit wegen, theils um einer seitlichen Verrückung möglichst vorzubeugen mit einer unteren Mittelrippe und zwei kurzen seitlichen Rippen versah. Da diese Schwelle wegen ihrer geringen Steifigkeit in der Längsrichtung den Druck der Räder auf eine genügend grosse Fläche der Bettung zu vertheilen offenbar nicht im Stande ist, so musste die Tragfähigkeit des ganzen Systems fast allein durch die Schiene hergestellt werden und letztere musste eine ziemlich bedeutende Höhe erhalten.

Dieses System hat sich jedoch, besonders in Bezug auf ein gutes Stopfen, nicht bewährt und man ist bei der Rheinischen Bahn zu einem andern Profil übergegangen (Fig. 9), das dem Vautherin'schen ähnlich ist, aber auch dessen Nachtheile besitzt. Dieses System gleicht ebenfalls dem Hohenegger'schen, nur dass bei letzterem die Verstärkung an den untern Enden der Seitenwände schneidenartig (vergl. Fig. 4) und daher scheinbar rationeller construirt ist\*). Da das Trägheitsmoment dieser neuen Schwelle bei-

---

wieder heraus erkennen. Gegen das Hoffmann'sche Profil sprechen wie gesagt viele Gründe.

Um alle diese hier anzuführen und sachgemäss zu belegen, müsste den erst später folgenden Entwicklungen vorgegriffen werden, was jedoch nicht zweckmässig und räthlich erscheint. Es sei daher hier auf die betreffenden späteren Stellen dieser Arbeit verwiesen.

\*) Es wird später bei der Besprechung der Fig. 29 gezeigt werden, ob und wie eventuell der Nachtheil horizontal auflagerender Füsse beim trapezförmigen oder sonstigen entsprechenden Querschnitt sich ver-

nahe 5 Mal so gross als das der alten ist, 160 gegen 34 in cm, so konnte die Höhe der Schiene auf 130 mm ermässigt werden. Interessant ist die Zusammenstellung der allmählichen aber bedeutenden

Fig. 9.

Neueres System der Rheinischen Bahn. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Reduction der Schienenhöhen, welche die Rheinische Bahn seit 1865 verwendet hat. Sie verlegte

|      |               |          |     |     |    |      |
|------|---------------|----------|-----|-----|----|------|
| 1865 | Hartwich'sche | Schienen | von | 288 | mm | Höhe |
| „    | „             | „        | „   | 235 | mm | Höhe |
| 1868 | „             | „        | „   | 210 | mm | Höhe |

Anfang d. 70er Jahre älteres System mit Schwelle 140 mm Schienenhöhe  
 Ende d. 70er Jahre neueres System mit Schwelle 130 mm Schienenhöhe.

Zwischendurch sind auch Versuche mit dem Hilfschen System gemacht, das jedoch bald aufgegeben wurde. Es wurden dann Versuche mit einem viereckigen, kastenförmigen unten offenen Profil  $\square$  angestellt, das gute Resultate ergeben haben soll, trotz der einfachen T-Form, welche dieses Profil im Prinzip aufweist, und welche man sich durch Zusammenrücken der beiden vertikalen Stege entstanden denken kann. Wenn nun schon diese einfache T-Form günstige Resultate geliefert hat, so müssen letztere sich um so mehr zeigen bei Anwendung eines trapezförmigen Querschnitts  $\nabla$ , der im Prinzip **doppelt-T** förmig ist, wie man sofort erkennt, wenn man sich die beiden schrägen Stege nebst ihren Füßen zusammengerückt denkt. Die Höhe dieses trapezförmigen Profils ist aber beschränkt, da die

mindern resp. beseitigen lässt und sei daher hier auch auf jene Stelle verwiesen.



Radbelastung für solchen Querschnitt eine elastische Deformation hervorzurufen bestrebt ist, welche ein Auseinanderbiegen resp. Aufbiegen der schrägen Stege zur Folge hat. So haben die nur 65 mm hohen Vautherin'schen Querswellen Aufreissungen und Deformationen an den Stellen gezeigt, wo Kopfplatte und Stege zusammenstossen. Vermuthlich hat man aus diesem Grunde nicht gewagt, für Langschwellen eine grössere Schwellenhöhe anzunehmen. Für letztere wäre bei den sonst schwachen Dimensionen jedenfalls ein besonderes Mittel anzuwenden, das allerdings nur in einer einfachen stellenweisen Verankerung der horizontalen Füsse bestehen könnte. Der Horizontalschub, der die schrägen Stege mit ihren Füssen auseinander zu treiben droht, wird durch ein paar kleine Eisen, die in bestimmten Entfernungen die Füsse mit einander in geeigneter Weise verbinden, völlig unschädlich gemacht. Bei Anwendung solcher kleinen und wenig Material erfordernden Zugbänder\*) könnte man ohne Gefahr die Höhe des Schwellenprofils vergrössern und mithin die Schienenhöhe verringern. Bei dem neueren Profil der Rheinischen Bahn scheint daher wieder die Schwellenform

---

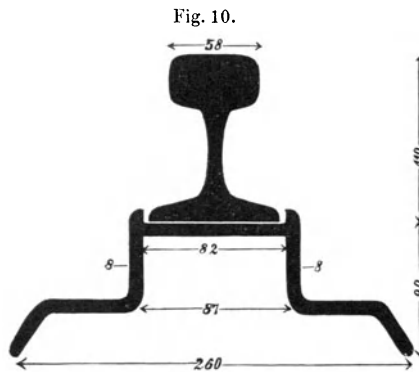
\*) Diese vielleicht in Entfernungen von 1 m bis 2 m oder in noch grösserer Entfernung anzubringenden Eisen dürften für ein gutes Stopfen von keinem nennenswerthen Nachtheil sein und keine weiteren Unbequemlichkeiten aufweisen, sie bilden hingegen einen Vortheil für den Theil des Gestänges, der nicht gut unterstopft sein sollte, da in solchen Fällen die gefährlichen Querspannungen der Schwelle von den Zugbändern aufgenommen werden. Um die Breite dieser Eisen möglichst zu beschränken, so dass sie einem guten Stopfen der Schwelle durchaus nicht hinderlich sind, dürfte es sich vielleicht empfehlen diese Eisen „diaphragmatisch“ anzuordnen, so dass die Stärke z. B. auf 1 cm reducirt werden könnte. Solche Diaphragmen oder Scheidewände im Innern der Schwelle würden ferner in der Beziehung günstig sein, als sie nach allen Seiten hin verschlossene kastenförmige Räume in der Schwelle bilden, so dass einer Vorwärtsbewegung derselben sich in vortheilhafter Weise die Reibung von Kies auf Kies entgegensetzen würde. Diese diaphragmatisch angeordneten Querverbindungen würden für die Längsrichtung der Schwelle denselben Zweck erreichen, als es bei den eisernen Querswellen die Verschlussplatten der Schwellenköpfe für die Querrichtung des Geleises erfahrungsmässig thun.

die erste Veranlassung gewesen zu sein, dass man kräftige Schienen und schwache Schwellen verwendet hat.

Was nun das System Haarmann anlangt, so war zunächst auch beabsichtigt, wie aus dem ersten Project hervorgeht, eine Schiene von möglichst geringem Gewicht mit einer verhältnissmässig kräftigen Schwelle zu verbinden. Es heisst in der Haarmann'schen Patentschrift No. 255 an betreffender Stelle: „Die Schienen, welche zweckmässig aus Bessemer Stahl so leicht als möglich zu construiren sind . . . . .“.

Aus der jener Schrift beigefügten Zeichnung ist ersichtlich, dass für Hauptbahnen Schienen von nur 100 mm Höhe, 70 mm Fussbreite, 55 mm Kopfbreite und 9 mm Stegstärke angenommen sind. Die Höhe der Schwelle sollte 79 mm und die Fussbreite derselben nur 230 mm betragen. Die seitlichen Rippen an der Kopfplatte der Schwelle fehlen überhaupt noch.

Das 1. Heft des Jahrgang 1880 des Organ f. d. F. d. E. bringt eine Besprechung und Berechnung des Haarmann'schen Langschwellen-Oberbaues vom Baumeister und Professor Haeseler. Aus den dieser Arbeit beigefügten Zeichnungen ist ersichtlich, dass für Hauptbahnen die Schienen nunmehr folgende zwar vergrösserte, aber immerhin noch geringe Dimensionen haben sollen. Fig. 10: Schienen-

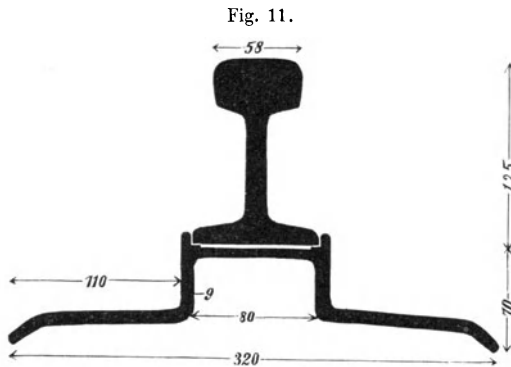


System Haarmann. 1877. —  $\frac{1}{3}$  nat. Gr.

höhe 110 mm, Kopfbreite 58 mm, Fussbreite 85 mm. Der Steg ist nach oben und unten entsprechend verstärkt und verjüngt sich mit hin nach der Mitte zu. Die untere Breite der Schwelle beträgt

260 mm, die Höhe derselben 90 mm. Diese modificirte resp. verbesserte Construction zeigt auch bereits an der Kopfplatte der Schwelle die seitlichen Leisten, zwischen welche sich der Schienenfuss legt, so dass die Befestigungsklammern nur das Umkanten der Fahrschiene, nicht aber eine seitliche Verschiebung derselben zu verhindern haben.

Das Haarmann'sche System wurde für die Berliner Stadtbahn adoptirt, nachdem noch weitere Verbesserungen in der allgemeinen Anordnung und in der Dimensionirung von Schwelle und Schiene erfolgt waren. Fig. 11 stellt diese Construction dar, die



System der Berliner Stadtbahn. 1881. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

auch wir in der Folge kurz mit „System der Stadtbahn“ bezeichnen wollen. Bei diesem System ist die Schienenhöhe zunächst auf 125 mm gebracht und die Schwellenhöhe auf 70 mm reducirt. Dagegen beträgt die untere Schwellenbreite nunmehr 320 mm. Bei der Vergleichung der beiden letzten Systeme im Lehwald'schen „eisernen Oberbau“ S. 6 u. 7 dürfte ein Punkt nicht genügend berücksichtigt sein, der die Belastungsverhältnisse der beiden qu. Profile betrifft. Dem Haarmann'schen System ist, wie die Haeseler'sche Arbeit zeigt, eine Belastung von 6500 kg Raddruck zu Grunde gelegt und hierfür ergibt das Profil (Fig. 10) auch günstige Resultate. Der Maximaldruck auf die Bettung beträgt nach Haeseler nur 1,82 kg pro qcm bei einer unteren Schwellenbreite von nur 260 mm, während die Stadtbahn-Construction allerdings für 7500 kg Raddruck, aber auch bei 320 mm breiter Auflagerfläche der Schwelle

einen Druck auf die Bettung von 1,86 kg pro qcm aufweist. Vergleicht man Maximalmoment, Spannung in den einzelnen Theilen der beiden Systeme u. s. w. nach Lehwald und Haeseler, so ersieht man aus den sich ergebenden Zahlen, dass das System Haarmann bei der angenommenen und nach den techn. V. d. E. V. auch wohl motivirten Radbelastung von 6500 kg\*) keineswegs schlechte Resultate liefert trotz seiner scheinbar unzweckmässigeren Form der Stadtbahn-Construction gegenüber\*\*). Weniger gute Resultate ergeben sich natürlich für den Fall, dass der Haarmann'schen Construction (Fig. 10) ein Raddruck von 7500 kg zu Grunde gelegt wird, während das betreffende Profil nur für 6500 kg construirt und berechnet ist.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, dass auch hier eine gute Verlaschung der Schienen den ersten Impuls dazu gegeben hat, die Höhe der Schienen zu vergrössern. Dass man bei solchen Schienen, die ein Gewicht von ca. 30 kg pro lfd. m haben, darauf bedacht ist, die Dauer derselben möglichst zu erhöhen, ist allerdings erklärlich. Erreichen lässt sich bei vorstehenden Constructionen aber eine längere Schienendauer nur dadurch, dass man die Ablaufhöhe des Kopfes vergrössert, dass man also die entsprechende und wünschenswerthe Menge Material in den Kopf resp. in die Schiene überhaupt steckt. Ob dies jedoch in mancher Beziehung nicht Nachteile

---

\*) Nach den neuesten Beschlüssen lautet allerdings der § 15: „Die Schienen sollen 7000 kg bewegter Last pro Rad mit Sicherheit tragen können“. Streng genommen ist also die Belastung in beiden Fällen nicht vorschriftsmässig angenommen. Bis Ende der 70 er Jahre war es jedoch üblich, nur 6500 kg zu Grunde zu legen.

\*\*\*) Wir machen hier auf eine soeben erschienene Besprechung des Haarmann'schen Lang- und Querschwellen-Oberbaues neuerer Construction vom Baumeister Haeseler, Professor an der techn. Hochschule zu Braunschweig aufmerksam. Dieselbe befindet sich im II. und III. Heft von Heusinger's Organ f. d. F. d. E. 1882. Dieses Doppelheft bringt ausser anderen interessanten, den Eisenbahnoberbau betreffenden Notizen auch einen Artikel: „Ueber die vortheilhafteste Höhe des Kopfes der Stahlschienen, von Rud. Kolster, Ingenieur des finnländischen polytechnischen Instituts in Helsingford“, auf den hier auch noch besonders aufmerksam gemacht werden soll.

hervorrufen muss, ist eine andere Frage, die weiter unten näher erörtert werden soll.

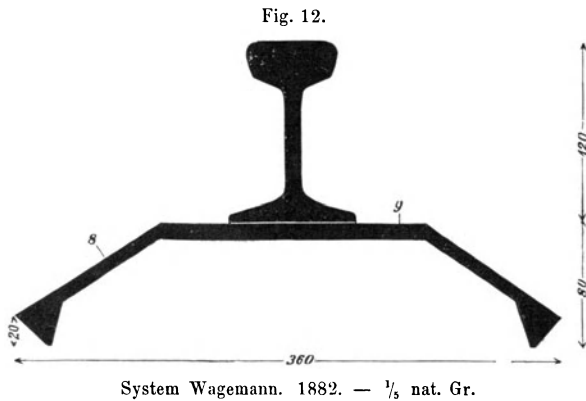
Nach der Haarmann'schen Construction \*) sind ausser der schon besprochenen Hohenegger'schen bereits wieder verschiedene

---

\*) Die neueste Modification des Haarmann'schen Systems ist Anfang 1881 auf der Hannoverschen Staatsbahn verlegt worden. (Näheres hierüber siehe Organ f. d. F. d. E. 1882. II. u. III. Heft.) Diese Construction weist einen neuen Schwellenstuhl auf von 320 mm, also von der unteren Schwellenbreite. Die 1 mm tiefe Aushöhlung der Kastendecke der (Stadtbahn) Langschwelle ist bei dieser Construction wieder fortgelassen, da diese Aushöhlung häufig Schienenbrüche veranlasst hat. Bei den mit Arbeitsleisten bereits versehenen Schwellen ist übrigens der Zwischenraum zwischen denselben durch Flacheisen wieder ausgefüllt. Während ursprünglich die Flügelenden der Langschwellen mit der Horizontalen einen Winkel von ca.  $60^\circ$  bildeten und 30 mm tief in die Bettung eingriffen, ist bei der Stadtbahn-Construction ein Winkel von nahezu  $45^\circ$  angenommen und die Enden greifen nur 10 mm tief ein, was sich nicht vortheilhaft erwiesen haben soll. Bei der neuesten hannoverschen Construction sind die Flügelenden nach einem Viertelkreis gebogen und greifen 18 mm ein. Die Höhe der Langschwelle beträgt 75 mm. In Bezug auf diese Anordnung der Schwellenfüsse siehe die **Titelfigur**. Durch das Umbiegen der Flügelenden soll der Bettungskies bei Nässe verhindert werden, unter den Aussenkanten der Langschwellenfüsse hervorzuströmen.

Hier ist jedoch für uns der Umstand wichtig, dass die Schienenhöhe der hannoverschen Modification gegen die Stadtbahn-Construction um 5 mm ermässigt und die Schwellenhöhe um 8 mm vergrössert ist. Während die Stadtbahn-Construction eine Schwellenhöhe von 67 mm und eine Schienenhöhe von 125 mm aufweist, beträgt für die Modification der Hannoverschen Staatsbahn die Schwellenhöhe 75 mm und die Schienenhöhe 120 mm. Man erkennt in dieser Veränderung jedenfalls die Tendenz, die Schiene leichter und die Schwelle kräftiger zu halten, da die nur kurzen Erfahrungen mit der Stadtbahn-Construction schon genügend gezeigt haben dürften, dass das letzterer Anordnung zu Grunde gelegte „Prinzip der schweren Schienen und leichten Schwellen“ für die Praxis doch ein sehr bedenkliches ist. Die mit der Stadtbahn-Construction gemachten und theilweise ungünstigen Erfahrungen (Siehe Organ. 1882. Heft II u. III) sind um so bedenklicher, als diese Bahn bisher wohl ausschliesslich nur von Tender-

andere eiserne Oberbausysteme aufgetaucht, die aber meistens nur als eine Modification der schon vorhandenen zu betrachten sind, so dass eine Besprechung derselben überflüssig erscheint. Eine neue und eigenartige Construction jedoch, die verschiedene prinzipiell neue Punkte in ihrer Anordnung aufzuweisen hat, soll hier noch kurz besprochen werden. Es ist ein eiserner Langschweller-Oberbau mit Oberflächen-Entwässerung von Wagemann 1882. Fig. 12. Form und Anordnung der Langschweller, Befesti-



gung der Schienen, Entwässerung der Oberfläche der Bettung und Stossanordnung der Schweller sind als neu und originell zu betrachten. Die Befestigung der Schienen mittels Klemmbügel und Federklammern wird weiter unten in dieser Abhandlung besprochen werden. (Ueber die sonstige Construction siehe Glaser's Annalen Mai-Heft. 1882.) Hier interessirt uns noch das Gewichts-

maschinen befahren ist. Der Achs- resp. Raddruck einer solchen Locomotive ist aber bedeutend geringer als derjenige anderer Maschinen, dagegen ist die Stadtbahnschwelle für einen Raddruck von 7500 kg berechnet, ein Gewicht, das selbst den Raddruck der schwersten Maschinen um 500 kg übersteigt, da nach den „Techn. Vereinbarungen“ der äusserste Raddruck auf 7000 kg normirt ist. **Bezeichnend und zu Gunsten von Verfassers Ansichten sprechend ist jedenfalls die Thatsache, dass die neueste Modification des Haarmann'schen Systems die Schiene an Höhe und Gewicht reduciren und die Schwelle an Höhe und Gewicht zunehmen lässt.**

verhältniss der Schwelle zur Schiene. Das Gewicht pro lfd. m Langschwelle ist vom Erfinder angegeben auf 29,5 kg, überwiegt also die bisher besprochenen Schwellen; die untere Breite beträgt 360 mm, die Höhe 80 mm. Die Schiene ist nur 120 mm hoch. Mithin gehört auch dieses neueste System zu der Gruppe, die kräftige Schwellen und verhältnissmässig schwache Schienen aufweisen.

Was die sogenannten dreitheiligen Systeme anbelangt, so ist das Hauptprinzip bei allen das gleiche, nämlich: das Gewicht der Fahrschiene auf ein Minimum zu reduciren. Wenn die meisten dieser Systeme eine nur kurze Existenz gehabt haben, so ist dies lediglich der dreitheiligen Construction derselben zuzuschreiben. Das Prinzip der leichten Schiene dürfte jedoch hierdurch nicht weiter berührt werden.

Fassen wir das bisher Gesagte zusammen, so ergibt sich, dass es von allen zwei- und dreitheiligen Langschwellsystemen allerdings drei Systeme giebt, die notorisch starke Schienen und schwache Schwellen aufweisen. Aber wir dürfen wohl behaupten, dass bei diesen drei Systemen, nämlich Hohenegger, Rheinischen Bahn und Haarmann-Stadtbahn eine hohe und kräftige Schiene sich zunächst aus der Nothwendigkeit einer starken, guten Verlaschung oder aus dem Profil der Schwelle, welche unter Beibehaltung ihrer Form allein eine genügende Tragfähigkeit nicht erreichen konnte, ergeben hat, und dass man angesichts solcher Nothwendigkeit und einer rationellen Ausnutzung wegen gewissermaassen gezwungen ist, diesen schon sehr kräftigen Schienen nunmehr aber auch einen möglichst hohen Ablaufkörper zu geben, der wenigstens die Aussicht bietet, die dadurch theuer gewordenen Anlagekosten durch längeren Gebrauch der Schienen gut verzinst zu sehen.

Ob diese wohl thatsächliche und in der angedeuteten Beziehung auch zweckmässig erscheinende Nothwendigkeit der Anwendung von schweren Schienen folglich leichten Schwellen auch für die andern zunächst zweitheiligen Systeme ohne Weiteres gilt und ob sich für alle Fälle ein allgemeines Prinzip wird ableiten lassen, soll Zweck der jetzigen Untersuchung sein. Um sich jedoch ein ganz objectives Urtheil hierüber verschaffen zu können, erscheint es unerlässlich, die durch Anwendung von schweren Schienen und leichten Schwellen

erreichbaren Vortheile resp. die dadurch bedingten Nachteile sowohl in theoretischer als auch in praktischer Beziehung ins Auge zu fassen und zu prüfen.

Was die Vortheile anbetrifft, so finden wir die besten Anhaltspunkte dafür in der bereits erwähnten Broschüre des Regierungs- und Baurath J. Lehwald: „Der eiserne Oberbau“. In diesem bekannten Beitrag zur Oberbaufrage wird das qu. Prinzip der schweren resp. schwersten Schienen warm verfochten und durch Zahlenbeispiele ausführlich und sachgemäss zu belegen versucht. Es wird jedoch von den Verfassern in besagter Broschüre gleich bemerkt, dass diesen Rechnungen kein allzu hoher Werth beizumessen ist. Auf Seite 13 a. a. O. wird rechnungsmässig nachgewiesen, dass eine Schiene mit 13 mm Ablaufhöhe 66 Jahre und eine solche mit 5 mm Ablaufhöhe 25 Jahre ihre Dienste verrichten kann. Es heisst dann wörtlich weiter:

„Rechnet man die Dauer der Hilf'schen Langschwelen mit Hilf „zu 50 Jahren, so sieht man, dass sobald den Schienen 13 mm hohe „Ablaufkörper gegeben werden, die Dauer der letzteren eine viel „erheblichere ist, als die der Schwelen.“

Es sei uns gestattet, hierbei zu bemerken, dass die Stahlschienen hier doch wohl nur in Bezug auf Abnützung seitens des rollenden Materials ins Auge gefasst sind, dass jedoch, was wohl nicht vernachlässigt werden darf, die Abnutzung durch Rosten, durch irgend welche und immerhin leicht vorkommende Deformationen des Schienenkopfes und durch andere äussere Zufälligkeiten durchaus nicht berücksichtigt sind. Ausserdem ist als geförderte Bruttolast der Durchschnitt sämtlicher preussischen Bahnen genommen und dann die Annahme gemacht, dass 1 mm Schienenkopfhöhe auf horizontaler Strecke durch 12 Millionen Tonnen abgenützt wird. Hierzu ist zunächst zu bemerken, dass die Ermittlung der Durchschnitts-Bruttolast sämtlicher preussischen Eisenbahnen für die eventuelle Construction eines Schienenprofils wohl wenig Werth hat, da die Vortheile, welche die Durchführung eines einheitlichen Profils für sämtliche Bahnen in praktischer Beziehung bietet, sicher nicht so erheblich sind, dass der wegen der ausserordentlich verschiedenen Verhältnisse dieser Bahnen sich unvermeidlich ergebende Mehraufwand von Schienenmaterial dadurch aufgewogen würde.



Wie auf Seite 9 a. a. O. zu lesen ist, wird 1 mm Schienenkopfhöhe abgenutzt auf Bahnen mit schwachen Steigungen und grossen Curvenradien auf Strecken, auf denen nicht gebremst wird, durch 10—12 Mill. Tonnen Bruttolast. Auf Seite 12 wird als Beispiel die Abnutzung der Schienen der Frankfurt-Bebraer Eisenbahn nach dieser Berechnung durchgeführt. Die Steigungen und Curven dieser Bahn werden hierbei auf eine als horizontal gedachte Strecke reducirt. Es stellte sich heraus, dass für die im Jahre 78/79 vorhanden gewesene Betriebslänge von 793 km sich eine auf eine horizontale Strecke reducirte Länge der Hauptgeleise von 1438,4 km ergibt. Da sich für 793 km Länge Hauptgeleis pro km Hauptgeleis eine geförderte Bruttolast von rot. 1,3 Millionen Tonnen ergibt (S. 10), so beträgt in Bezug auf die 1438,4 km dieselbe  $\frac{1,3 \cdot 1438}{793} = 2,36$  Mil-

lionen Tonnen, die also auf der horizontal gedachten Strecke pro km jährlich bewegt würden. Hieraus resultirt dann allerdings, wenn 1 mm Schienenkopfhöhe durch 12 Mill. Tonnen abgenutzt wird, eine

Schienendauer 1) bei 13 mm Ablaufhöhe von  $\frac{13 \cdot 12}{2,36} = 66$  Jahren.

2) - 5 - - - von  $\frac{5 \cdot 12}{2,36} = 25$  Jahren.

Sehen wir jedoch zur Durchführung eines andern Beispiels einen Augenblick von dem Durchschnitt der geförderten Bruttolasten ab und nehmen wir an, dass eine eingleisige Bahn, die starkes Gefälle haben möge, pro km Hauptgeleis 2,36 Millionen Tonnen zu bewältigen hätte, ein Fall, der nicht ausgeschlossen scheint, da z. B. im Jahre 1873 durchschnittlich beinahe 2 Millionen Tonnen km befördert sind, so würde unter der auf Seite 9 ad 4 gemachten Annahme, von der wir das Extrem annehmen wollen, dass 1 mm Schienenkopfhöhe durch 1 Mill. Tonnen abgenutzt wird, sich folgendes ergeben:

Schienendauer bei 13 mm Ablaufhöhe :  $\frac{13 \cdot 1}{2,36} = \text{rot. } 5\frac{1}{2}$  Jahre,

- - 5 - - :  $\frac{5 \cdot 1}{2,36} = \text{rot. } 2$  Jahre,

während die Hilfsche Schwelle unabhängig von diesen winzigen Resultaten ebenfalls 50 Jahre lang ihre Functionen verrichten kann. Diese Vergleichsrechnung soll nun nicht etwa ein Beweis dafür sein, dass

das Prinzip der schweren Schienen hierdurch hinfällig sei, sie beweist jedoch, dass bei der Wahl eines eisernen Oberbaues und speciell der Schienen jede Bahn in Bezug auf Steigungsverhältnisse, Beförderungslasten und hieraus resultirende Schienenabnutzung etc. für sich betrachtet werden muss und dass es wohl nicht zweckmässig ist, Normalschwellen oder Normalschienen für Durchschnittsverhältnisse aller Bahnen zu construiren. Jedenfalls muss zugegeben werden, dass es viele Bahnen giebt und stets geben wird, die ein beträchtliches Gefälle, starke Curven und grosse, vielleicht jährlich wachsende und mit allmählich grösser werdenden Geschwindigkeit zu befördernde Lasten haben, so dass es zunächst in diesen Fällen wohl wünschenswerth, ja sogar dringend geboten scheint, starke Schwellen mit verhältnissmässig recht leichten Schienen anzuwenden. Allerdings müssen diese schwachen Schienen aber auch so leicht sein, dass bei Auswechslungen derselben der Vortheil schweren Schienen gegenüber direct in die Augen springt und Verfasser möchte daher den relativen Ausdruck „möglichst leichte Schienen“ auch besser präzisiren durch den Ausdruck „absolut leichte Schienen“. Ferner müssen dieselben eine einfache aber durchaus solide Befestigung mit der Langschwelle und ebenfalls eine gute Stossverbindung gestatten. Doch kehren wir zu den sogenannten schweren Schienen zurück und stellen die Vortheile derselben zusammen. — Diese Schienen mit 13 mm Ablaufhöhe gestatten also, wie nachgewiesen ist, eine Dauer, welche die der Schwellen noch übertrifft. Dieser Vortheil gilt aber nur für ganz bestimmte Verhältnisse, nicht für die Allgemeinheit. Dann gestatten diese hohen Schienen eine kräftige Laschenverbindung, die das ganze Gestänge zu einem höchst soliden macht.

Mehr Vortheile können wir jedoch aus dieser Anordnung nicht erkennen.

Untersuchen wir jetzt in theoretischer und in praktischer Beziehung die Nachtheile derselben.

Zunächst scheint rein theoretisch die Materialvertheilung bei Schienen mit 13 mm Ablaufhöhe nicht zweckmässig angeordnet, da in den Kopf eine theoretisch überflüssige Ablaufhöhe von 8 mm gesteckt wird, unter der Annahme, dass ein Kopf mit 5 mm Ablaufhöhe auch nach Abnutzung dieser 5 mm noch den Festigkeitsregeln

entspricht. Der 13 mm-Kopf hat ferner im Verhältniss zum Fuss eine ganz beträchtlichere Fläche resp. ein bedeutend grösseres Gewicht aufzuweisen, das pro lfd. m 3—4 kg, also im Mittel 3,5 kg beträgt\*). Es widerspricht also diese Materialvertheilung einer rationellen theoretischen **I**-Form. Dann ist auch ferner zu berücksichtigen, dass die Differenz der Trägheitsmomente für die verschiedenen Ablaufhöhen sehr bedeutend ist und durchschnittlich für 13 mm Ablaufhöhe 250 in Centimetern beträgt, eine Zahl, die nicht zu unterschätzen ist, wenn man bedenkt, dass das Trägheitsmoment z. B. der Schwelle der Berl. Stadtbahn überhaupt nur 140 in Centimetern ausmacht. Je kleiner also von vorneherein die Schienenhöhe ist, um so weniger wird selbst bei grosser Abnutzung die Tragfähigkeit des ganzen Profils (Schwelle plus Schiene) verlieren. Auch darf wohl die Anwendung einer „leichten“ Schiene beim Langschwellenoberbau nicht nur als ein Hauptvorzug sondern auch prinzipiell als nothwendige Consequenz dieses Systems betrachtet werden, schon aus dem Grunde, weil beim Querschwellensystem eine „leichte“ Schiene nicht angewendet werden kann, da die in nur gewissen Entfernungen als Unterstützungen dienenden Querschwellen Schienen voraussetzen, welche den durch die Radbelastung hervorgebrachten äusseren angreifenden Kräften in Bezug auf ihre Widerstandsfähigkeit d. h. auf ihr Profil, mithin auch auf die Höhe und ihr Gewicht allein zu widerstehen haben.

Aber auch in praktischer Hinsicht ergeben sich verschiedene und schwerwiegende Nachtheile bei Anordnung des qu. Prinzips von schweren Schienen. Hierzu gehörte zunächst der Umstand, dass die Anwendung desselben nur in ganz bestimmten Fällen und unter Voraussetzungen stattfinden kann, deren Nichterfüllung eher ein Nachtheil als ein Vortheil zu sein scheint.

Ein fernerer Grund gegen die Anwendung eines sehr hohen Ablaufkörpers besteht in der Auswechslung einer oder mehrerer Schienen, was ohne Zweifel leicht vorkommen kann. An-

---

\*) Bei dem Preise von 190 Mk pro 1000 kg Flusstahl würde dies pro lfd. m immerhin 0,665 Mk. ausmachen. Es wird also 1 km Geleis sich um 1330 Mk. theurer stellen.

genommen, die Schienen seien z. B. um 10 mm abgelaufen und es müssten mehrere Schienen aus irgend welchem Grunde ausgewechselt werden, so bietet solche Manipulation grade für eisernen Langschwelloberbau, bei dessen Schwellen sich Einkappungen, Vertiefungen und Tieferlegen desselben nicht gut vornehmen lassen, wie letzteres beim Querschwellensystem möglich ist, entschiedene, wenn nicht unüberwindliche Schwierigkeiten. Hierbei ist natürlich für Schienen und Schwellen ein versetzter Stoss vorausgesetzt, wie diesen die meisten Systeme aufweisen. Auch die Verlaschung einer neu einzulegenden mit den alten abgefahrenen Nachbarschienen ist schwierig, da die letzteren doch wohl gehoben werden müssten, um eine gleiche Höhenlage von Schienenoberkante zu erzielen. In dem Abhobeln dieser neuen Schienen hätte man wohl ein Mittel, dies zu erreichen, allein sowie mehrere Schienen in Betracht kommen, würden sich die Kosten für ein derartiges Bearbeiten doch entschieden zu hoch stellen. Ausserdem geht der Vortheil des hohen Ablaufkörpers wieder verloren.

Ein anderer Punkt, der gegen die zu lange Benutzung von Stahlschienen spricht, liegt in der von erfahrenen Praktikern schon öfters ausgesprochenen Befürchtung, dass die Lauffläche der Stahlschienen durch die Härte des Materials mit der Zeit so glatt werden könnte, dass es dann vielleicht sehr schwierig ist, eine genügende Adhäsion zwischen Schienen und Rädern zu erreichen, andererseits aber in dem Umstand, in starken Gefällen eine gleitende Reibung zu verhindern. Denn die Adhäsion zweier Körper nimmt ab, wenn ihre Härte (Glätte) zunimmt. Je weicher das Material ist, desto grösser ist die Adhäsion.

Man ist überhaupt heut zu Tage noch nicht im Stande, mit Sicherheit anzugeben, welcher Stahl sich am besten zur Fabrikation von Schienen eignet, ob der sogenannte weichere oder der sog. härtere. Letzterer soll sich, wie Gruner mittheilt, nach den in Frankreich gemachten Erfahrungen schneller abnutzen, während Schienen von weichem Stahl, oder wie er besser zu bezeichnen ist, von möglichst reinem Stahl weniger abgenutzt werden sollen. Das Vorhandensein von Phosphor, Mangan, Silicium etc. im Stahl soll vornehmlich eine grössere Oxydirbarkeit veranlassen. Mit Rücksicht hierauf müsste man nach den von Gruner angestellten Beobach-

tungen dem reinen Stahl den Vorzug geben, d. h. nur für breitbasige Schienen, auf die es hier allerdings ankommt. Bei doppelköpfigen Schienen soll man unbeschadet härteren Stahl nehmen können. Jedenfalls ist man heute noch nicht ganz klar darüber, welcher Stahl für die Schienenfabrikation sich am besten eignet und es könnte auch aus diesem Grunde gewagt erscheinen, wenn man sofort mit vielem in die Schiene gesteckten Material losoperiren würde. Verfasser glaubt, dass sich für derartige prinzipielle Versuche möglichst oder besser absolut kleine Schienen mehr eignen, da reiner (weicher) Stahl theurer, als der weniger reine (harte) Stahl ist.

Die Verhandlungen des Vereins für Eisenbahnkunde in Berlin geben einen am 10. Januar d. J. vom Geh. Bergrath Dr. H. Wedding gehaltenen Vortrag, welcher „über die Bedingungen der deutschen Eisenbahnverwaltungen für die Lieferung von Schienen, Radreifen und Achsen aus Flusseisen, vom Standpunkte der Fabrikation“ spricht. Dieser in letzter Stunde dem Verfasser in die Hände gelangte Vortrag enthält höchst schätzenswerthes Material und dürfte durch die in ihm zusammengestellten Anforderungen der Eisenbahnverwaltungen an die Walzwerke zugleich in trefflicher Weise den heutigen Standpunkt derselben in Beziehung auf technische Möglichkeit und Vollkommenheit des Walzverfahrens kennzeichnen. Die manchmal wohl etwas weit getriebenen Anforderungen lassen erkennen, einen wie hohen Grad von technischer Vollkommenheit das Walzverfahren heute bereits erreicht hat und dass man angesichts dieser Sachlage auch ferner zu den besten Hoffnungen berechtigt ist, dass etwaige Schwierigkeiten, welche sich bei Ausführung von den durch Verfasser vorgeschlagenen Profilen bei den ersten Versuchen ergeben möchten, sehr bald beseitigt werden können. Es sei gestattet, hier gleichsam als weitere sachkundige Ausführung betreffs des am besten zu Schienen sich eignenden Materials und zu gleicher Zeit als Commentar zu der über diesen Gegenstand bereits oben gemachten Bemerkung einen Passus aus dem Vortrage des Geh. Rath Wedding anzuführen, der folgendermaassen einige allgemeine einleitende Bemerkungen seinem eigentlichen Vortrage (S. 8 der Abhandlung) vorausschickt:

„Das das beste Eisen für die Eisenbahn, welche für die

Sicherheit einer grossen Anzahl von Menschenleben und einer hohen Summe von Frachtgütern einzustehen hat, auch das zweckmässigste Material ist, darf keinem Zweifel unterliegen. Dass ferner das beste Eisen an sich ein nur aus Eisen und amorphem Kohlenstoff bestehendes, schlacken- und blasenfreies, überall gleichmässiges Product ist, unterliegt ebensowenig einem Zweifel, als dass\*) es möglich ist, ein solches Product nach dem Standpunkt unserer Technik herzustellen. Da aber von den Herstellungs- und Unterhaltungskosten der Eisenbahnen zu einem grossen Theil der Nationalwohlstand abhängt, wird es nicht wünschenswerth sein, das absolut beste Material zu wählen, sondern ein solches, welches bei den geringsten Kosten den Erfordernissen des Verwendungszweckes und der Sicherheit entspricht\*\*).

Der Umstand, dass die nöthigen Merkmale für ein solches Eisen noch nicht mit hinreichender Sicherheit aufgefunden sind, bewirkt allein die noch nicht ausgeglichene und vorläufig auch noch nicht vollständig ausgleichbare Differenz in den Ansichten der Eisenproduzenten und der Eisenbahnverwaltungen.

Die physikalischen Eigenschaften des Eisens (Härte, Dehnbarkeit und Abnutzungsfähigkeit), welche in Höhe und Art der Konsument je nach dem zu erreichenden Verwendungszwecke vorschreiben muss, sind bei gleicher Form und Bearbeitungsart erstens von der chemischen Constitution des Eisens und zweitens von dessen Homogenität abhängig.

---

\*) Dieses „dass“ könnte leicht eine Unklarheit in dem Sinne des ganzen Satzes hervorrufen. Daher glaubt Verfasser darauf aufmerksam machen zu dürfen, dass der Sinn des qu. Satzes doch wohl ausdrücken soll, dass es eben möglich ist, ein solches Product herzustellen, was ja auch thatsächlich der Fall ist. Eine Unklarheit wird auf jeden Fall vermieden, wenn das „dass“ an betreffender Stelle ganz fortgelassen wird.

\*\*\*) Verfasser gestattet sich noch hinzuzufügen, dass es ebensowenig wünschenswerth erscheint, das Material so anzuordnen, dass es einer denkbar grössten Dauer ausgesetzt werden kann, sondern dass die Construction mit Rücksicht auf den National-Wohlstand ebenfalls eine solche sei, welche bei den geringsten Kosten den Erfordernissen des Verwendungszweckes und der Sicherheit entspricht.

Folgende Regeln gelten hinsichtlich der chemischen Constitution:  
Beim schmiedbaren Eisen wächst

- a) die Härte mit der Zunahme des Gehalts an Kohlenstoff und der des Gehalts an anderen Stoffen (Mangan, Phosphor, Schwefel, Silicium, Kupfer);
- b) die Zähigkeit (Dehnbarkeit) mit der Abnahme an Kohlenstoff und anderen Stoffen. In demselben Maasse nimmt der Widerstand gegen Temperaturwechsel zu;
- c) die Festigkeit mit der Zunahme an Kohlenstoff und der Abnahme an anderen Stoffen;
- d) die Abnutzbarkeit mit der Zunahme an Kohlenstoff und der Zunahme an andern Stoffen;
- e) die Oxydirbarkeit (das Rostungsvermögen) mit der Abnahme an Kohlenstoff und der Zunahme an andern Stoffen\*).

Hieraus ergibt sich, dass neben Kohlenstoff fremde Stoffe für keine Verwendung, es sei denn, eine solche, welche lediglich Härte erfordert, erwünscht sind, dass aber die übrigen Eigenschaften sich nach der Höhe des Kohlenstoffgehalts richten und zum Theil im geraden, zum Theil im umgekehrten Verhältnisse wachsen.

Nächst der chemischen Zusammensetzung hat die Homogenität einen wesentlichen Einfluss. Dehnbarkeit und Festigkeit nehmen mit der Homogenität zu, die Abnutzbarkeit steht im umgekehrten Verhältnisse. Die Homogenität ist nicht nur von einer gleichen chemischen und physikalischen Beschaffenheit aller Metallmoleküle, sondern auch von dem Mangel einer Unterbrechung des Zusammenhanges durch Schlackentheile oder Blasenräume abhängig.“ —

Wir halten es ferner in praktischer Beziehung auch für rationeller, den Theil des Gestänges, der zum grössten Theil eingebettet wird, der von Feuchtigkeit und Frost etc. am meisten zu leiden hat und der unsern Blicken gewöhnlich fast ganz entzogen ist, der jedoch eine wirklich gute, stabile und solide continuirliche Unterlage bilden soll, erforderlichen Falls unbekümmert darum, ob er ein paar Jahre mehr oder weniger aushält, möglichst solide herzustellen und mit dem Material nicht zu geizen. Und wenn Hilfe

---

\*) Die zum Theil abweichenden Ansichten Gruner's siehe in: La nature de l'acier le plus convenable pour les rails (Annales des mines 1881).

bei seiner anerkannt zu leicht construirten Schwelle eine Dauer von 50 Jahren herausgerechnet hat, so liesse sich, wenn man das Sparsamkeitsprinzip auf die Spitze treiben wollte, für eine schwerere Schwelle jedenfalls ohne Skrupel eine Dauer ausrechnen, welche die der 66jährigen Schienen doch noch bedeutend übertreffen dürfte, womit dann der schweren Schiene die Existenzberechtigung wieder genommen wäre. Käme es wirklich allen Ernstes darauf an, die Dauer von Schienen und Schwellen so lange als es nur möglich wäre zu gestalten\*), so liegt der Gedanke nicht fern, die Schwelle ebenfalls aus Stahl herzustellen und dieselbe, wenn man das menschenmöglichste ohne Rücksicht auf Anlagelkosten erreichen wollte, noch schliesslich zu verzinken oder anderweitig zu conserviren.

Aber abgesehen von allen anderweitigen Bedenken, scheint es trotz aller Rechnung überhaupt nicht wahrscheinlich, dass die Schienen mit 13 mm Ablaufhöhe im ununterbrochenen praktischen Betriebe überhaupt eine Dauer von 50 Jahren, geschweige denn 66 Jahren erreichen. Es wäre auch wahrlich nicht wünschenswerth, wenn alle Schienen zweidrittel Jahrhundert oder zwei Menschenalter ausdauern würden. Man stelle sich nur vor, in welcher Weise die Hütten- und Walzwerke mit ihren Tausenden von Arbeitern und ihren Millionen an Capital von solcher Umwälzung berührt würden. Jedenfalls ist bei allgemeiner Einführung dieser schwersten Schiene eine Krisis für die Walzwerke unausbleiblich, und wie die Erfahrung gelehrt hat, sind derartige Krisen, welche grosse Industrien treffen, möglichst zu vermeiden.

Dass aber Eisenhütten und Eisenbahnen auf's innigste zusammenhängen, hat der Geh. Bergrath Wedding in seinem bereits citirten Vortrage gleich mit den ersten einleitenden Worten nachgewiesen. Er giebt an, dass im Jahre 1880 in Preussen von dem überhaupt erzeugten schmiedbaren Eisen  $31\frac{1}{2}\%$ , und zwar von 1731 Kilotonnen 544, unmittelbar für den Eisenbahnbedarf bestimmt waren und von dem im gleichen Jahre erzeugten Flusseisen aber sogar  $80\%$ , und zwar von 634 Kilotonnen 499. — Es heisst dann ferner: „Da darf es wohl nur als nothwendig angesehen werden, dass beide Industriezweige Hand in Hand gehen, d. h. dass einerseits die

---

\*) Siehe die letzten Anmerkungen.



Eisenhütten nur ein solches Material darzustellen bestrebt sind, welches allen Anforderungen des Eisenbahnbetriebes entspricht und dass andererseits die Eisenbahnen nur Anforderungen stellen, welche für den Zweck erforderlich sind, ohne die Fabrikation, dem Standpunkt des Eisenbetriebes entsprechend, unnöthig zu erschweren.“

Wir fügen noch hinzu, dass es wohl schwerlich für die Walzwerke zweckmässig erscheinen kann, wenn sie Schienen fabriciren müssen, die contractgemäss 66 Jahre oder noch länger ausdauern sollen. Es würde sich in Folge solcher Anforderungen das jetzt wesentlich gebesserte Verhältniss von Walzwerken resp. Eisenhütten und Eisenbahnen sehr leicht wieder auf das frühere fast unleidliche Verhältniss zuspitzen, wodurch jedoch für beide Theile, mithin auch für den Nationalwohlstand, nur Nachtheile eintreten könnten.

Und nun bedenke man, dass für die schwersten und am längsten ausdauernden Schienen ein Raddruck zu Grunde gelegt ist, der 6500 bis 7500 kg Gewicht entspricht. Wer kann wissen und vorher bestimmen, ob dieses Gewicht in 50 oder schon in 25 Jahren nicht ein ganz anderes geworden ist. Es ist ebenso gut möglich, dass dieses Gewicht noch immer zunimmt, als dass es bedeutend herabgemindert wird, je nachdem eine grössere oder geringere Zugkraft der Locomotiven bei einer grösseren oder geringeren Geschwindigkeit vorausgesetzt und verlangt wird. Wer weiss, was wir in 50 oder schon in 25 Jahren überhaupt für ein Transportmittel und für Communicationswege haben oder anstreben werden. Die electricischen Eisenbahnen sind allerdings erst in der Ausbildung begriffen, haben jedoch bereits Resultate aufzuweisen, welche diesem System eine grossartige Anwendung für die Zukunft zusichern. Es dürfte vielleicht gewagt erscheinen, solche Gedanken heut zu Tage bereits auszusprechen; allein das Eine ist sicher: bezeichnet man, und mit Recht, dieses Jahrhundert als das des Dampfes, so wird man das nächste Jahrhundert zweifellos als das der Electricität bezeichnen können. Wird dieses aber zugegeben, so muss auch ferner die Möglichkeit zugegeben werden, dass in unseren heutigen Dampf-Eisenbahnen eine kolossale Umwälzung zu Gunsten der electricischen Eisenbahnen wird stattfinden können, und allein diese Möglichkeit dürfte schon genügen, um uns davon abzuhalten, dass

wir uns für unsere Schienenstrassen nicht bis in die Mitte des nächsten Jahrhunderts mit unnützem Eisenballast verproviantirten.

Alle diese Manchem vielleicht müssig erscheinenden Betrachtungen sollen nur dazu dienen, für das System einzutreten, dessen Prinzip durch starke Schwellen und durch leichte, aber allerdings dann auch absolut leichte, dabei jedoch solide zu befestigende und dauerhafte Schienen ausgesprochen ist.

Wir bemerken hierbei ausdrücklich, dass trotz der „starken“ Schwellen und der „leichten“ Schienen das Gesamtgewicht bei gleicher Tragfähigkeit nicht grösser sein soll, als dies bei den bisher angewandten Systemen der Fall gewesen ist.

Unbestreitbar zeigen die meisten Constructionen des eisernen Langschwellenbaues das Bestreben, den auszuwechselnden Theil d. h. also die eigentliche Schiene möglichst leicht zu gestalten. Am besten erreicht dies zunächst theoretisch das System Winkler (siehe Fig. 7). Heusinger von Waldegg\*) schreibt über dieses System in der 4. Auflage seines Handbuchs für specielle Eisenbahn-Technik im 1. Bande auf pag. 303 u. 304:

„Dieses System zeigt das Bestreben des Erfinders deutlich, die sehr stabile **I**-Schiene mit hohem Steg (als Langschwelle) mit einem Stahlkörper von sehr geringem Gewicht (als Fahrschiene) in Verbindung zu bringen und so die Bedingungen, welche an einen Langschwellen-Oberbau gestellt werden müssen, zu erfüllen. Dieses System ist jedenfalls aus dem Hartwich'schen hervorgegangen und mag sich der Er-

---

\*) Das betreffende Capitel in Heusinger's Handbuch für specielle Eisenbahntechnik ist vom Herausgeber desselben und vom Civilingenieur Georg Osthoff, z. Z. Stadtbaumeister in Oldenburg und Mitredacteur der in Siegen erscheinenden „Sekundärbahn-Zeitung“ gemeinschaftlich bearbeitet. Wir gestatten uns auf dieses interessante Fachblatt, das ein Organ für Localbahnen, Tramways etc. ist, aufmerksam zu machen. Es wird unter Mitwirkung hervorragender Fachgenossen redigirt und herausgegeben vom Ingenieur M. Paulsen in Siegen. Mitredacteur ist Ingenieur Osthoff in Oldenburg. Diese Zeitschrift erscheint wöchentlich Mittwochs. Preis pro Quartal 3 Mark. Commissions-Verlag und Expedition: Polytechnische Buchhandlung A. Seydel in Berlin W.

finder die Aufgabe gestellt haben, die durch vielfache Erfahrungen an letzterem Systeme constatirten Nachtheile, welche hauptsächlich in der schnellen Abnutzung des Kopfes, in der unbequemen Auswechslung der Schiene und ferner darin bestanden, dass bei geringen Defecten an irgend einem Theil der Schiene eine bedeutende Menge Materials verloren ging, zu vermeiden, aber die dem Hartwich'schen Systeme zuzusprechenden Vortheile nicht verloren gehen zu lassen.“

**„Sobald die Erfahrung zeigt, dass es möglich ist, die unbedeutende Fahrschiene auf eine einfache, aber solide Weise mit der Langschwelle zu verbinden, dürfte diesem System eine grosse Anwendung für später nicht abzusprechen sein . . . .“**

Dieser Ausspruch Heusinger's bildet für den Verfasser dieser Abhandlung gewissermaassen **den Ausgangspunkt und das Motiv seiner Bestrebungen**, welche dahin gingen, das Material für die Fahrschiene noch mehr zu ermässigen und dann wenn möglich eine noch zweckmässigere Befestigung derselben auf einer zunächst im Prinzip **I**-förmig gestalteten Schwelle zu construiren, da, wenn einmal Material gespart werden soll, dies so viel als möglich geschehen muss und da eine einfache Schraube, wie die Erfahrung gezeigt hat, nicht wohl im Stande ist, den Ansprüchen einer guten Befestigung zu genügen.

Ein Vergleich aller bisherigen Profile erleichterte die Lösung dieser Aufgabe. Schon im Jahre 1868 hatte der Amerikaner Booth eine Schiene construirt, deren Kopf nach Fig. 13 gebildet war. Beide Theile wurden hierbei für sich hergestellt, dann wurde die Stahlkappe über die Schiene geschoben, worauf das Ganze noch einmal die Walze passirte. Die Stahlkappe wurde hierdurch dicht an die Schiene gepresst, so dass überhaupt jede weitere Verbindung unnöthig wurde. Die mit diesem System angestellten Versuche sollen günstige Resultate geliefert haben. Letztere dürften sich jedoch nur auf die gute Vereinigung der Stahlkappe mit der Eisenschiene beziehen, denn beim Defectwerden des Kopfes ist ein Auswechslern der ganzen Schiene nebst Stahlkappe unbedingt erforderlich. Es ist daher nöthig, wenn dieses Prinzip praktisch gute Erfolge haben soll, die Stahlkappe so anzubringen, dass sie jederzeit ohne Schwierigkeit abgenommen

werden kann. Die Grundform des Kopfprofils der Schiene ist bei der Booth'schen Construction annähernd schwalbenschwanzförmig. Da kein Grund vorliegt, letzte Form nicht vollkommen anzunehmen, so lässt sich ein gleiches Resultat mit richtiger Schwalbenschwanzform erwarten, so dass sich Fig. 13 in Fig. 14 modificirt. Die Stahl-

Fig. 13.



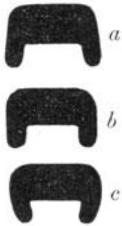
Fig. 14.



System Booth. 1868. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

kappe selbst erhält die entsprechende schwalbenschwanzförmige Ausparung. Das Walzen dieser Kappe bereitet keine Schwierigkeiten. Es wird zunächst (Fig. 15) Profil *a* hergestellt, das in *b* übergeht und dann schliesslich durch nochmaliges Passiren der Walzen, wobei die Seitenlappen von aussen nach innen gedrückt werden, als Profil *c* sich gestaltet. Macht man das Profil der Stahlkappe im Lichten

Fig. 15.



$\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 16.



$\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 17.



$\frac{1}{5}$  nat. Gr.

nun etwas grösser (Fig. 16), so dass sie in der Längsrichtung verschieblich ist, jedoch z. B. durch Schrauben auch gegen die Unterschiene festgedrückt werden kann, so ist allerdings der Vortheil erreicht, dass, wenn die Schiene vertikal angehoben ist, die Stahlkappe in der Längsrichtung abgezogen werden kann, allein dies genügt noch nicht den Erfordernissen des eisernen Langschwellensystems: die Schienen auswechseln zu können, ohne die Schwellen

in ihrer Lage zu beeinträchtigen. Ein Abheben liesse sich allerdings bei dieser Anordnung schon erreichen, wenn die Aussparung des Kopfes entsprechend breit gemacht würde. Allein in beiden Fällen erlitt die schon schwache Stahlkappe immerhin eine Schwächung des Profils durch die Löcher, die das Gewinde für die Schraube enthielten, und die Schrauben würden einem Wandern der Fahrschiene auf dem Kopf der Langschwelle jedenfalls nicht widerstehen können, es würde vielmehr die bei der letzteren Anordnung sich ergebende freie Schaftlänge der Schraubbolzen bei einigermaassen stark angezogenen Schrauben einem Abscheeren oder Abbiegen ausgesetzt sein. Ausserdem würden die Schrauben ohne besonders starke Sicherung sich sehr bald losrütteln.

Die weitere Entwicklung dieser Befestigung ergab die Construction eines winkelförmigen Keils, der durch eine Schraube nach unten gezogen werden sollte (Fig. 17) und der dadurch die Fahrschiene fest an die Schwelle pressen sollte. Die Fahrschiene erhielt an einem Ende eine Einklinkung, so dass es möglich war, diesen Winkelkeil, der eventuell federnd construirt sein kann, in den Raum zwischen Schiene und Schwelle zu bringen.

Allein nach Erwägung aller Umstände, die theoretisch und praktisch gegen diese Befestigung sprechen konnten und in der Erkenntniss, dass eine solche Schraubenbefestigung entschieden noch Sicherungen verlangen würde, die diese Befestigung ebenso wie alle die andern angewandten Schraubenbefestigungen unzweckmässig machten, liess Verfasser auch dieses Project wieder fallen, bis es ihm nach vielen anderweitigen Versuchen gelang, eine Befestigung zu construiren, die nunmehr wohl geeignet sein dürfte, den Anforderungen, welche an eine einfache, aber durchaus solide Construction gestellt werden müssen, zu genügen. **Dies geschieht einfach dadurch, dass zwischen Kopf und Schwelle ein federnder Stahlhebel gesteckt wird, welcher Hebel-, Keil- und Federwirkung in sich vereinigt** und durch eine Schraube, welche an seinem untern Ende angreift, gegen den Steg der Schwelle angezogen wird.

Fig. 18 stellt die vom Verfasser zuerst construirtten Formen eines Klemmhebels dar, aus dem sich nach einigen Versuchen und Modifikationen die in **Fig. 19** dargestellte **endgültige Form** nunmehr entwickelte und ergab. **Tafel I zeigt die Details dieser Con-**

struction in natürlicher Grösse, wie sie den späteren Berechnungen zu Grunde gelegt sind.

Dieser Klemmhebel lässt in letzterer Grundform und in Bezug auf seinen Querschnitt noch zwei Varianten zu, wie in Fig. 20 dar-

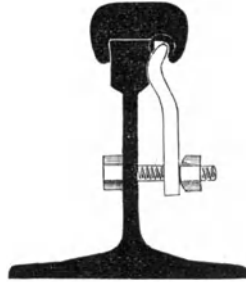
Fig. 18 a.



Fig. 18 b.



Fig. 19.



Klemmhebelsystem des Verfassers. 1878.

Klemmhebelsystem. Profil I. 1879. —  
 $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 20 a.



Fig. 20 b.

 $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 21.

 $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

gestellt ist, von denen sich jedoch Profil *a* durch praktische Versuche als das bessere herausgestellt hat, was indess das Prinzip der Befestigung nicht weiter alterirt.

Der obere Theil des Klemmhebels ist keil- oder excentrikartig geformt, so dass diese Form sehr gut geeignet ist, eine möglichst feste Verbindung zwischen Schwelle und Fahrschiene zu erzielen.

Während beim Profil *a* der Hebel durch die Mutter des Schraubbolzens direct angezogen wird, macht Anordnung *b* eine Schraube mit hakenförmigem Ende nöthig, welches den Hebel mittelst einer Mutter gegen den Steg anzieht.

Was die Ausbildung der Form des Klemmhebels in Bezug auf seinen Längsschnitt anlangt, so soll noch bemerkt werden, dass die

Klemmhebel mit Rücksicht auf die federnde Eigenschaft desselben als Rechteckfeder oder als Dreieckfeder construirt sein können. Während für den ersten Fall durch die theoretisch sich ergebende kubisch-parabolische Zuschärfung des untern Hebelendes eine nennenswerthe Materialersparniss nicht erreicht wird, lässt die Dreiecksform eine wesentliche Ersparniss zu. Tragkraft, Federung und Biegsamkeit sind bei der Rechteckfeder und der einfachen Dreieckfeder dieselben. Der körperliche Inhalt der ersteren ist jedoch um das anderthalbfache grösser, als der des letzteren. Mit Rücksicht auf die Schraubenbefestigung der Klemmhebel müsste natürlich das freie Ende der Dreiecksfeder entsprechend verstärkt werden, so dass der Hebel in dieser Modifikation bei demselben Querschnitt, wie früher, eine Gestalt zeigte, wie Fig. 21 angeibt.

Theoretisch ist also zunächst eine Materialersparniss möglich. Ob die Herstellung und Anwendung der Klemmhebel in dieser Form nicht etwa Nachtheile aufweisen, welche letzteren Vortheil wieder verkleinern oder ganz aufheben würde, kann erst die Erfahrung lehren. Verfasser hat daher der Einfachheit wegen dieser Abhandlung einen Klemmhebel zu Grunde gelegt, der gleiche Höhe und Breite des Querschnitts voraussetzt. Die mit dieser Befestigung angestellten äusserst umfangreichen und gewissenhaften Versuche haben denn auch zur Evidenz erwiesen, dass die Befestigung in Bezug auf Einfachheit und Solidität wohl kaum noch etwas zu wünschen übrig lässt.

Nachdem durch Versuche und Rechnung die zweckmässigste Form des Hebels festgestellt war, den Verfasser als „**federnden Klemmhebel**“ bezeichnet hat, gestattete die Direction der Berlin-Hamburger-Eisenbahn auf ihrem Bahnhof in Berlin mehrere derartige Probeschienen dieses Systems zu verlegen, was am 24./25. Juni 1879 geschah.

Verfasser möchte an dieser Stelle nicht unterlassen, genannter Direction für ihre liebenswürdige Bereitwilligkeit und den Mitgliedern derselben, welchen so manche Arbeit und Mühe daraus erwachsen ist, nochmals seinen besondern Dank auszusprechen.

Die Verwaltung dieser Bahn stellte ebenfalls alte Schienen zur Disposition, deren Köpfe durch Abhobeln die entsprechende Form erhielten. **Tafel II zeigt die auf der Hamburger Bahn zur An-**

wendung gekommenen Dimensionen und Profile der Fahrschienen, Klemmhebel und Kopf des Steges der hier als Langschwelle dienenden Tragschiene in natürlicher Grösse. Die im Steg punctirten Linien deuten die Berücksichtigung der Laschenverbindung der Schwelle an, wenn letztere zu den Einstegsystemen gehört. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die hier angenommenen Dimensionen der Fahrschiene noch ermässigt werden können, insbesondere die Breite derselben und die Länge der Lappen. Letztere brauchen nur 10 bis höchstens 12 mm lang zu sein. Die obere Kopfbreite genügt mit 60 mm. Die Klemmhebel-Dimensionen sind beibehalten, wie auch auf Taf. I angegeben ist. Die Kopf- oder Fahrschienen wurden ebenso wie die federnden Klemmhebel aus Stahl hergestellt, worauf das Gestänge in einem Gütergeleise verlegt wurde, das von allen einfahrenden Güterzügen in theilweis gebremstem Zustande passirt wurde. Die Klemmhebel, aus Federstahl hergestellt, waren 1 cm stark, 8 cm breit und 9 cm hoch. Sie wurden zunächst in Entfernungen von 0,666 m angebracht.

Kurze Zeit später wurde die Zahl der Klemmhebel jedoch auf die Hälfte ermässigt, so dass sie in Entfernungen von 1,332 m angeordnet waren. Diese Schienen liegen jetzt seit ca. 3 Jahren in unverändert gutem Zustande. Keine der Schraubenmuttern, welche die Klemmhebel gegen den Steg der Unterschiene anzuziehen bestimmt sind, hat während der ganzen Zeit nachgezogen werden müssen. Keine der Befürchtungen, die Pessimisten bei Ausführung neuer Ideen nur irgend hegen und aussprechen können, sind eingetroffen. Ein Wandern der Oberschienen ist nicht eingetreten, da selbst die nur in den grossen Entfernungen von  $1\frac{1}{3}$  m angebrachten wenigen Klemmhebel dieses vollständig verhindert haben. Dagegen haben die Klemmhebel kein Hinderniss gebildet, dass die Ausdehnung der oberen Schiene in Folge der sehr erheblichen Temperaturdifferenzen erfolgen konnte, ohne jede Deformation der Fahrschiene, deren Stoss gegen den der als Langschwelle dienenden Unterschiene versetzt war. Wir bemerken hierbei, dass die Sommer 1879, 80 u. 81 sehr heisse und die Winter 79/80 u. 80/81 sehr kalte Tage und Nächte zu verzeichnen haben. Ein Auffahren resp. Aufwalzen der Schienen ist nicht erfolgt, da, wie vorauszusehen war, dieser Uebelstand in Folge der schwallenschwanzartigen Anordnung resp. Aussparung des Kopfes



der Unter- und Oberschiene eben nicht erfolgen und da die leichte Fahrschiene aus demselben Grunde sich nicht abheben konnte. Ein Breitfahren resp. Breitwalzen der leichten Fahrschiene ist ebenfalls nicht eingetreten, wie der Vergleich des Profils derselben mit einer dem ursprünglichen Querschnitt der Schiene genau entsprechenden Schablone ergeben hat. Wie bereits erwähnt, ist keine Schraubmutter lose geworden und daher keine derselben jemals nachgezogen worden. **Es hat sich gezeigt, dass die Federkraft der Klemmhebel reichlich stark ist, um jede anderweitige Schraubensicherung unnöthig zu machen.** Dass unter diesen Verhältnissen die Controle und Unterhaltung der Befestigung die angenehmste und eine auf ein Minimum reducirte ist, dürfte wohl einleuchtend sein. Ebenfalls dürfte, was Zweckmässigkeit und Einfachheit des Klein-eisenzeugs anbetrifft, die Klemmhebelbefestigung von einer bisher angewandten Befestigung (die Haarmann'sche mit einbegriffen) nicht übertroffen werden. Verfasser glaubt, dass sogar noch weniger Klemmhebel genügen, als bei den Versuchsschienen angewandt sind, so dass bei 9 m langen Schwellen vielleicht schon 4—5 Klemmhebel eine hinreichend solide Befestigung erzielen würden.

**Die Verwaltung der Berlin-Hamburger Eisenbahn äussert sich über das System des Verfassers in einem von Letzterem erbetenen Gutachten folgendermaassen:**

**Eiserner Oberbau nach dem System  
„Georg Schwartzkopff“.**

Am 24. Juni 1879 wurden auf dem Bahnhof Berlin der Berlin-Hamburger Eisenbahn in einem Nebengeleise, welches bis zum 1. März 1881 zur Einfahrt sämmtlicher Güterzüge, ausserdem aber während dieser Zeit und auch nachher bis jetzt zu Rangir-Manipulationen benutzt worden ist, einige Schienenlängen des eisernen Oberbaues nach dem patentirten System „Georg Schwartzkopff“ eingelegt.

Dieses System ist zweitheilig, bestehend aus einer eisernen, im Prinzip doppelt T-förmigen Langschwelle und aus der Kopfschiene, welche letztere durch federnde Klemmhebel und Schrauben mit Muttern an dem Stege der Langschwelle befestigt wird. Die Kopfschiene, ebenso wie der Kopf einer Vignolschiene ge-

formt, hat eine schwalbenschwanzförmige Aussparung, in welche der entsprechend geformte Kopf des Steges der Langschwelle und die Klemmhebel eingreifen.

Die federnden Klemmhebel, welche die einzige Befestigung der Fahrschiene mit der Langschwelle bilden, sind 1 cm stark, 9 cm hoch und 8 cm breit und waren in den ersten beiden Monaten in Entfernungen von 0,666 m, später jedoch von 1,332 m von einander angebracht. Die Stösse der Kopf- oder Fahrschiene waren durch etwas breitere Klemmhebel gesichert.

In Ermangelung geeigneter eiserner Langschweller waren statt derselben bei vorliegendem Versuch provisorisch gewöhnliche Vignolschienen zur Anwendung gekommen, deren Kopf für den schwalbenschwanzförmigen Ausschnitt der Fahrschiene eine entsprechende Form erhalten hatte und die zur besseren Lagerung, sowie zur Erreichung einer grösseren Tragfähigkeit des durch Abhobeln geschwächten Profils der hier als Langschwelle dienenden Schiene durch hölzerne Langschweller unterstützt waren.

Die Versuchsstrecke ist in der Zeit vom 25. Juni 1879 bis Ende Februar 1881 täglich bei der Einfahrt von 6 Güterzügen in der durchschnittlichen Stärke von etwa 70 Achsen, also im Ganzen von rot.  $600 \cdot 70 \cdot 6 = 252\,000$  Achsen mit theilweis angezogenen Bremsen befahren worden; ausserdem haben nach ungefährender Schätzung beim Rangiren behufs Besetzung der Laderrampen in der ganzen Versuchszeit vom 25. Juni 1879 bis Mitte Februar 1882 täglich etwa durchschnittlich 20 Achsen, im Ganzen also rot.  $960 \cdot 20 = 19\,200$  Achsen die Versuchsstrecke im Rangirtempo passirt.

Ausser den gewöhnlichen Stopfarbeiten sind an der Versuchsstrecke während der ganzen Zeit vom 25. Juni 1879 bis 14. Februar 1882 keinerlei Regulierungsarbeiten vorgenommen worden, insbesondere ist keine einzige Schraubenmutter der Klemmhebelbefestigung nachgezogen worden.

Am 15. Februar cr. wurde ein Theil des Gestänges des patentirten Systems „Georg Schwartzkopf“ aufgenommen und der Zustand desselben genau untersucht. Bei dieser Untersuchung wurde Folgendes constatirt:

Die Befestigung der Fahrschiene an dem Stege der eisernen Langschwelle durch federnde Klemmhebel mit Schrauben und Muttern hatte sich tadellos und solide erhalten, auch war die einfache Stossverbindung der Fahrschiene durch die etwas breiteren Klemmhebel fest und intact geblieben; weder der Kopf des Steges, noch die Fahrschiene, noch die Klemmhebel zeigten Spuren von Eindrückungen oder Einfressen, überhaupt irgend welcher Deformationen; nach der normalen Lage der Stösse der Fahrschienen zu urtheilen, schien dem sogenannten Wandern der Schienen durch die Befestigung mittelst Klemmhebel ohne jede anderweitige Einklinkung vorgebeugt zu sein, andererseits waren keine Anzeichen dafür vorhanden, dass die Klemmhebelbefestigung einer Dilatation der Fahrschiene bei Temperaturdifferenzen Widerstand geleistet hätte.

Das Aufbringen und Abnehmen, also das Auswechseln der Fahrschienen ist ohne Mühe von jedem Arbeiter in wenigen Minuten zu bewerkstelligen. Schnelles und leichtes Montiren, minimaler Materialverlust beim Auswechseln, einfache Stossverbindung der Fahrschiene, Reducirung des Kleineisenzeugs sind neben der Befestigung mittelst Klemmhebel, welche durch ihre Federkraft jede Schraubensicherung unnöthig machen, fernere Vorzüge dieses Systems.

Im Ganzen kann das diesseits gewonnene Urtheil dahin zusammengefasst werden, dass sich das Gestänge nach dem patentirten System „Georg Schwartzkopff“ in dem Nebengeleise während einer fast dreijährigen Versuchszeit gut und intact erhalten hat und berechtigt dieses günstige Resultat zu der Erwartung, dass die Construction auch in Hauptgeleisen auf freier Strecke für schnellfahrende Züge bei Anwendung einer geeigneten eisernen Langschwelle allen Anforderungen in Bezug auf Solidität entsprechen wird.

Berlin, am 28. Februar 1882.

Der Betriebs-Director  
der Berlin-Hamburger Eisenbahn.

**Moeller.**

J. No. 1705. B. J.

Aus allen diesen bisher angeführten thatsächlichen Resultaten dürfte zur Genüge hervorgehen, dass die wohl allen Anforderungen entsprechende Befestigung einer auf ein Minimum reducirten Fahr- schiene mit einer Langschwelle durch die Construction und Anwendung federnder Klemmhebel somit als gelöst betrachtet werden kann\*).

Es handelt sich nun in zweiter Linie darum, welche Form der Langschwelle zu geben ist. Wenn auch die **I**-Form der Schwelle prinzipielle Vorzüge aufzuweisen hat, so sind doch wiederum andererseits praktische Bedenken gegen diese Form nicht zu läugnen.

Eine Ausnahme bildet natürlich der Fall, in welchem das **I**-Profil nicht die Schwelle sondern die Schiene darstellt. Denkt man sich z. B. eine Schiene mit 13 mm hohem Ablaufkörper, so muss diese Schiene die genügende Tragfähigkeit auch dann noch haben, wenn diese 13 mm abgelaufen sind. Würde man nun nach dem System des Verfassers diese 13 mm Ablaufhöhe ersetzen durch eine besondere Stahlkappe, so hätte man derselben wenigstens eine Höhe von 20 mm zu geben\*\*). Es wäre also allerdings zunächst etwas mehr Material

---

\*) Es ist einleuchtend, dass sich diese Klemmhebelbefestigung mit Vortheil für viele andere Zwecke wird anwenden lassen. Diese Befestigungs- bzw. Verbindungsmethode kann prinzipiell zunächst in allen den Fällen Verwendung finden, in denen es darauf ankommt, eine sichere aber nicht absolut starre Verbindung zwischen zwei Constructionstheilen zu erzielen. So würde z. B. die Befestigung von Handleisten-Eisen, (siehe deutsches Normalprofilbuch für Walzeisen, Aachen 1881) die durch einen Walzdurchgang leicht auf die entsprechende Form gebracht werden können, zweckmässig durch Klemmhebel geschehen, die z. B. für Treppen- oder Brückengeländer dann gegen die Geländerstäbe anzuziehen wären. Ob diese Befestigung nicht auch dazu dienen könnte, eine Blechwand, oder Vertikalen sowie Diagonalen mit den Gurtungen in modificirter Weise zu verbinden, soll hier nur angedeutet, jedoch nicht näher untersucht werden. Jedenfalls lässt die auf ihre Güte bereits erprobte Befestigung bei definitiven und bei provisorischen Constructionsverbindungen eine vielseitige Anwendung zu.

\*\*\*) Die Fahrschiene nach System Winkler hat nur 20 mm Höhe aufzuweisen. Diese Zahl scheint etwas niedrig gegriffen zu sein, da z. B. sich die Radreifen der Locomotiven nur soviel abnutzen dürfen, dass immer noch eine Stärke von 22 mm übrig bleiben muss. Verfasser hat deshalb bei seinen Fahrschienen überall eine Höhe von min. 25 mm an-

erforderlich, um die Ablaufhöhe von 13 mm durch eine mit federnden Klemmhebeln zu befestigende Stahlkappe zu ersetzen, allein der eigentliche Schienenthail bleibt ganz intact und behält stets dieselbe Tragfähigkeit, während eine Auswechslung von Fahrschienen weder in technischer noch in finanzieller Beziehung irgend einen Nachtheil hätte. Als ein nicht zu unterschätzender Vortheil bei Anwendung von Stahlkappen statt der 13 mm Ablaufhöhe kommt noch der Umstand hinzu, dass bei verwechselten Stößen der untere Schienenstoss durch die Stahlkappe wesentlich und sehr günstig verstärkt wird. Würde man sich also entschliessen können, statt der eintheiligen Schienen mit 13 mm Ablaufhöhe, zweitheilige unter Anwendung einer Stahlkappe einzuführen, so würden die theoretischen und die meisten praktischen Nachtheile ersterer Gattung sich wohl vermeiden lassen.

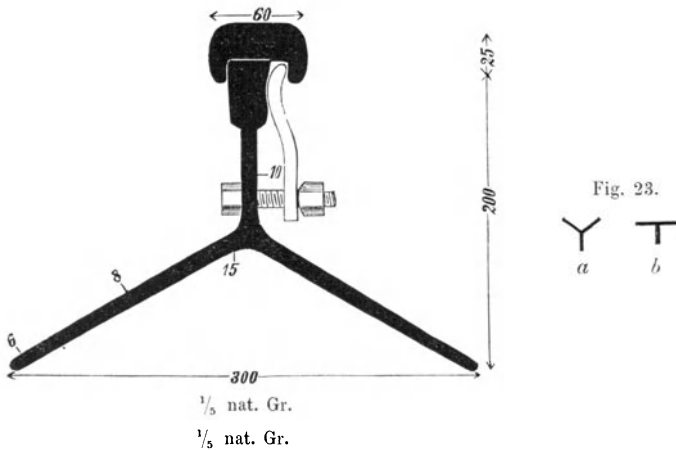
Wird die I-Form jedoch direct auf die Schwelle angewandt, so wird ein mehr oder weniger hartes Fahren und mithin ein unangenehmes Gefühl für die Reisenden und leichter vorkommende Beschädigung der Güter etc. nach den Erfahrungen wohl nicht ausbleiben, wenn auch dem heutigen Standpunkt der Walztechnik entsprechend die Breite des Fusses grösser gemacht werden kann, als noch vor wenigen Jahren, wodurch dann allerdings eine bessere Druckvertheilung und die damit verbundenen Vortheile eintreten würden.

Ebenfalls hätte man ein bereits versuchtes Mittel gegen das harte Fahren in der Anwendung einer elastischen Unterlage aus Gummi, getränktem Leinen oder einem andern sehr dünnen und möglichst elastischen Stoff, welcher auf oder um den Schwellenkopf zu legen wäre. Allein diese Mittel sind mehr oder weniger problematisch und es dürfte sich daher wohl mehr empfehlen, das Profil der Schwelle so zu construiren, dass dasselbe von vornherein eine gewisse Elasticität durch die Anordnung des Fusses besitzt, was vielleicht durch ein Profil erreicht werden kann, welches in Fig. 22 dargestellt ist. Diese Fussform ist den 3 theiligen Systemen nachgebildet, welche durch dieselbe neben einem verhältnissmässig elasti-

---

genommen. Vielleicht genügen jedoch schon 20 mm, um eine Ablaufhöhe von 3—5 mm gestatten zu können.

schen Fahren einen sehr guten Wasserabfluss und ein besseres Eingreifen in den Schotter gestatteten. Eine besondere Schwierigkeit beim Walzen liegt bei diesem Profil nicht vor, da auf vielen Walzwerken die gewöhnlichen T-Eisen in ähnlichen Kalibern thatsäch-



lich vorgewalzt werden, wie dies durch Fig. 23 angedeutet ist. Das anfängliche Profil *a* geht allmählich in die T-Form *b* über.

Was die specielle Kopfform dieser Schwelle und der später zu besprechenden anlangt, so braucht dieselbe nicht unter allen Umständen so hergestellt zu werden, wie es aus Fig. 22 zu ersehen ist. Es braucht nur am oberen Theile desselben eine Conicität und diese eventuell nur einseitig vorhanden zu sein, um ein Abheben der Schiene nach oben hin verhindern zu können. Mithin könnte diese Kopfform sich in der verschiedensten Weise modificiren, wie in den Fig. 14, 16, 17 und 19 angedeutet ist. Auch kann die eine Seite, gegen die sich der Klemmhebel gegenlegt, noch eine Aushöhlung erhalten, in welche sich der Klemmhebel hineinlegt. Man ist bei dieser Anordnung in der Lage, die Breite der Fahrschiene etwas zu reduciren, da die Stärke des Klemmhebels wohl nicht zweckmässig zu verringern wäre. Es muss also immer der nöthige Raum zwischen Seitenlappen der Fahrschiene und zwischen Seitenfläche des Stegkopfes verbleiben, um die Klemmhebel überhaupt bequem einführen und gut anziehen zu können. Aber Ersteres ist prinzipiell zu unwichtig, als dass man hierauf ein be-

sonderes Gewicht zu legen brauchte. Dagegen wird unter Beibehaltung des ganzen trapezförmigen resp. konischen Kopfes das Trägheitsmoment und mithin die Tragfähigkeit des ganzen Systems wesentlich günstig beeinflusst. Es dürfte die mehr oder minder grössere und zu erzielende Vereinfachung beim Walzen eines jeden Profils, in jedem Fall wohl die Entscheidung geben\*).

Was diese Leichtigkeit oder Schwierigkeit des Walzens überhaupt anbetrifft, so liesse sich manches für und wider einwenden. Uneigennützig und competente Fachleute haben jedoch behauptet, dass speciell die Schwierigkeit dieses Profils nicht bedeutend ist, was ja auch in erster Linie die Construction der nöthigen Walzenstrassen für jeden Fall ergeben wird. Dann berechtigt aber auch die tägliche Vervollkommnung der Walztechnik zu der Annahme, dass besonders bei dem gleichzeitigen Gebrauch von Caliber- und Universal-Walzwerken die Schwierigkeiten mehr und mehr verschwinden werden.

Wie schon früher bemerkt wurde, betrug der Ausschuss der Hilf'schen Schwellen im Anfang 80—90 % bei verschiedenen Walzwerken. Trotzdem hat man sich durch diese erschrecklichen Zahlen nicht abhalten lassen, ein System auszuführen und zu adoptiren, welches in anderer Beziehung wieder Vortheile bot, so dass sich die

---

\*) Ob es wohl überhaupt zulässig und zweckmässig wäre, die Conicität des Schwellenkopfes ganz fortzulassen und vielleicht nur einen Seitenlappen der Fahrschiene an der Klemmhebelseite so zu gestalten, dürfte noch näher zu untersuchen sein. Das Walzverfahren würde sich wahrscheinlich in manchen Fällen vereinfachen, dagegen würde die Sicherheit gegen ein Abheben der Schiene nach oben entschieden geringer werden. Es könnten bei sehr grossen Temperaturdifferenzen und bei gleichzeitig zu fest angezogenen Klemmhebeln zwischen diesen sich möglicherweise Deformationen, Wellen oder Ausbauchungen bilden, die ein Abheben der Schiene von der Schwelle veranlassen oder begünstigen könnten. Bei konischer Anordnung von Schwellenkopf und Schienen-aussparung kann dies jedoch, wie auch dreijährige praktische Erfahrung gezeigt hat, nie vorkommen. Man könnte die eine Seite des Schwellenkopfes auch mit einer Nase von beliebigem Profil versehen, um die dann der eine Lappen der Fahrschiene herumgriffe, während der andere in gewöhnlicher Weise angeordnet wäre und functionirte. Allein die Fahrschiene würde dadurch natürlich mehr Material erfordern, an dem bei konischer Anordnung des Schwellenkopfes gespart wird.

bei der Herstellung der Profile erwachsenden Nachtheile mit den Vortheilen der Unterhaltung nahezu compensirten.

Jedenfalls ist klar, dass sich bei der Anordnung von Verfasser's System verhältnissmässig mit sehr wenig Material zunächst ein theoretisch günstigeres Profil wird herstellen lassen, als bei der bisherigen Anwendung von leichteren oder schwereren Schwellen resp. Schienen, da das Trägheitsmoment im cubischen Verhältniss zur Höhe eines Querschnitts wächst und da bei unserem Systeme die Schwelle fast ganz allein die Höhe erhält, die sonst auf Schwelle plus Schiene zusammen aufgewendet wird.

Legt man bei der weiteren Durchbildung des Profils ebenfalls den erforderlichen Werth auf eine rationelle Lage der Schwerlinie, die also möglichst in halber Höhe des Schwellenprofils sich ergeben muss, d. h. also auf eine günstige Materialvertheilung, so nimmt auch das Widerstandsmoment an dem Anwachsen Theil und ein möglichst grosses Widerstandsmoment ist es ja, welches die Tragfähigkeit eines Querschnittes documentirt\*). —

In diesem Sinne hat Verfasser eine Reihe von Profilen construiert, welche möglichst den praktischen Anforderungen in Bezug auf leichte Ausführbarkeit und Unterhaltung entsprechen, dann aber auch in theoretischer Beziehung eine möglichst günstige Druckvertheilung, möglichst niedrige Spannungen in den einzelnen Constructionstheilen, möglichst geringes Gewicht bei möglichst grossem Trägheits- resp. Widerstandsmomente erzielen sollen.

---

\*) Verfasser hat die in den meisten technischen Schriften angewandte Methode: durch Vergleichung der Trägheitsmomente die Güte verschiedener Profile zu erkennen, beibehalten. Beim Langschwellsystem ist eine Vergleichung der Trägheitsmomente motivirt, falls man nur auf den Druck auf die Bettung Rücksicht nimmt. Sobald man aber auch die Spannungen in den Eisenconstructions in Betracht ziehen will, giebt das Trägheitsmoment wieder einen falschen Maassstab.

Beim Querschwellensystem ist es direct falsch, die Trägheitsmomente der Schienen zu vergleichen, da hier nur die Spannungen in der Schiene in Betracht kommen und diese nicht proportional dem Trägheitsmoment sondern dem Widerstandsmoment sind. Die Widerstandsmomente sind aber bei gleichen Trägheitsmomenten oft sehr verschieden.



Hierzu hat in erster Linie wieder die Lehwald'sche Abhandlung „der eiserne Oberbau“ Veranlassung gegeben, in der nachgewiesen ist, dass das verbesserte Haarmann'sche System oder, wie es auch bezeichnet ist, das System der Stadtbahn in allen oben genannten Beziehungen die günstigsten Resultate den andern bisher angewandten Systemen gegenüber aufzuweisen hat.

Verfasser bemerkt hierbei, dass er sich gestattet hat, die in besagter Broschüre zu Grunde gelegten Formeln und Annahmen genau so zu benutzen, wie sie dort manchmal in der von den Originalformeln bereits modificirten und für die Rechnung bequemer zurecht gemachten Weise ausgeführt und aufgestellt sind. Es war dies zur Vergleichung der einzelnen Profile theils erforderlich, theils wünschenswerth, um eine durchschnittliche Uebereinstimmung zu erzielen. Die Trägheitsmomente für die hier in Frage kommenden neuen Profile sind sämmtlich ausgerechnet worden und in jedem Fall durch das bekannte graphische Verfahren, mit Hilfe eines vorzüglich genau arbeitenden verbesserten Polarplanimeters von Ott u. Coradi in Kempten, genau controlirt, wobei sich jedesmal eine fast genaue Uebereinstimmung mit der Rechnung gezeigt hat, so dass die berechneten Resultate wohl als theoretisch richtig angesehen werden können. Es sei uns behufs deutlicher Uebersicht und zur eventuellen Controle gestattet, die Annahmen für die Berechnungen, sowie die Formeln für dieselben der Lehwald'schen Abhandlung zu entnehmen und vorzuschicken.

#### Annahme für die Berechnungen:

$G$  = Radbelastung = 7500 kg (mit Rücksicht auf mögliche Entlastung einzelner Achsen).

$2l$  = Radstand = 140 cm bezw. 180 cm für die Berechnung von  $p$  bezw.  $M$ , da ersterer Werth für  $p_1$ , letzterer für  $M_1$  die grössten Absolutwerthe ergiebt.

Die Constante  $C = 12,5$  für alle Berechnungen.

$b$  = Breite der Langschwelle.

$b_1$  = Breite der Schienenbasis.

$M_1$  = Moment (max. für  $2l = 180$  cm).

$N_1$  = grösste Spannung in der Schiene.

$N_2$  = grösste Spannung in der Schwelle durch Längsbiegung.

$N_3$  = grösste Spannung in der Schwelle durch Querbiegung.

$p_1$  = Druck auf die Bettung (max. für  $2l = 140$ ).

$e_1$  = grösster Faserabstand der Schiene.

$e_2$  = grösster Faserabstand der Schwelle.

$J_1$  = Trägheitsmoment der Schiene.

$J_2$  = Trägheitsmoment der Schwelle.

Formeln für die Berechnung:

$$p_1 = \frac{G \cdot k}{2b} \cdot \frac{e^{2kl} - e^{-2kl} + 2 \sin 2kl}{e^{2kl} + e^{-2kl} - 2 \cos 2kl}$$

$$M_1 = \frac{G}{4k} \cdot \frac{e^{2kl} - e^{-2kl} - 2 \sin 2kl}{e^{2kl} + e^{-2kl} - 2 \cos 2kl}$$

wo

$$k = \sqrt[4]{\frac{C \cdot b}{4E(J_1 + J_2)}}$$

$$N_1 = \frac{M_1 e_1}{J_1 + J_2} \qquad N_2 = \frac{M_1 e_2}{J_1 + J_2}$$

$$N_3 = \frac{p_1 (b - b_1)^2 \cdot 6}{\sigma \cdot \sigma^2} = \frac{3}{4} \frac{p_1 (b - b_1)^2}{\sigma^2},$$

wenn  $\sigma$  die Dicke der Langschwelle an den betreffenden Stellen bezeichnet, wo der Fuss an den eintheiligen Steg oder wo der eine Schenkel des zweitheiligen Steges an den Stegkopf (obere Gurtung des Profils) stösst.

Das System der Stadtbahn (Fig. 24) ergibt nach S. 7 a. a. O.

$$\left. \begin{array}{l} J_1 = 766 \\ J_2 = 114 \end{array} \right\} \text{ in cm}$$

$$e_1 = 6,7 \text{ cm}$$

$$e_2 = 3,3 \text{ cm}$$

$$b_1 = 32 \text{ cm}$$

$$\sigma = 0,9 \text{ cm}$$

$$M = 103\,280 \text{ cmkg}$$

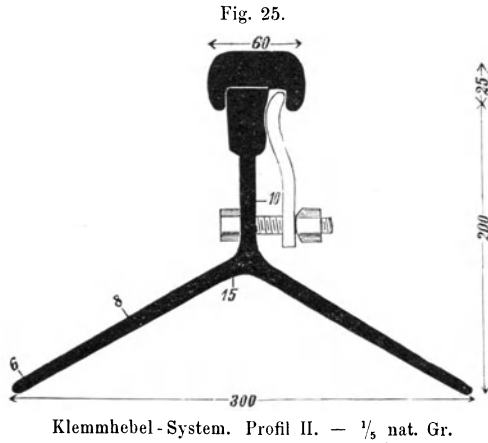
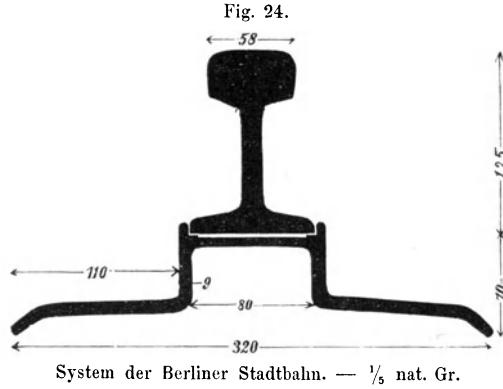
$$p = 1,86 \text{ kg pro qcm}$$

$$N_1 = 786 \quad - \quad - \quad -$$

$$N_2 = 387 \quad - \quad - \quad -$$

$$N_3 = 833 \quad - \quad - \quad -$$

Das durch Fig. 25 dargestellte Profil nach dem System des Verfassers ergibt, wenn mit  $G_1$  das (bei allen Systemen zunächst gleiche)



Gewicht der Schiene und wenn  $G_2$  das der Schwelle, mithin  $G_1 + G_2$  die Summe der Gewichte beider pro lfd. m bezeichnet

$$G_1 + G_2 = 44,4 \text{ kg pro lfd. m}$$

$$J_1 + J_2 = 1455 \text{ in cm}$$

$$M = 117573 \text{ cmkg}$$

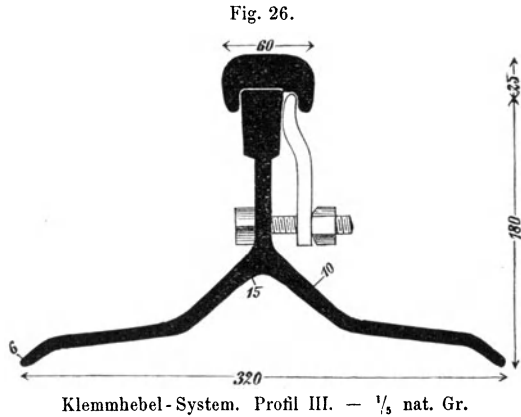
$$p = 1,87 \text{ kg pro qem}$$

$$N_1 = 162 \text{ - - -}$$

$$N_2 = 885 \text{ - - -}$$

$$N_3 = 820 \text{ - - -}$$

Das durch Fig. 26 dargestellte Profil erhält, um die Steifigkeit etwas zu mildern, einen noch kürzeren Steg. Der Druck wird auf möglichst kurzem und directem Wege in den Fuss geführt, welcher eine breite Fläche zu einer guten Stabilität und Druckvertheilung



auf das Bettungsmaterial hat, welches Letzteres durch die umgebogenen Enden des Fusses zusammengehalten werden soll. Das Fahren auf diesem Profil wird noch elastischer, als beim vorigen sein. Die Berechnungen ergeben:

$$G_1 + G_2 = 44,25 \text{ kg pro lfd. m}$$

$$J_1 + J_2 = 1337 \text{ in cm}$$


$$M = 105\,300 \text{ cmkg}$$

$$p = 1,80 \text{ kg pro qcm}$$

$$N_1 = 157 \text{ - - -}$$

$$N_2 = 858 \text{ - - -}$$

$$N_3 = 900 \text{ - - -}$$

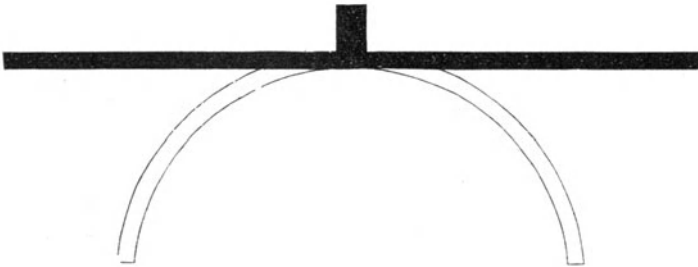
Wenn die Anwendung eines sehr hohen Kiesrückens zwischen den Seitenwänden der Schwelle auch beim System Barlow und einem älteren System von Heusinger keine günstigen Erfolge erzielt hat, so liegt dies doch wesentlich in der Form der betr. Schwelle, welche in beiden Fällen im Innern des Profils convex, also so  angeordnet war. Bei dieser Form ist es auch erklärlich, dass das eingeschlossene Bettungsmaterial bei Erschütterungen des Gestänges die Tendenz haben wird, an den Seiten herabzuleiten.

Anders ist es jedoch mit der in Fig. 28 dargestellten Anordnung, bei der das Profil der Schwelle kreisförmig, elliptisch oder parabolisch oder nach sonst einer zweckentsprechenden Curve geformt sein kann. In allen diesen Fällen wird das Bettungsmaterial durch die Profile zusammengehalten und würde daher in dieser Beziehung eine Schwierigkeit wohl nicht entstehen können. Man könnte das Zusammenhalten des Bettungsmaterials noch dadurch fördern, dass man die Profile unten etwas zusammendrückt.

Was die Herstellung dieses Profils anbelangt, so lässt es sich, wenn man es nicht in gewöhnlicher Weise in Caliberwalzwerken herstellen und dabei die Anwendung starker Walzen vermeiden will, in folgender Weise fabriciren:

Zunächst wird eine Platte mit kurzem Steg (Fig. 27) hergestellt,

Fig. 27.

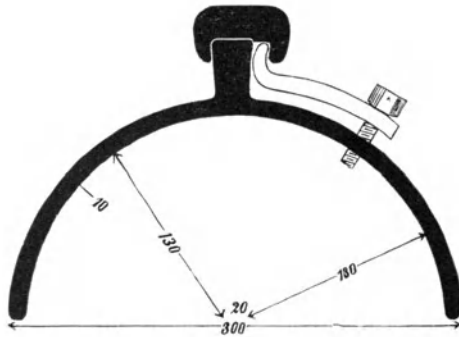


$\frac{1}{2}$  nat. Gr.

darauf passirt diese Form, nachdem die vorderen Enden mit Hämmern vor Hand oder auf einem kurzen Gesenk in warmem Zustande kreisförmig oder sonst der betreffenden Curve entsprechend umgebogen sind, nochmal ein Caliberwalzwerk, dessen Walzen nun bedeutend schwächer sein können, da sie jetzt nur das Biegen des Profils zu besorgen haben. Zum Schluss geht dasselbe durch ein Universalwalzwerk, dessen vertical angeordneten Walzen dem Steg nunmehr die gewünschte konische oder sonstig profilirte Form geben. Bei der in letzterer Zeit vermehrten Anwendung von Universalwalzwerken dürfte die Herstellung keine grossen Schwierigkeiten machen. Ausserdem giebt es so mannigfache Mittel, um dem obersten Theil des Kopfes der Schwelle die geringe Conicität zu geben, welche, wenn auch nicht direct für die Befestigung, so doch deshalb zweckmässig

und erforderlich zu sein scheint, um auf jeden Fall ein Abheben der Schiene von der Schwelle sicher zu verhindern.

Fig. 28.

Klemmhebel-System. Profil IV. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Die Berechnungen für dieses Profil (Fig. 28) ergeben folgende Resultate:

$$G_1 + G_2 = 52,04 \text{ kg pro lfd. m}$$

$$J_1 + J_2 = 1195 \text{ in cm}$$

$$M = 105\,818 \text{ cmkg}$$

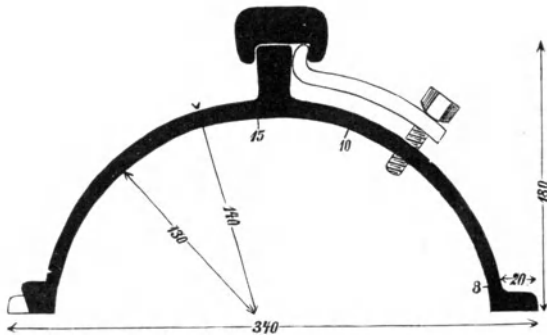
$$p = 1,93 \text{ kg pro qcm}$$

$$N_1 = 177 \text{ - - -}$$

$$N_2 = 890 \text{ - - -}$$

$$N_3 = 788 \text{ - - -}$$

Fig. 29.

Klemmhebel-System. Profil V. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Will man aus Gründen der Stabilität noch eine Art Fuss herstellen, so entsteht das Profil, welches Fig. 29 zeigt mit rechtsseitigem Fuss.

Will man auf eine vergrösserte Stabilität verzichten, so kann man den Fuss, wie linksseitig angedeutet ist, schneidenartig gestalten. Es sollen bei dieser Anordnung unvortheilhafte Querspannungen vermieden werden, die im andern Falle vorkommen können, wenn z. B. die horizontale Fussleiste durch das Bettungsmaterial nur theilweise unterstützt und unterstopft ist. Es lassen sich jedoch z. B. Horizontal-schübe durch eine einfache Verankerung leicht aufheben, wie dies auch später noch bei Besprechung der mehrtheiligen Langschwellen näher gezeigt werden soll. Bei den Vautherin'schen Querschwellen will man zuerst gefunden haben, dass der horizontale Fuss sich da, wo die Bettung weniger nachgiebig ist, fest auflagert und zu unvortheilhaften Querbiegungen Veranlassung gegeben hat, die sogar ein Brechen und Reißen des Profils an der Stelle ermöglicht haben, wo Kopfplatte und Steg zusammen stossen. Ob dieser Uebelstand nicht durch einfache Verankerung des Fusses (pro Querschwelle etwa durch 2 Zugbänder) hätte vermieden werden können, ist nicht nur fraglich, sondern sogar wahrscheinlich. Jedenfalls wird die Stabilität eines Profils mit horizontalen Füßen immer grösser sein, als mit schneidenartigen.

Das mit rechtsseitigem Fusse angeordnete Profil ergibt:

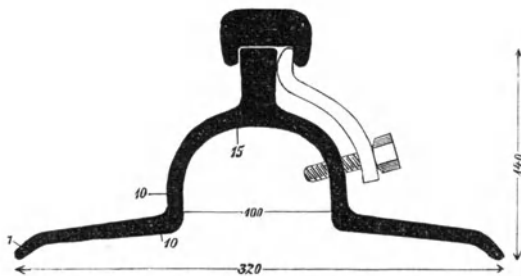
$$\begin{aligned}
 G_1 + G_2 &= 51,9 \text{ kg pro lfd. m} \\
 J_1 + J_2 &= 1425 \text{ in cm} \\
 M &= 105\,300 \text{ cmkg} \\
 p &= 1,69 \text{ kg pro qcm} \\
 N_1 &= 148 \quad - \quad - \quad - \\
 N_2 &= 715 \quad - \quad - \quad - \\
 N_3 &= 900 \quad - \quad - \quad -
 \end{aligned}$$

Da das System Haarmann auch durch die Form der Schwelle so günstige Resultate aufzuweisen hat, so liegt es nahe, diese Form im Prinzip auch für unser System zu verwerthen, wobei sogar verschiedene Nachtheile der Haarmann'schen, sowie auch der Stadtbahn-Schwelle in Bezug auf Ansammlung des Wassers hier vermieden werden, da sich nirgends Wasser ansammeln kann, sondern

überall abfliessen muss. Fig. 30 zeigt solches Profil, das folgende Resultate aufweist:

$$\begin{aligned} G_1 + G_2 &= 48,7 \text{ kg pro lfd. m} \\ J_1 + J_2 &= 807 \text{ in cm} \\ M &= 102\,202 \text{ cmkg} \\ p &= 1,88 \text{ kg pro qcm} \\ N_1 &= 253 \text{ - - -} \\ N_2 &= 1000 \text{ - - -} \\ N_3 &= 880 \text{ - - -} \end{aligned}$$

Fig. 30.

Klemmhebel-System. Profil VI. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Dieses Profil\*) liesse sich wohl sicher auf gewöhnliche Weise walzen, wobei die Conicität des Kopfes der Schwelle wieder durch

\*) Wie bei der Besprechung des Haarmann'schen Systems bereits mitgetheilt, sind bei der neuesten Modifikation desselben auf der Hannoverschen Staatsbahn die Flügelenden des Fusses der Langschwelle scharf nach einem Viertelkreis umgebogen, um bei Nässe das Herausquellen des Bettungskieses zu verhindern, was durch die früheren Anordnungen nicht genügend zu erreichen war. Diejenige der Hannoverschen Staatsbahn soll gute Resultate geliefert haben. Verfasser hat daher diese scheinbar auch zweckmässige Modifikation ebenfalls für seine Schwellenform verwerthet. Die **Titelfigur** dieser Abhandlung giebt ein Bild des betreffenden Systems in  $\frac{1}{5}$  nat. Gr. Ausserdem ist Verfassers Klemmhebelsystem in dieser Modifikation auf **Tafel III.** in halber natürlicher Grösse wiedergegeben. Auch ist die Stossverbindung der Schwelle mittelst eines Schwellenstuhls, ähnlich dem bei der Hannoverschen Staatsbahn angewandten, näher angegeben. Ein Zusammendrücken des Profils ist bei Verfassers System



vertikale Walzen eines Universalwalzwerks oder durch Stauchen desselben herzustellen wäre. Es ist klar, dass man bei nur geringer Erhöhung der Stege ein noch viel besseres Rechnungsergebnis erhält. Wird die Steghöhe und somit die Höhe des ganzen Systems z. B. nur 2 cm vergrößert, so erhält man (Fig. 31)

$$G_1 + G_2 = 52,5 \text{ kg pro lfd. m}$$

$$J_1 + J_2 = 1284 \text{ in cm}$$

$$M = 105\,465 \text{ cmkg}$$

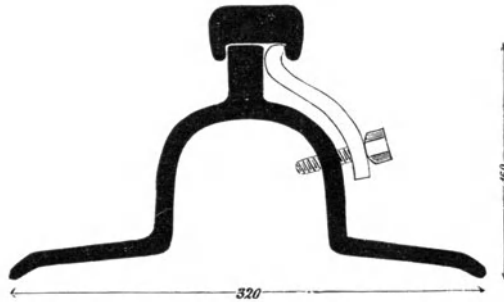
$$p = 1,81 \text{ kg pro qcm}$$

$$N_1 = 164 \text{ - - -}$$

$$N_2 = 750 \text{ - - -}$$

$$N_3 = 850 \text{ - - -}$$

Fig. 31.

Klemmhebel-System. Profil VII. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

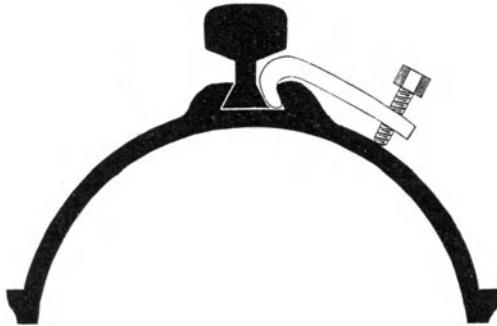
nicht zu befürchten, eher ein Auseinandergehen, wenn ein starker Horizontalschub auftreten sollte. Um diesen unwirksam zu machen, sind in unterer Verlängerung der beiden Seitenstege **zwei keilförmig angeordnete Rippen** angewalzt gedacht, welche sich in entsprechende Vertiefungen des Schwellenstuhls hineinlegen. Nachdem die durch die Fussflügel der Schwelle gehenden Schrauben fest angezogen sind, ist nunmehr ein Auseinandergehen der Stege der Schwelle nicht mehr möglich und **die Stossverbindung wird voraussichtlich eine höchst solide sein.** Die beiden kleinen Rippen beanspruchen nur sehr wenig Material, erhöhen jedoch immerhin die Tragfähigkeit des Profils und verhindern in wirksamer Weise ein Auseinanderbiegen des Schwellenprofils. Aber auch ohne diese Rippen liesse sich unter Benutzung von geeigneten Sattelstücken jedenfalls ohne Schwierigkeit eine gute Stossverbindung erreichen.

Man sieht hieraus, um wieviel günstiger sich bei Mehranwendung von verschwindend geringem Material sämtliche Positionen stellen lassen. Vorläufig wird allerdings noch die Herstellungsfrage mit zu bestimmen und zu entscheiden haben. Aber wir geben uns der wohl gerechtfertigten Hoffnung hin, dass der rastlos thätige menschliche Geist auch binnen Kurzem die Schwierigkeiten aus dem Wege geräumt haben wird, welche einer Verwirklichung der so viel Erfolg versprechenden theoretischen Probleme in unseren Tagen vielleicht noch hinderlich sein könnte.

Selbstverständlich lassen sich alle diese Formen noch vielfach modificiren, doch es würde zur Zeit keinen weiteren Zweck haben, hier vielleicht noch mehr ähnliche Profile anzugeben und ihre Vorzüge nachzuweisen.

Nur eine wesentlichere Modifikation der bisher vorgeschlagenen Profile mit Klemmhebelbefestigung ist noch in Fig. 32

Fig. 32.

Klemmhebel-System für Fahrschiene mit Steg. —  $\frac{1}{3}$  nat. Gr.

dargestellt. Dieselbe lässt natürlich besonders in Bezug auf die Schwellenform wieder viele Varianten zu.

Die theoretischen Resultate ergeben ungefähr dieselben Werthe, wie die vorher besprochenen Profile und können daher bei einer gegenseitigen Vergleichung zu Grunde gelegt werden.

Die beiden nach der Schiene zu geneigten Seitenlappen ersetzen ungefähr den sonst konisch gehaltenen Kopf der Schwelle und würden auch durch ein Universalwalzwerk beim letzten Durchgange schräg gedrückt. In Bezug auf die Herstellung hätte diese Anordnung

vielleicht Vorzüge, allein für die Schiene wird offenbar mehr Material beansprucht und es würde sich in der offenen Längsrinne immerhin ein hässlicher Wassersack bilden, der im Winter leicht zu Eisbildungen und Ausfrieren Veranlassung geben und überhaupt das Rosten von Schienen und Schwellen sehr beschleunigen könnte. Auch scheint die Stabilität der Schiene, besonders im Vergleich zu der bisherigen Anordnung der Befestigung und in Bezug auf ihre schmale Auflagerfläche nicht zu genügen, wenn auch andererseits ein genügendes Festklemmen der kleinen Schiene wohl durch die Klemmhebel erzielt werden dürfte, da diese Befestigung ähnlich wie die der Stuhlschienen wirkte.

Der Wassersack liesse sich vermeiden, indem man die Befestigungsleisten nicht durchgehend anordnet, sondern indem man einzelne Lappen aus dem Kopftheil der Schwelle herausbiegt. Diese Lappen können dann in Verbindung mit den Klemmhebeln eine Befestigung der Fahrschiene bewirken. Wir kommen auf diese letzte Anordnung bei der Befestigung ganzer Schienen (mit breitem Fuss) auf Langschwellen zurück und haben diese Modifikation (Fig. 32) nur der Vollständigkeit wegen angeführt und um ferner zu zeigen, wie in diesem Falle die Schraube des Klemmhebels, welcher hier das Gewinde enthält, als Druckschraube wirken kann, ohne dass Schwelle oder Schiene irgend eine Durchlochung nöthig hätte und um zu bemerken, dass diese Anordnung den Impuls dazu gegeben hat, die Befestigungsmethode mittelst Klemmhebel auch für gewöhnliche Fusschienen anzuwenden, was weiter unten noch gezeigt werden soll.

Bei allen den bisher besprochenen Systemen des Verfassers, mit Ausnahme des ursprünglichen **I**-förmigen und auch wohl der dreiflügeligen Schwelle und des Profil VI, spielt wohl die Herstellungsfrage eine Hauptrolle. Es lässt sich annehmen, dass das Walzen der betreffenden Profile wohl möglich, aber vielleicht auch viele Kosten erfordern dürfte. Die heutige Anschauung über die Herstellung von eisernen Trägern geht ja auch dahin, einen aus einem Stück herzustellenden Träger, dessen Fabrikation zu schwierig und zu kostspielig ist, durch eine Construction zu ersetzen, die aus verschiedenen Theilen zusammengenietet ist. Eine gleiche Tragfähigkeit lässt sich in beiden Fällen bei fast gleichem Materialaufwand erzielen. Es

handelt sich in der Hauptsache nur bei gleicher Sicherheit darum, was billiger herzustellen ist.

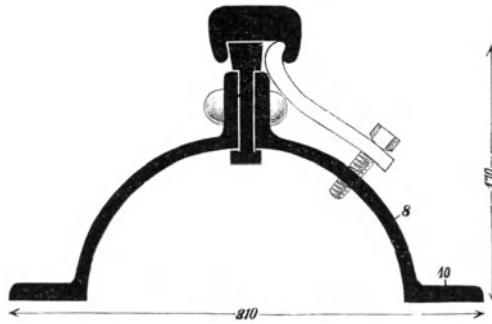
Diesen Punkt berücksichtigend hat Verfasser geglaubt, unter Umständen das Prinzip der Zweitheiligkeit des Langschwellsystems verlassen zu dürfen und scheinbar zu älteren Constructionen zurückzugreifen, deren Form es ermöglicht, sein System mit der Minimal-Schiene auch auf zusammengesetzte Schwellen anzuwenden. Hierbei muss allerdings vorausgeschickt werden, dass eine solche zusammengesetzte Schwelle nicht etwa wie eins der „dreitheiligen“ Systeme zu betrachten ist, von denen die meisten aus gewichtigen praktischen Gründen wieder beseitigt sind, da vor allen Dingen eine nöthige Dilatation der einzelnen Theile nicht wohl erzielt werden konnte, ohne die Stabilität des Gestänges zu beeinträchtigen u. s. w.

In den hier gleich näher erläuterten und durch Figuren veranschaulichten Profilen soll die aus mehreren Theilen hergestellte Schwelle als ein Theil, **als ein Träger** betrachtet werden, wie es z. B. auch bei den Brückenträgern geschieht. Schon vor 30 Jahren hatte man in Amerika „zusammengesetzte“ Schienen mit getrenntem Kopf und solche mit nicht getrenntem Kopf. Die Vorzüge dieser Schienen bestanden im Wesentlichen darin, dass im ersteren Falle eine gute Deckung des Stosses eintrat und daher die Regelmässigkeit der Lage des Gestänges in hohem Grade erhalten blieb, und dass ferner die Stösse der Räder selbst sehr gemässigt ausfielen. Die zweite Art bezweckte auch eine möglichst vollständige Deckung der Stösse, besonders aber die Möglichkeit den Kopf für sich auswechseln zu können. Entschiedene Nachtheile dieser beiden Constructionen bestanden darin, dass sehr viel Material in den Stegen aufgehäuft werden musste, dass ein äusserst genaues Walzen mehrerer Profile für eine Schiene nöthig war und dass keine genügende Vorkehrung getroffen war, um eine Entfernung der einzelnen Theile in vertikalem Sinne zu verhindern, was den Nieten und Schrauben allein nicht zugemuthet werden kann.

Wenn es nun gelingen würde, diese Nachtheile vollständig zu beseitigen, so bleiben nur noch die Vortheile eines Systems übrig, welches nunmehr auch in modificirter Weise angewendet werden kann.

Aus diesen Betrachtungen und Thatsachen ist untenstehendes Profil entstanden (Fig. 33), das trotz der verschiedenen Theile der Schwelle voraussichtlich sehr billig und bequem herzustellen ist, da z. B. die Quadranteisen im Handel zu beziehen sind (siehe deutsches Normal-Profil-Buch) und nur das kleine I-förmige Zwischenstück extra gewalzt zu werden braucht, abgesehen von der Fahrschiene,

Fig. 33.

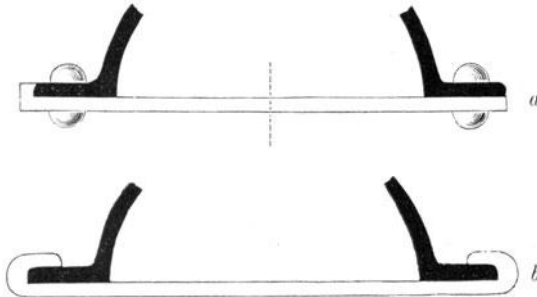
Klemmhebel-System für zusammengesetzte Langschwellen. Profil VIII. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

welche wieder die frühere Form erhält. Dieses Zwischenstück, das zur Tragfähigkeit des Profils wesentlich beiträgt, bildet an einem Ende den konischen Kopf der Schwelle und verhindert durch seinen untern Ansatz ein Verschieben der beiden Quadrantprofile in vertikaler Richtung. Ein Niet pro lfd. m. würde genügen zur soliden Befestigung dieser 3 Theile und alle Meter würde der untere Theil der Schwelle durch ein Eisen verbunden resp. verankert werden, wie dies angedeutet ist durch Fig. 34a und 34b. Ein warmes oder kaltes Aufziehen dieser verhältnissmässig schwachen Eisen würde ein Vernieten derselben mit den Fussflantschen der Schwelle sogar entbehrlich machen. Jedenfalls kann es keine Schwierigkeiten machen, den bei Belastung der Schwelle in den Quadranteisen entstehenden Horizontalschub durch die vorgeschlagenen\*) oder durch andere Mittel aufzuheben und somit ein Beanspruchen der oberen Niete auf Abscheeren oder Abbiegen nicht befürchten zu lassen.

\*) Auch für diese Profile würde, wie bereits weiter oben angedeutet ist, eine **diaphragmaartige Ausbildung** dieser Eisen vermuthlich nicht unrationell sein.

Eine Verschieblichkeit der Quadranteisen in vertikalem Sinne kann jedoch nicht eintreten, da sonst der Querschnitt der unteren kleinen Gurtung des Zwischenstücks erst abgescheert werden müsste, was

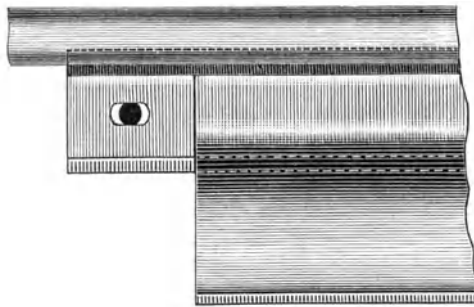
Fig. 34.



$\frac{1}{5}$  nat. Gr.

jedoch durch entsprechende Stärke des letzteren auf alle Fälle zu verhindern ist. Die Stossverbindung könnte bei diesem System eine sehr vollkommene sein, wenn der Stoss des Zwischenstücks gegen den der Quadranteisen versetzt würde, wie Fig. 35 es zeigt.

Fig. 35.



Ansicht des Schwellenstosses für eine zusammengesetzte Schwelle des Klemmhebel-Systems. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Es genügt dann voraussichtlich das Trägheitsmoment von Zwischenstück plus Schiene ohne weitere umständliche Schwellenverlaschung. Die Schwellen könnten dann zweckmässig ein Winkel- oder sonstiges Eisen unter der Stossstelle erhalten. So scheint dieses System,

trotzdem auf ältere Constructions dabei zurückgegriffen ist, sich als ein sehr billiges und dabei tragfähiges und solides zu gestalten. Ein Versuch mit dieser Anordnung ist ohne grosse Kosten gegenüber den modernen Profilen leicht anzustellen, da die Quadranteisen von den meisten Walzwerken zu beziehen sind und sich im deutschen Normal-Profil-Buch unter No. 10 (links) dieser Gattung Profileisen verzeichnet finden. Die Berechnung für dieses System hat Verfasser ebenfalls durchgeführt und beweisen die sehr günstigen Zahlen, dass die Materialvertheilung keineswegs eine schlechte zu nennen ist. Für die in der betreffenden Figur 33 näher bezeichneten Dimensionen erhält das System ein Gewicht von

$$\begin{aligned} G_1 + G_2 &= 51,9 \text{ kg pro lfd. m} \\ J_1 + J_2 &= 1414 \text{ in cm} \\ M &= 106\,700 \text{ cmkg} \\ p &= 1,86 \text{ kg pro qcm} \\ N_1 &= 150 \quad - \quad - \quad - \\ N_2 &= 683 \quad - \quad - \quad - \\ N_3 &= 550 \quad - \quad - \quad - \end{aligned}$$

Bei geringem Gewicht und sehr geringen Spannungen hat das Profil ein sehr grosses Trägheitsmoment und eine ebenso günstige Druckvertheilung wie das System der Stadtbahn.

Dass man auch bei diesem System vielfach und rationell variiren kann, ist klar und es wird genügen, wenn wir nebenstehende Schwellenform (Fig. 36) ohne weiteren Text wiedergeben. Ebenfalls

Fig. 36.

Zusammengesetzte Schwelle für das Klemmhebel-System. —  $\frac{1}{3}$  nat. Gr.

liesse sich die Schwelle zweitheilig, aber auch vernietet, herstellen. Man denke sich das Mittelstück fort und dem Ganzen einen ent-

sprechenden Kopf gegeben, sowie gegen eine Vertikalverschiebung die entsprechenden Mittel angewendet. Allein augenscheinlich sind die ersteren Profile besser.

Was das Biegen dieser Schwellen für Curven anbetrifft, so lässt sich der heutige Standpunkt der Walztechnik in dieser Beziehung dahin präcisiren, dass ein Bedenken hiergegen wohl nicht mehr als ein stichhaltiger Grund angesehen werden kann. Man braucht sich nur zu vergegenwärtigen, wie heut zu Tage Hilf'sche und Haarmann'sche Schwellen gebogen werden. Vor einigen Jahren hätte man dies beinahe für unmöglich gehalten. Aber heute ist man zu der Erkenntniss gekommen, dass man über ein Profil im warmen Zustande wohl in den meisten Fällen Herr ist.

Die Construction mehrtheiliger Schwellenprofile legt den Gedanken nahe, **alte breitbasige Schienen** statt des **I**-förmigen Mittelstücks zu verwenden. Diese Schienen sind dann mit der Basis nach oben gekehrt anzuordnen, deren Fläche der Fahrschiene direct als Auflager dient. Wenn auch die ganze Anordnung und die eigentliche Schienenbefestigung, von der im folgenden die Rede sein soll, von den bisher besprochenen Arten abweichen, so möge es doch gestattet sein, auf diese Construction näher einzugehen, da dieselbe sich aus den letzt angeführten mehrtheiligen Profilen entwickelt und einen Punkt berücksichtigt, den Verfasser aus leicht erklärlichen Gründen bisher überhaupt vernachlässigen durfte, nämlich: **die Entwässerung der Geleise**, über die wir einige Worte vorausschicken wollen. Wie die Erfahrung\*) gelehrt hat, bildet sich sowohl unter den Langschwellen, als auch unter den Querschwellen durch das oft wiederholte Stopfen ein fester Kiesrücken resp. ein stark comprimirter und daher wenig durchlässiger Erdkörper, welcher den Abfluss des zwischen den Geleisen sich ansammelnden Wassers verhindert oder doch sehr erschwert. Wenn es gelingen würde, diese undurchlässigen Erdkörper zu vermeiden, so wäre hierdurch die Möglichkeit einer besseren Entwässerung, als die Langschwellsysteme bisher zugelassen haben, gegeben. Voraussichtlich lässt sich eine dazu erforderliche Construction der Langschwellen aber nur auf Kosten des Materials und der Construction herstellen. Bei Benutzung von alten

---

\*) Siehe „Lehwald: der eiserne Oberbau.“ Seite 66 u. f.



abgefahrenen Schienen dürfte letzterer Uebelstand indess vermieden werden\*). Während sich der Preis von neuen Stahlschienen auf 190—200 Mk. pro 1000 kg beläuft, beträgt der Altwerth dieser abgefahrenen Schienen 70—75 Mk. oder sogar noch weniger pro 1000 kg. Letztere sind also um das  $2\frac{1}{2}$  bis 3fache billiger, als neue Schienen. Rechnet man den Anschaffungswerth der eisernen Schwellen im Durchschnitt zu 175 Mk. pro 1000 kg, so sind diese also rot.  $2\frac{1}{2}$  mal so theuer, als alte abgefahrene Schienen, die zu Schwellen benutzt würden. Das Trägheitsmoment der bisher gebräuchlichsten Langschwellen verhält sich aber zu dem der dazugehörigen abgefahrenen Schienen wie 1:4. Mit kurzen Worten heisst dies also: Während die alten abgefahrenen Schienen um das  $2\frac{1}{2}$ fache billiger sind, als neue eiserne Schwellen, so haben erstere trotzdem ein 4 mal so grosses Trägheitsmoment, als letztere. Diese äusserst günstigen Resultate dürften es vielleicht räthlich scheinen lassen, zu untersuchen, ob und wie sich solche alten Schienen behufs Herstellung eines Gestänges verwerthen lassen. Ordnet man die Lage der alten Schienen derartig an, dass sie für die eigentlichen Fahrschienen das Auflager und zugleich die dem Langschwellsystem eigenthümliche continuirliche Unterstützung bilden sollen, so muss die Basis dieser alten Schienen nach oben gekehrt sein. Durch eine geeignete Verbindung dieser beiden verti-

---

\*) Die Benutzung alter Eisenbahnschienen für den Lang- und Querschwellenoberbau ist schon Mitte der 60er Jahre, allerdings in anderer Construction, als Verfasser sie angiebt, vorgeschlagen. Zunächst ist wohl das System Paulus als 3theilige Construction zu erwähnen. Siehe Monatsschrift des österr. Ing. und Arch.-Vereins 1866, Heft 4 und Organ f. d. F. d. E. 1867, S. 119. Dann ist Hohenegger's Altschienen-System zu nennen, welches sich im Organ f. d. F. d. E. 1879, S. 78 u. 80 beschrieben findet. Ein anderer eiserner Oberbau aus Altschienen ist von Plate, Obergeringieur etc. in Wien, construiert und vom Erfinder im Heusinger'schen Organ 1879, S. 254—257 beschrieben worden. Ueber die Anwendung alter Schienen für Querschwellen siehe im Capitel „Querschwellenoberbau“ dieser Abhandlung.

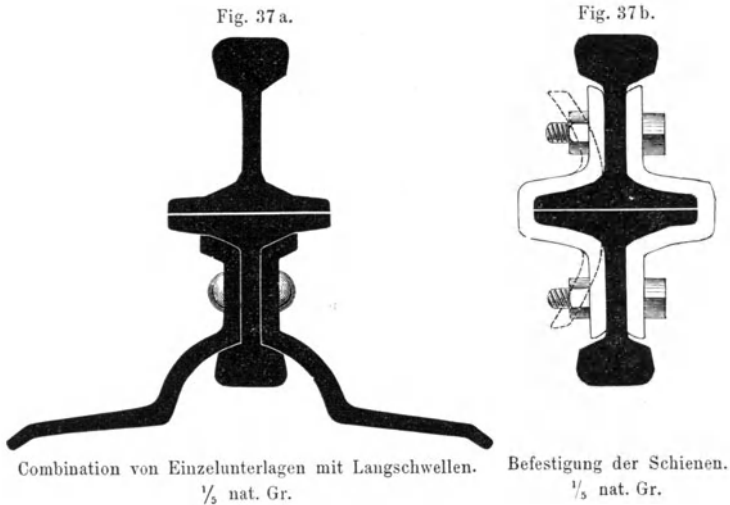
Heusinger von Waldegg giebt in seinem Handbuch für specielle Eisenbahntechnik, (1878) noch mehrere derartige Systeme an, die aber meist wohl nur als Project anzusehen sind.

kalen (resp. der üblichen Schienenneigung entsprechend angeordneten) und sich mit den Grundflächen berührenden Schienen liesse sich zunächst eine bedeutende Tragfähigkeit dieses Profils erreichen. Die um 13 mm abgelaufene Schiene des neueren Systems der Rheinischen Bahn hat beispielsweise ein Trägheitsmoment von 588 in cm. Hierzu tritt das Profil der neuen Schienen mit 823. Dies ergibt zusammen ein Trägheitsmoment von 1411 in cm, welches nach der zulässigen Abnutzung der Fahrschiene immer noch  $588 + 588 = 1176$  beträgt, während das bisherige Profil genannter Bahn im Anfang nur ein Trägheitsmoment von 983 erreicht und nach erfolgter zulässiger Abnutzung der Ober-Schiene auf 748 heruntergeht. Aus diesen Zahlen geht hervor, eine wie grosse Tragfähigkeit und Steifigkeit in der Längsrichtung sich für die vorgeschlagene Anordnung erreichen lässt. Dass auch in der Querrichtung die vorgeschlagene Anordnung eine bedeutende Steifigkeit und Widerstandsfähigkeit ergibt, geht aus der Betrachtung eines solchen zusammengesetzten Profils ohne Weiteres hervor, das in seinem mittleren Theil den kreuzförmigen Querschnitt aufweist. Jetzt handelt es sich zunächst um Beantwortung der Frage: „Wie verhält sich solches System in Bezug auf Stabilität und auf Druckvertheilung auf die Bettung? Es muss bedingungslos zugegeben werden, dass die beiden Schienen in ihrem jetzigen Zustande auch nicht das Geringste in diesen beiden Beziehungen leisten können. Ein einfaches Mittel dürfte jedoch genügen, um auch diesen Anforderungen gerecht zu werden. Denkt man sich die untere alte Schiene mit seitlichen Profilen vernietet, wie es Fig. 37 aufweist, so erfüllen solche geeigneten Profile wohl alle Anforderungen in Bezug auf Stabilität und Druckvertheilung. Da jedoch die untere Schiene eine bedeutende Tragfähigkeit\*) besitzt, so genügt es jedenfalls, wenn diese seitlichen Profile nun nicht mehr durchgehend angeordnet werden, sondern nur in gewissen Entfernungen z. B. von 1,5 m. Diese Seitenprofile bilden also gewissermaassen Einzel-

---

\*) Wenn auch berücksichtigt wird, dass alte Schienen eine geringere Arbeitsfestigkeit haben, als neue und daher wegen der geringeren Spannungen, denen sie ausgesetzt werden dürfen, weniger tragfähig sind, so ist die Tragfähigkeit solcher Schienen trotzdem doch noch viel bedeutender, als die der bisher üblichen Schwellen.

unterlagen, die möglichst tief in die Bettung eingreifen und vielleicht eine Länge von ca. 50 cm erhalten. Dieses System wäre zweckentsprechend zu bezeichnen als **eine Combination von Einzelunterlagen mit Langschwelen**. Die Einzelunterlagen, die mehrtheilig, aber auch eintheilig sein können, haben für die nöthige Sta-



bilität und für eine gute Druckvertheilung auf die Bettung zu sorgen, während die Langschwelle, welche durch eine alte abgefahrene Schiene gebildet wird, die Tragfähigkeit des Systems herzustellen hat. Spurstangen oder sonstige zweckentsprechende Mittel würden dann die sichere Lage der Geleise noch zu erhöhen haben.

Auf Grund dieser Betrachtungen hat Verfasser einige Profile construiert, die eine **Combination von Einzelunterlagen mit Langschwelen** bilden und die jetzt näher besprochen werden sollen.

In Fig. 37 ist ein derartiges System dargestellt.

Die Form der in rationeller Weise beliebig profilirten Einzelunterlage nähert sich hier z. B. der Haarmann'schen. Sollte ein Aufbiegen der unteren Füße zu befürchten sein, so ist dem event. Uebelstand leicht durch ein Zugband oder durch ein Diaphragma abzuhelpen. Die Befestigung der beiden Schienen ist aus der rechtsseitigen Figur (b) zu ersehen und wird gewissermaassen hergestellt durch eine Art Laschenverbindung, die jedoch wieder aus Feder-

stahl hergestellt gedacht ist. Die nach dem erforderlichen Profil hergestellten ca. 5—6 cm breiten federnden Stahlstücke umklammern die Schienenfüsse und lehnen sich dicht an die Stege, nachdem die Schrauben angezogen sind. Die Federkraft dieser Laschen macht wieder, wie bei dem federnden Klemmhebel, jede Schraubensicherung unnöthig. Die Gestalt der Laschen im ursprünglichen Zustande, d. h. wenn die Schraubenmutter noch nicht angezogen sind, ist durch die punktirten Linien angegeben. Eine besondere Stossverbindung der Fahrschiene, der Tragschiene (Langschwelle) oder der Einzelunterlage ist nicht erforderlich, da die einzelnen Constructionstheile ihre Stösse völlig und unter Berücksichtigung der Dilation decken\*). Ein Unterstopfen der eigentlichen Langschwelle findet nunmehr nicht statt, sondern beschränkt sich lediglich auf die Einzelunterlagen, die nun ganz besonders sorgfältig gelagert werden können. Eine Entwässerung ist ferner nach allen Seiten hin möglich, sowohl in der Längs- als auch in der Querrichtung der Geleise. Tafel IV giebt ein Bild dieses Gestänges, das sowohl in Bezug auf Profilirung der Einzelunterlagen, als auch auf Anordnung der federnden Befestigungslaschen verschiedentlich modificirt sein kann. Das Gewicht eines solchen Gestänges ist um das der Einzelunterlagen schwerer, als die üblichen Langschwellsysteme. Trotzdem wird sich der Preis bedeutend geringer stellen.

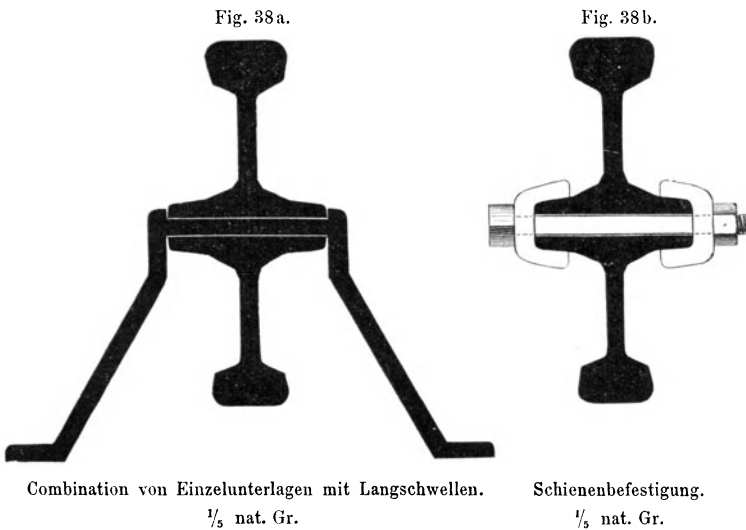
Bei der auf Taf. IV angegebenen und projectirten Construction kommt zu dem Gewicht der beiden Schienen, von denen die untere als Langschwelle zu betrachten ist und welche Letztere auch rot. dasselbe Gewicht wie eine Langschwelle aufweist, auf 1,5 lfd. m eine 0,5 m lange Einzelunterlage, mithin kommen auf 1 lfd. m  $\frac{1}{3}$  von der Länge der letzteren. Dieses Mehrgewicht trägt aber nur zu einer festeren Lagerung des Gestänges bei. Eine genaue Berechnung bestimmter Profile würde ergeben, ob die angenommenen Abmessungen zunächst gute theoretische Resultate lieferten. Was die Kosten anbetriift, so lässt sich von vornherein übersehen, dass sich ein solches zusammengesetztes System viel billiger stellen muss, als

---

\*) Für den eigentlichen oberen und unteren Schienenstoss sind natürlich breitere resp. längere Befestigungsstücke anzuordnen, analog der gewöhnlichen Laschenconstruction.

dies bei den bisher üblichen Systemen der Fall ist. Es lässt sich auch wohl annehmen, dass die Einzelunterlagen bei der kolossalen Steifigkeit des Systems eine genügend grosse Fläche zur Druckvertheilung auf die Bettung haben, da bei grosser Steifigkeit die Grundfläche kleiner sein kann als bei geringer.

Statt des zweitheiligen Unterlagers kann man auch eintheilige von beliebig zweckmässigen Profilen verwenden, die zwischen die Grundflächen der Schienen geklemmt werden. Fig. 38



stellt diese Anordnung nebst der Schienenbefestigung dar. Die Einzelunterlagen sind in entsprechenden Entfernungen von rot. 1,5 m bei einer eigenen Länge von ca. 50 cm angeordnet gedacht. Klammerpaare (eventuell federnd) in Verbindung mit Bolzen nebst Muttern stellen eine solide Befestigung und Verbindung der beiden Schienen her. Tafel IV zeigt eine Ansicht solcher Construction. Die Kopfplatte der Einzelunterlagen ist zweckmässig so herzustellen, dass die Schienen sowohl oben wie unten sich in Vertiefungen legen, so dass einem gegenseitigen horizontalen Verschieben der Schienen vorgebeugt ist. Der zwischen den Schienen frei bleibende Raum ist mit einer Holz-, Eisen- oder sonstigen elastischen Zwischenlage auszufüllen, wenn man die Fahrschiene continuirlich unterstützen

will. Legt man auf Letzteres kein Gewicht, so kann diese Zwischenlage auch fortfallen. Die obere Schiene trägt sich dann wie bei den Querschwellensystemen auf eine gewisse Strecke frei. Das System würde dann allerdings nicht mehr zu dem reinen Langschwellen-Oberbau zählen können.

Die Anordnung nach Fig. 38 hat dem erstern gegenüber den Vortheil, dass eine Vernietung etc. nicht stattzufinden hat, dagegen den Nachtheil, dass behufs continuirlicher Unterstützung ein besonderes Zwischenstück erforderlich ist. Das Unterstopfen geschieht hier ebenfalls **nur** unter den Einzelunterlagen, so dass eine Entwässerung zwischen denselben sehr gut ermöglicht ist. Was die Herstellung dieser Unterlagen anbetrifft, so kann dieselbe durch Walzen, Pressen, Giessen oder durch sonstige Fabrikation geschehen. Eine vielfache Variation ist in der Ausbildung dieser Combination von Langschwellen mit Einzelunterlagen möglich. Die Anwendung dieses Systems gestattet eine rationelle Benutzung alter abgefahrener Schienen und eine gute Entwässerung nach allen Seiten hin. Das Gewicht des Gestänges wird schwerer als das der bisher üblichen Langschwellensysteme und trägt aus diesem Grunde zu einer sicheren und festeren Lage desselben bei, ist aber trotzdem und neben diesen offenbaren Vorzügen bei Weitem billiger, als die sonstigen Systeme, da das Gewicht der üblichen Langschwellen ungefähr ebenso gross ist, als das der abgefahrenen Schienen, letztere jedoch ca.  $2\frac{1}{2}$  mal billiger als Schwellen sind. Die Einzelunterlagen an ihren offenen Seiten zu schliessen, um das Bettungsmaterial zusammenzuhalten, dürfte wohl zweckmässig erscheinen. Ebenfalls würde die Ausbildung der Profile wohl noch manche Umänderungen erfahren müssen, um das System so zweckmässig als möglich zu gestalten. Die für beide Arten angegebene Befestigung, von denen die der Haarmann'schen Construction ähnlichen Klammerbefestigung bereits anderweitig vorgeschlagen ist, dürfte allen Anforderungen genügen, insbesondere zeigt die vom Verfasser vorgeschlagene Federlaschenbefestigung die Vortheile, welche aus der federnden Eigenschaft erfahrungsmässig sich ergeben.

Was die specielle Ausbildung eines rationellen Profils dieser Befestigungsweisen anbetrifft, so ist zu berücksichtigen, dass letztere wohl mehr einer Biegung in horizontalem Sinne zu widerstehen

haben, um ein Umkanten oder Verschieben der oberen Schiene zu verhüten. Die Steifigkeit des Systems in der Längsrichtung ist sehr bedeutend, so dass eine Materialanhäufung der Befestigungseisen in vertikaler Beziehung, das heisst also in Bezug auf die horizontale Schwerpunktsachse wohl kaum nöthig ist. Jedenfalls ist ein sowohl nach horizontaler als nach vertikaler Richtung möglichst widerstandsfähiges Profil für diese federnden Befestigungsbacken leicht zu construiren.

Bekanntlich hat der Engländer Dering bereits in den 60er Jahren sogenannte „**Federlaschen**“ vorgeschlagen und angewendet, die jedoch **ohne Schrauben** oder sonstige rationelle Befestigungsmittel angeordnet waren. Diese federnden Laschen haben sich jedoch nicht bewährt, da die Federkraft der continuirlich stark beanspruchten Laschen mit der Zeit nachgab und dieselben ihre Function nicht mehr erfüllen konnten. Bei der in Fig. 37b dargestellten federnden Verbindung dient die Federkraft lediglich dazu, eine Schraubensicherung unnöthig zu machen und die Befestigungstheile möglichst innig an die Schienen pressen zu können, während die Befestigung resp. Verbindung als solche starr anzusehen ist.

Diese Verbindungsmethode lässt sich nach Verfassers Ansicht nun noch weiter verwerthen. Denkt man sich z. B. für breitbasige Schienen Laschen aus Federstahl construirt, welche, von der Unterscheidung des Schienenkopfes an, den Steg und den ganzen Fuss umfassen, deren Steg-Seitentheile jedoch zunächst auseinandersperrern und dann durch Schrauben gegen den Schienensteg angezogen werden, so erhält man wiederum eine Construction, die ebenfalls mit „**Federlaschen**“ bezeichnet werden kann, die sich jedoch von der Dering'schen Anordnung wesentlich und prinzipiell unterscheidet. Fig. 39a stellt nach Verfassers Vorschlage eine solche **Federlasche mit Schrauben** dar, die noch nicht in Wirksamkeit getreten ist, sondern zunächst auf die Schiene geschoben ist. Fig 39b zeigt nach Einziehung der Schrauben diese Laschenverbindung, die nunmehr wohl geeignet ist die Anforderungen zu erfüllen, welche eine rationelle Laschenverbindung erfordern. Dieselbe kann für schwebende oder ruhende Stösse verwendet werden. Im letzteren Falle dient der untere Theil dieser Lasche zugleich als Unterlagsplatte. Aller-

dings würde sich diese Federlasche mit Schraube zunächst für den Querschwellenoberbau eignen, da, wenn man sie für Langschwellen anordnen wollte, die continuirliche Unterstützung der Fahrschiene nicht mehr Statt fände, wenn nicht zwischen Schiene und Schwelle ein besonderes Zwischenstück eingeschaltet würde.

Fig. 39.



a



b

Federlaschen mit Schrauben.

 $\frac{1}{3}$  nat. Gr.

Wäre man in der Lage, die Kopfplatte der Langschwellen so herzustellen, dass an den jedesmaligen Schienenstossstellen entsprechende Vertiefungen durch Einpressen oder sonst wie angeordnet wären, so dass sich also der untere horizontale Theil der Federlasche in diese Einsenkung hineinlegte, so würde dadurch allerdings die Continuität der Schienenunterstützung gewahrt. Vorausichtlich wird sich jedoch diese Laschenverbindung, wenn überhaupt, so in erster Linie für Schienen auf Querschwellen eignen. Die Schienen können natürlich jede beliebige Form haben, da sich die Laschenform jeder Schiene anschmiegen kann. Erforderlich sind in jedem Falle Schrauben, welche die eigentliche feste Verbindung herzustellen haben. Diese Schrauben fehlen bei der Dering'schen Construction die sich aus diesem Grunde auch nicht als zweckmässig erwiesen

hat. Eine Schraubensicherung ist auch bei dieser Laschenconstruction unnöthig, welche durch alle angeführten Vortheile eine sehr solide zu sein scheint. Die Ausbildung der Querschnittsform lässt einen grossen Spielraum zu. In jedem Falle ist der durch die Querschnittsform zu erzielende Widerstand gegen Längs- und Seitenbiegung möglichst zu berücksichtigen. Da Versuche mit dieser neuen Laschenverbindung an maassgebender Stelle leicht auszuführen sind, so dürfte die Erfahrung bald zeigen, ob dieser Vorschlag zweckmässig ist und den heutigen Anforderungen genügt.

Alle diese Betrachtungen dürften hinreichen, um im Prinzip zu zeigen, wie man auch unter Berücksichtigung der Entwässerung, unter Benutzung alter Schienen und unter Verwendung einer



federnden Laschenverbindung ohne grosse Schwierigkeiten im Stande ist, ein solides und billiges Gestänge für Haupt- und Secundärbahnen herzustellen und mögen dieselben als Anregung dienen, in dieser Hinsicht weitere Versuche anzustellen\*).

Kehren wir jedoch nach dieser Abschweifung wieder zu den durchgerechneten Profilen und zu der Klemmhebelbefestigung zurück.










Wir geben zur besseren Uebersicht eine Zusammenstellung der durch die Rechnung gewonnenen Resultate und verweisen besonders auf das in letzterer Rubrik sich ergebende Verhältniss des Gesamtgewichts eines Profils zum Gesamtträgheitsmoment desselben, bezogen auf das Profil 7<sup>b</sup> der Rheinischen Bahn als Einheit. (Siehe Lehwald, der eiserne Oberbau. S. 8.) Es mag an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht werden, dass allerdings das Verhältniss vom Gewicht zum Trägheitsmoment nicht direct das Güteverhältniss ausdrückt, da wie schon früher erwähnt, dieses Verhältniss sich nur auf den Druck auf die Bettung bezieht. Wollte man bei der Vergleichung der Profile auch die Spannung in den einzelnen Theilen berücksichtigen, wodurch sich die Güte eines Profils ebenfalls erkennen lässt, so müsste man statt des Trägheitsmomentes das Widerstandsmoment einführen. Wenn es gelänge, sowohl den Druck auf die Bettung als auch die Spannung in den Constructionstheilen gleichzeitig durch einen Ausdruck oder durch ein Verhältniss wiederzugeben, so erhielte man hierdurch einen richtigen Maassstab in Bezug auf die Güte des Profils. So lange solcher Ausdruck jedoch nicht existirt, hat man zu wählen, ob das betr. Profil mehr einen geringen Druck auf die Bettung oder in grösserem Maasse geringe Spannungen liefern soll. Wir schliessen uns, um einen richtigen Vergleich zu ermöglichen, der Lehwald'schen Arbeit an. Wie es in letzterer sich ergeben hat, dass das System der Stadtbahn ein Güteverhältniss von 0,892, also um ca. 11% besser als das der Rheinischen Bahn erreicht in Bezug auf Materialvertheilung, so soll die Zahl von 0,892 gewissermassen für uns die Einheit bilden, da wir die Reihe der Profile gleich mit dem der Stadtbahn beginnen wollen.

---

\*) Für Feldeisenbahn- sowie überhaupt für militärische Zwecke dürften sich ebenfalls manche dieser Vorschläge bei näherer Untersuchung als geeignet herausstellen.

# Tabelle.

Klemmhebel-System des Verfassers.

| Bezeichnung.  | System<br>der<br>Berliner<br>Stadtbahn.   | Klemmhebel-System des Verfassers.   |   |  |   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|
|   | Profil I  | Profil II   | Profil III  | Profil IV  | Profil V  | Profil VI   | Profil VII.   | Profil VIII.  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $G_1 + G_2$ in<br>kg pro lfd. m   | 54,52   | 44,4  | 44,25   | 52,04  | 51,9  | 48,7  | 52,50   | 51,9  |  |
| $J_1 + J_2$ in cm   | 880   | 1455  | 1337  | 1195   | 1425  | 807   | 1284  | 1414  |  |
| $M$ max. in<br>cmkg   | 103 280   | 117 573   | 105 300   | 105 818  | 105 300   | 102 202   | 105 465   | 106 700   |  |
| $p$ in kg pro<br>qcm  | 1,86  | 1,87  | 1,80  | 1,93   | 1,69  | 1,88  | 1,81  | 1,86  |  |
| $N_1$ in kg pro<br>qcm  | 786   | 162   | 157   | 177  | 148   | 253   | 164   | 150   |  |
| $N_2$ in kg pro<br>qcm  | 387   | 885   | 858   | 890  | 715   | 1000  | 750   | 683   |  |
| $N_3$ in kg pro<br>qcm  | 833   | 820   | 900   | 788  | 900   | 880   | 850   | 550   |  |
| Verhältniss<br>von $G$ zu $J$   | 0,892   | 0,439   | 0,476   | 0,626  | 0,524   | 0,868   | 0,588   | 0,528   |  |

Anmerkung: Für die letzten 7 Systeme bezeichnet  $G_1$  = Gewicht der Schwelle;  $G_2$  = Gewicht der Schiene = 12 kg pro lfd. m.  $J_1$  = Trägheitsmoment der Schwelle;  $J_2$  = Trägheitsmoment der Schiene = 15 in cm.

Für die letzte Rubrik ist das Verhältniss des Gesamtgewichts zum Gesamtträgheitsmoment des Systems der Rheinischen Bahn (siehe Lehwald, der eiserne Oberbau. Seite 8; Profil 7b) als Einheit zu Grunde gelegt. Das betreffende Gewicht ist 52 kg, das betreffende Gesamtträgheitsmoment ist 748. Mitihin verhält sich  $52 : 1 = \frac{G_1 + G_2}{J_1 + J_2} : x$ . Die Werthe von  $x$  sind für jedes System in letzterer Rubrik berechnet.

Ein flüchtiger Blick auf vorstehende Tabelle zeigt die bedeutenden Resultate, welche zunächst theoretisch durch die vorgeschlagenen Profile dem System der Stadtbahn gegenüber erreicht werden. Profil I des Verfassers (siehe Fig. 19), welches dem Hartwich'schen System nachgebildet ist, so dass seine Schwellenform direct eine **I**-Form aufweist, ist hier nicht weiter in Betracht gezogen, da die gute Materialvertheilung in diesem Profil auch ohne weitere Rechnung ersichtlich ist. Der hohe steife Steg und die Herstellung einer genügend breiten Basis sind jedoch, wie schon oben erwähnt, Nachtheile des in theoretischer Beziehung sonst günstigen Profils, welche durch die Profile II bis VIII möglichst vermieden werden sollen. Eine verringerte Radbelastung für Profil I des Verfassers (Fig. 19) würde natürlich auch die Steghöhe und die Fussbreite dieses Querschnitts reduciren können, so dass dasselbe in praktischer Beziehung zunächst für Strassen- und Secundärbahnen ohne Nachtheile anwendbar und brauchbar erscheint\*).

Was nun die in der Tabelle zusammengestellten Profile betrifft, so haben alle diese vorgeschlagenen und durchgerechneten Anordnungen ein (stellenweise sogar bedeutend) geringeres Gesamtgewicht als das Stadtbahn-System. Dieses Gewicht differirt bei einzelnen Profilen um 10 und noch mehr kg pro lfd. m\*\*). Mit Ausnahme des

\*) Für die Secundär-Bahnen mit normaler Spur ist für eine Reducirung der Schwellen- und Schienenprofile hauptsächlich die verringerte Geschwindigkeit des rollenden Materials maassgebend, da auch hier ein Raddruck von 5000 kg (gegen 6500 bis 7500 kg bei Hauptbahnen) in Frage kommt.

Für die Spurweite von 1 m ist dagegen ausser geringerer Geschwindigkeit nur auf einen Raddruck von 3800 kg zu rechnen. Der Spurweite von 0,75 m braucht sogar nur ein Raddruck von 2500 kg zu Grunde gelegt werden.

Man erkennt aus diesen Zahlen, dass bis zur letzteren Gruppe eine bedeutende Reducirung in der Belastung der Oberbau-Systeme eintritt, so dass nun auch deren Schienen und Schwellen ganz bedeutend schwächer resp. niedriger construirt werden können, ein Umstand, der die Herstellung von Verfassers Profilen für secundäre Zwecke natürlich noch mehr vereinfacht und erleichtert.

\*\*\*) Bedenkt man, dass allein englische Stahlschienen bis 42 kg pro lfd. m wiegen und dass Profil II nur 2,4 kg pro lfd. m mehr an Gewicht

Profil VI wird ferner ein viel grösseres Trägheitsmoment erreicht, als es bei der Stadtbahn der Fall ist. Vergleicht man dasjenige des Profil VI mit dem der Rheinischen Bahn, so ist ersteres immer noch günstiger; denn letzteres beträgt, wenn 13 mm abgefahren sind, nur 748 in cm, wobei es noch völlig tragfähig sein muss. Wenn bei Profil VI die Schiene ebenfalls 13 mm abgefahren gedacht ist, so geht von dem Trägheitsmoment der Schiene = 15 vielleicht die Hälfte ab, so dass für das ganze System also noch rund 800 in cm übrig bleiben. — Das Güteverhältniss in Bezug auf Materialvertheilung ist bei allen Profilen (II bis VIII) günstiger und bei den meisten sogar ganz bedeutend (bis 45%) günstiger, als bei dem Stadtbahn-System.

Es scheint jedoch unnöthig, alle diese stellenweise sogar sehr günstigen Resultate noch einer näheren Kritik oder einer weiteren theoretischen Discussion zu unterziehen. Diese Zahlen sprechen allein deutlich genug\*). Es bleibt uns nur noch übrig, die **Haupt-**

---

für Schwelle plus Schiene erfordert, dass jedoch die englischen Schienen noch in starken Schienenstühlen ruhen, welche wieder auf starken hölzernen Querschwellen, die in Entfernungen von 80 cm angeordnet, befestigt sind — dann muss diese Nebeneinanderstellung einem Fachmann allerdings merkwürdig erscheinen. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass alle diese Profile theoretisch nicht nur alle Anforderungen erfüllen, sondern dieselben, wie die Tabelle zeigt, bedeutend übertreffen. Zu erklären ist das Gewicht und die Anordnung dieses englischen Oberbaues wohl nur, wenn man annimmt, dass die Engländer trotz ihrer sonstigen Sparsamkeit auf solche beim Eisenbahnoberbau nicht im Geringsten sehen und dass sie aber auch ferner mit der Theorie der Schwellensysteme nicht gleichen Schritt gehalten haben, denn eine theoretische Betrachtung der von ihnen angewendeten Schienen und ihres Oberbaues überhaupt würde und müsste zweifellos zeigen, wie unrationell der ungeheure Materialaufwand ist, der in fast allen Oberbauten zu finden ist. Diese englischen Anordnungen dürften somit als reine „Faust-Constructionen“ anzusehen sein. Auch darf man wohl behaupten, dass trotzdem die Eisenbahnunfälle in England bedeutender und häufiger sind, als dies glücklicherweise in Deutschland der Fall ist.

\*) Die meisten durchgerechneten Profile weisen sogar ein überflüssig grosses Trägheitsmoment etc. auf, so dass für die Praxis eine geringere Höhe der betreffenden Systeme genügen dürfte. Die Herstellung dieser

**vorzüge**, welche diese Systeme für die Praxis bieten, noch einmal zusammenzufassen.

Zunächst besitzen die Systeme **alle Vorzüge eines zweitheiligen eisernen Langschwellerbaues**, selbst wenn die Schwelle mit Rücksicht auf geringere Herstellungskosten aus mehreren Theilen hergestellt werden sollte. Das Profil der Schwelle lässt eine grosse Zahl von Modifikationen zu, so dass man stets eine Auswahl hat nach eigener Anschauung und nach eigenem Ermessen und nicht an eine einzige Form gebunden ist. —

Die **Fahrschiene** ist die leichteste, die bisher für eiserne Systeme angewendet ist. Sie lässt sich leicht herstellen, lässt sich in Curven kalt und vor Hand biegen und lässt sich dabei leicht und absolut sicher befestigen und, was besonders für Kriegszwecke wichtig ist, sehr leicht und schnell beseitigen und abnehmen.

Ferner gestattet die Fahrschiene ein Auswechseln, welches sich nicht auf die ganze Länge der defect gewordenen Schiene, sondern nur auf ein stückweises Erneuern einzelner Längen bezieht, wie dies später bei der Anwendung des qu. Systems für Secundärbahnen ausführlicher erörtert werden soll. Eine Anordnung der Fahrschienen in Bezug auf ihre Stossconstruction dürfte, wenn sie sich bewähren würde, was durch Versuche leicht festzustellen wäre, einen ferneren ganz bedeutenden Vorthail in sich schliessen. Es scheint nämlich, als ob man den Schienenstoss anordnen könnte, wie dies die Skizzen (Fig. 40a—c) auf f. S. darstellen. Der Stoss würde also durch ein schiefes Abschneiden oder durch Ueberblattung etc. herzustellen sein.

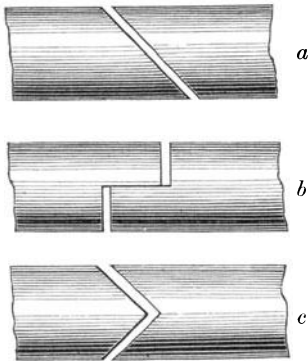
Was diese und ähnliche Formen von Stossverbindungen an betrifft, so sind dieselben schon früher bei hohen breitbasigen und

---

Schwellerprofile mit geringerer Höhe wird natürlich sehr erleichtert. Bei Aufstellung der Profile ist davon ausgegangen, dass letztere höchstens dasselbe Gewicht, und wenn möglich noch weniger als das Stadtbahn-Profil haben sollten. Zugleich sollte die untere Schwellerbreite und die Höhe des ganzen Systems der Stadtbahn-Construction entsprechen. Eine Berechnung der vorgeschlagenen Profile mit geringerer Höhe würde zeigen, wie weit man letztere reduciren könnte, um noch genügende und brauchbare Resultate zu erhalten.

anderen Schienen, jedoch ohne Erfolg angewendet, so dass die Technischen Vereinbarungen bestimmen, dass die Schienen an ihren Enden in einer zu ihrer Achse normalen Ebene abgeschnitten sein sollen. Es ist auch einleuchtend, dass z. B. bei breitbasigen Schienen eine solche Anordnung sich schon deshalb nicht bewähren konnte, da der dünne Steg sehr in Mitleidenschaft gerathen musste, und der Steg

Fig. 40.



Aufsicht der event. Stossanordnung der Fahrschiene  
des Klemmhebel-Systems. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 41.



Sicherheits-Fahrschiene des Klemm-  
hebel-Systems. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

dient ja grade zur Aufnahme der Vertikalkraft. Allein bei Flach-eisenschienen wurde diese Art des Stosses nicht nur häufig, sondern auch mit gutem Erfolge angewandt. Die fragliche Fahrschiene ist aber gewissermaassen nichts weiter, als eine Flach-schiene, denn die Lappen dienen nur zur Befestigung der Schiene gegen die Schwelle. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass sich eine solche Stossanordnung der Fahrschienen bei Verfassers System ebenfalls mit Erfolg wird anwenden lassen. Dass dadurch der beim Uebergang eines Rades über die Stossstelle hervorgebrachte mechanische Stoss beseitigt oder doch sehr vermindert würde, ist selbstverständlich.

Die eigentliche **Stossverbindung** der Fahrschienen geschieht, wie schon früher erwähnt, einfach **durch einen Klemmhebel**. Derselbe war aus Vorsicht bei der Versuchsstrecke der Hamburger Bahn etwas breiter als die andern Klemmhebel ange-

ordnet. Verfasser glaubte jedoch, dass die gewöhnlichen Hebel auch für die Schienenstossstelle vollständig genügen.

Bei den Stossstellen der Schienen dürfte es sich ausserdem in jedem Falle zweckmässig erweisen, die oberen Schienenkanten abzufasen, damit eine Gradbildung an der oberen Fläche der Schienenenden möglichst vermieden wird.

Die Kopfform der Fahrschiene gestattet ferner einige Variationen, von denen zwei hier noch angeführt werden sollen. Zunächst ist ersichtlich, dass die Schiene ohne Schwierigkeit mit einer **Spurrinne** versehen werden kann, welche die Verwendung des Systems **für Strassenbahnen oder andere secundäre Zwecke** ermöglicht. Dann ist es aber auch möglich, ohne Aufwendung von vielem Material, den Kopf mit einem seitlichen Flansch (Fig. 41) zu versehen, welcher bei entsprechender Construction geeignet ist auf Brücken, in Tunnels, an steilen Böschungen oder Abhängen, in starken Curven und an sonst gefährlichen Stellen **ein Entgleisen** des rollenden Materials überhaupt und viel zweckmässiger **zu verhüten**, als dies die sogenannten hölzernen Streichschwelle gethan haben, die in manchen Fällen ein Aufsteigen der Locomotivräder vielmehr bewirkten und daher mehr Nachtheil als Vortheil gewährten. Ein Aufsteigen oder Aufklettern lässt sich sehr einfach verhindern durch eine nach innen zu geneigte Anordnung des Seitenflansches. Wenn diese Construction sich als ein sicheres Mittel gegen Entgleisungen erweisen und bewähren sollte, so würde die verhältnissmässig geringe Materialmenge kein Hinderniss sein, zum Schutz von Menschenleben und zur Erhaltung von Gütern sowie des Betriebsmaterials, diese Anordnung an besonders gefährlichen Stellen anzuwenden.

Thatsächlich werden neuerdings die Schienen auf „Brücken mit oberliegender Fahrbahn“ durch besondere Winkeleisen, die an den Seiten der Schienen entlang auf den Querschwellen oder dem Bohlenbelag befestigt sind, zu sichern gesucht. Die vorgeschlagene Construction thut aber eigentlich weiter Nichts, als dass sie dieses Winkeleisen direct mit der Schiene verbindet.

Was nun endlich **die Befestigung der Schiene durch die federnen Klemmhebel** anlangt, so haben sehr viele umfangreiche Versuche und eine 3jährige Versuchszeit zur Genüge dargethan, dass diese federn-

den Hebel ihre Functionen in vollkommenstem Maasse erfüllen. **Die federnde Wirkung des Klemmhebels macht erfahrungsmässig jede andere Schraubensicherung unnöthig**, da durch die Federkraft des Stahls ein derartiger Druck zwischen Mutter- und Schraubengewinde hervorgerufen wird, dass es undenkbar ist, dass diese Reibung durch die Erschütterungen des Betriebsmaterials je überwunden werden könnte.

Das obere Ende der Klemmhebel ist **keil- oder excentrikartig** geformt und ermöglicht daher durch geringes Anspannen der Schrauben eine absolut sichere Befestigung zwischen Schienen und Schwellen. Da die Befestigung **nur aus zwei Theilen**, dem Hebel und der Schraube mit oder ohne Mutter besteht, so muss man anerkennen, dass eine wirklich solide Befestigung, die jedoch mit geringstem Aufwand von Zeit und Kraft ohne Weiteres wieder zu lösen ist, kaum einfacher gedacht werden kann.

**Das Kleisenzeug** wird also sowohl in Bezug auf die Stückzahl, als auch in Bezug auf das Gewicht, besonders bei Anwendung von Dreieckfedern, **auf ein Minimum reducirt**, ebenso wie die Controle und Unterhaltung der Befestigung.

Was **die Verlaschung\*) der Schwellen** anbetrifft, so bietet bei den im Prinzip **I**-förmigen Profilen die Unterschneidung des Stegkopfes oder selbst die untere Fläche der Seitenlappen der Fahrschienen Gelegenheit und Möglichkeit, eine solide Stossverbindung zu erzielen. Eine noch vollkommenere Stossverbindung lässt sich bei den anderen vorgeschlagenen Schwellenprofilen durch zweckentsprechende Schwellenstühle resp. Sattelstücke erreichen. Auf **Tafel III** ist eine derartige **Schwellenstossverbindung** projectirt. (Vergl. Anmerkung auf Seite 48 u. 49.) Aus allen diesen Thatsachen geht wiederum hervor, dass es wohl möglich ist, unter Berücksichtigung der theoretischen und praktischen Anforderungen der Jetztzeit, eine auf ein Minimum reducirte Fahrschiene mit einer denselben Ansprüchen genügenden Langschwelle durch ein einfaches aber durchaus solides Mittel zu verbinden.

---

\*) Für die Verlaschung der Fahrschiene genügt erfahrungsmässig die Anordnung eines Klemmhebels, wie auch weiter oben schon erwähnt ist. Zur Verstärkung des Schwellenstosses können an den Seiten desselben ebenfalls Klemmhebel angebracht werden.



Dieses System könnte sonach bestimmt sein, eine Zukunft vor sich zu haben, wenn die Ansichten darüber, ob leichte Schiene mit kräftiger Schwelle oder eine solche Schiene mit leichter Schwelle zu Gunsten ersterer Gattung von den meisten Eisenbahn-Ingenieuren entschieden wäre. Wir verhehlen uns nicht, dass die Ansicht hierüber heut zu Tage wenigstens noch getheilt ist\*).

Wenn wir auch glauben, einen Nachweis geliefert zu haben, dass unter Berücksichtigung aller Umstände für die meisten oder

---

\*) Ingenieur L. Hoffmann spricht sich hierüber folgendermaassen aus (Siehe: der Langschwellenbau der Rheinischen Eisenbahn u. s. w. Seite 7): „So wünschenswerth es vor Einführung der Stahlschienen auf den ersten Blick auch erscheinen mochte, den von den Rädern der Fahrzeuge nicht angegriffenen und daher im Gegensatz zu den eisernen Fahrschienen als constant angenommenen Theil der Construction (die Langschwelle) tragfähig und den von den Rädern angegriffenen, variabeln Theil (die Fahrschiene) leicht und billig herzustellen, so dass immer möglichst nur ein neuer Fahrkopf auf einen in der Bettung festliegenden kräftigen Längsträger anzubringen wäre, so sind doch fast alle in dieser Beziehung gemachten Versuche (meist dreitheilige Systeme) entweder an der ungünstigen Materialvertheilung und der dadurch herbeigeführten Kostspieligkeit, oder an der mangelhaften Stossverbindung und Complicirtheit der Construction gescheitert. Der in allerneuster Zeit von de Serres und Battig construirte dreitheilige Oberbau liegt noch zu kurze Zeit, um über denselben ein endgültiges Urtheil abgeben zu können. Es wird namentlich darauf ankommen, wie lange die ineinander gesteckten Theile festen Schluss behalten.“

„Selbst, wenn dieser Oberbau sich bewähren sollte, würden wir aus den folgenden Gründen die in der Vorbemerkung gemachten Behauptungen aufrecht erhalten können“ u. s. w. — — Verfasser bemerkt hierzu, dass die Versuche, die mit seinem System angestellt sind, die oben ausgesprochenen Bedenken wohl beseitigen dürften. Was allerdings den angeführten Schlusspassus anbetrifft, so steht hier eine prinzipielle Anschauung gegen die andere. Die früheren Betrachtungen dieser Abhandlung dürften jedoch in theoretischer und praktischer Beziehung nachweisen, dass das Prinzip der schweren Schienen und leichten Schwellen im Allgemeinen mehr Nachtheile als Vortheile aufzuweisen hat. Ein kräftiges Fundament, eine starke Basis sind die Grundbedingungen aller soliden Bauwerke und ganz besonders derjenigen des Ingenieurs.

doch für sehr viele Fälle der Praxis möglichst leichte Schienen mit verhältnissmässig recht kräftigen Schwellen günstiger erscheinen dürften trotz der Zahlen, welche der anderen Gattung den Vorzug einräumen, die wir jedoch aus allen angeführten Gründen als für die Praxis verwendbar nicht anerkennen können, so haben wir mit Rücksicht auf diese noch getheilte Ansicht und auf eine möglichst allgemeine praktische Verwerthung der Befestigungsweise mittelst federnder Klemmhebel auch den Fall berücksichtigen zu müssen geglaubt, welcher schwere Schienen d. h. also zunächst ganze Schienen mit leichten Schwellen in sich begreift.

Betrachten wir zunächst wieder das Langschwellensystem und gehen von der Haarmann'schen Schwelle aus, die in Bezug auf ihre Materialvertheilung grosse Vorzüge vor anderen Langschwellenprofilen bietet, so kann man nach zwar unbedeutender, aber für die anzuwendende Klemmhebelbefestigung nothwendiger Modifikation des oberen Theils der Schwelle die qu. Befestigung ohne Weiteres anordnen. Werden nämlich die beiden oberen seitlichen Ansätze nach oben verlängert und bei dem letzten Durchgang durch die Walzen nach innen gedrückt und ist zugleich die Kopfplatte um die Klemmhebelstärke breiter gemacht, als der Fuss der Schiene es erfordert, so ergiebt sich ohne Weiteres die Anwendung der Klemmhebelbefestigung für ganze hier z. B. breitbasige Schienen auf eisernen Langschwellen, wie Fig. 42 dies zeigt.

Bei der ersten Anordnung wird der Klemmhebel gegen den Steg der Schiene angezogen, während bei der zweiten der Hebel von dem Fuss oder dem Steg der Schwelle abgedrückt wird. In beiden Fällen wird wieder eine sichere Befestigung erzielt.

Allerdings zeigt diese Anordnung einen Nachtheil, indem auf der ganzen Schwellenlänge zwischen Schienenfuss und Seitenlappen der Schwelle ein Wassersack entsteht, der erst wieder durch besondere Mittel unwirksam gemacht werden muss\*).

---

\*) Die Haarmann'sche Construction leidet auch an dem Uebelstande, dass der Raum zwischen Schienenfuss und Schwellenleiste einerseits und zwischen den auf der Kopfplatte der Schwelle befindlichen Arbeitsleisten andererseits einen Wassersack bildet, der zu Wasseransammlungen, Eisbildung, Ausfrieren und sonstigen Bedenklichkeiten Veranlassung geben kann. Nachtheilig wird solche Anordnung stets bleiben.

Unter Beibehaltung der Klemmhebelbefestigung ist dieses Mittel jedoch gefunden und der Uebelstand vermieden, sobald die oberen

Fig. 42 a.

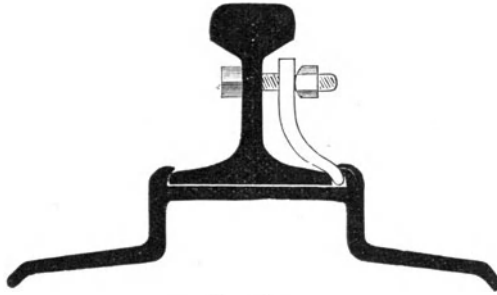
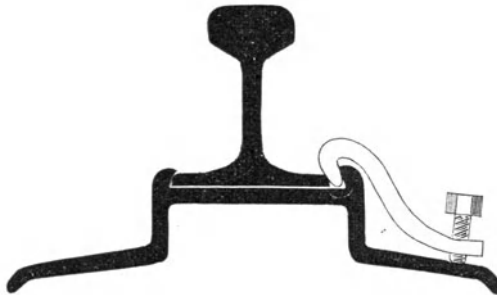


Fig. 42 b.

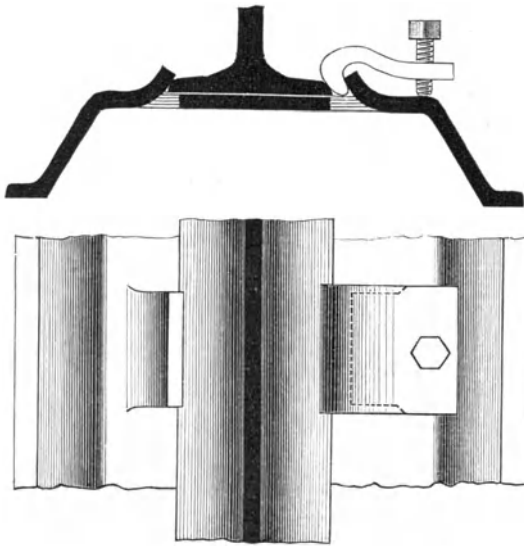


Klemmhebelbefestigung von breitbasigen Schienen auf eisernen Langschwelen mit durchlaufenden oberen Befestigungsrippen. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Seitenlappen der Schwelle nicht mehr durchgehend angeordnet sind. Dies führt zu der durch Fig. 43 im Querschnitt und Grundriss dargestellten Construction, bei der das Material zu den nur in gewissen Entfernungen nöthigen Seitenlappen direct der Schwelle entnommen ist. Diese schräg nach der Schiene zu geneigten Seitenlappen werden im warmen oder kalten Zustande der Schwelle aus der Kopfplatte, und wenn es die Profilirung der Schwelle erfordern sollte, auch aus den Seitenstegen durch hydraulischen oder sonstigen Druck unter Anwendung von geeigneten Gelenken herausgedrückt resp. gepresst. Die Anordnung dieser Lappen, von denen der eine zweckmässig sich hakenförmig auf den Schienenfuss legen kann und die herausgedrückt oder herausgebogen sein können, ist ausführlicher bei der späteren Besprechung der Klemm-

hebelbefestigung bei Querschwellensystemen besprochen und durch Zeichnungen erläutert, so dass obige Bemerkungen in der Hauptsache genügen dürften. Es soll nur noch erwähnt werden, dass

Fig. 43.



Klemmhebelbefestigung von breitbasigen Schienen auf eisernen Langschwellen mit in gewissen Entfernungen aufgebogenen Befestigungsrippen. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

sich diese Befestigungsarten in erster Linie für alle die Schwellenprofile besonders eignen dürften, die eine breite Kopfplatte haben, also z. B. System Hilf, Rheinische Bahn, Hohenegger, Heusinger u. s. w. Um die erforderliche Stärke der Lappen zu erzielen, dürfte es in den Fällen, wo eine nur schwache Kopfplatte vorhanden ist, zweckmässig sein, im Querprofil an den betreffenden Stellen, aus denen das Material für die Lappen gewonnen wird, eine Verstärkung eintreten zu lassen. Was die Breite der Lappen anbetrifft, so wird man mit 6—8 cm, d. h. nahezu der Klemmhebelbreite, auskommen. Um den Schienenfuss resp. die Schiene noch mehr gegen seitliche Verschiebung zu schützen, dürften zwei kleine in der Längsrichtung der Schwelle durchlaufende Wülste, die jedoch so niedrig zu halten wären, dass sie keine Wasseransammlungen veranlassen dürften, vielleicht zweckmässig angewalzt werden, so dass das Profil einer

solchen, hier z. B. der Rheinischen Bahn entsprechenden Schwelle vor dem Aufbiegen der Lappen sich darstellte, wie Fig. 44 es zeigt.

Fig. 44.



$\frac{1}{3}$  nat. Gr.

Es wird zugegeben werden müssen, dass das Prinzip dieser neuen Befestigung die bisher angewandten Anordnungen ganz bedeutend vereinfacht und in Bezug auf die Stückzahl der erforderlichen Theile dieselben wohl auf ein Minimum reducirt.

Ein Vergleich in dieser Beziehung mit einigen üblichen Befestigungsweisen wird dies zur Genüge darthun. Nach Lehwald (a. a. O. S. 29 u. ff.) ist erforderlich an Stückzahl Eisenmaterial bei der Anlage von 9 m Geleis:

- für Sytem Hilf: 134 Stück
- für das System der Moselbahn: 126 Stück
- - - - Rheinischen Bahn: 123 Stück
- - - - Stadtbahn (Haarmann): 106 Stück.

Für letzteres System wird bemerkt, dass die in der Aufstellung angegebenen „Paare“ hier in richtiger Stückzahl in Betracht gezogen sind, auf die es ankommt.

Verfassers Langschwellensystem mit Klemmhebelbefestigung erfordert dagegen nur:

- 2 Schienen
- 2 Schwellen
- 10 Klemmhebel (in Entfernung von 1,5 m gerechnet)
- 10 Spannschrauben (mit oder ohne Mutter)
- 2 Stossklemmhebel
- 2 Spannschrauben
- 2 resp. 4 Schwellenlaschen resp. Schwellenstühle (je nach dem Schwellenprofil)
- 8 resp. 16 Schwellenlaschenbolzen mit Muttern
- 1 Winkel- oder sonstiges Eisen für den Schwellenstoss
- 1 Spurstange mit Mutter.

**Zusammen 40 oder 50 Stück** je nach dem Schwellenprofil.

Man erkennt hieraus, dass Verfassers System noch **nicht einmal die Hälfte** der Theile erfordert, welche das System der Berliner Stadtbahn nothwendigerweise haben muss, ganz abgesehen von den andern aufgeführten Systemen, welche ca. die dreifache Stückzahl an Eisenmaterialien gebrauchen.

Das Verhältniss erscheint noch viel günstiger, wenn man die absolut nothwendigen und daher bei allen Systemen wiederkehrenden Stücke als gemeinsame Constante abzieht. Hierher gehören die Schienen, Schwellen, Laschen nebst Bolzen u. s. w. Es bleiben mit Ausnahme dieser Stücke und etwa anzuwendender Querverbindungen und Stossunterlagen, die jedoch auch wieder jedem System eigenthümlich sind, pro 9 m lfd. Geleis übrig:

für das System der Stadtbahn: **64 Stück**, die zur eigentlichen Befestigung und Sicherung gehören, während für das System des Verfassers:

12 Klemmhebel nebst den dazugehörigen 12 Spannschrauben, die nicht einmal in jedem Fall Muttern zu haben brauchen, nöthig sind. Zusammen sind also für die Befestigung nur **24 Stück** erforderlich, während das Stadtbahn-System trotz seiner bereits vereinfachten Befestigung den älteren Systemen gegenüber 64 Stück gebraucht. Diese gewiss bedeutende Vereinfachung dürfte es auch wohl räthlich erscheinen lassen, wenn erforderlich, die Schwelle an den in Frage kommenden Theilen der Kopfplatte etwas zu verstärken.

Wir haben uns im Verlauf dieser Abhandlung schon öfter darüber ausgesprochen, dass Zahlen zwar beweisen, dass sie aber für Pessimisten, und dies sind ja die Meisten, sobald es sich um Anerkennung einer neuen Idee handelt, auch wieder Nichts beweisen, wenn die Erfahrungen und Resultate über die factische Brauchbarkeit und Güte ausgeschlossen sind. Während diese Resultate, wenn auch unter grossen Zeit- und Geldopfern, bei der Befestigung von unbedeutenden Fahrschienen auf eisernen Langschwellen durch federnde Klemmhebel, sich zweifellos ergeben haben durch die vielen und jahrelangen Versuche, so beabsichtigt Verfasser jedoch nicht, diese kostspieligen und zeitraubenden Versuche auf die Befestigung von ganzen Schienen auf Langschwellen durch Klemmhebel aus leicht begreiflichen Gründen weiter auszudehnen. Er kann daher nur wünschen und empfehlen, dass Eisenbahn-Behörden und Ver-

kehrsinstitute, denen sowohl die Mittel als auch die beste Gelegenheit hierfür zur Verfügung und zur Seite stehen, Versuche in grösserem Umfange anstellen liessen, welchen bei gutem Willen sich keine grosse Schwierigkeiten in den Weg stellen dürften. Die Lappenconstruction lässt sich bei neuen Schwellen bei der Fabrikation und bei schon vorhandenen ebenfalls ganz leicht durch Gesenke oder Schmiedearbeit herstellen, besonders wenn man, wie es auf fast allen grossen Bahnhöfen wohl der Fall ist, Schwellen und Schienen, so wie die geeigneten Arbeitskräfte zur Disposition hat. Die hoffentlich guten Erfolge dürften jedenfalls die entstehenden Versuchskosten compensiren und die Zukunft wird dann voraussichtlich zeigen, dass bei Anwendung der Klemmhebelbefestigung den Eisenbahnen bedeutende Summen sowohl bei der Anlage als auch im Betriebe gespart werden können. Zu jetziger Zeit, in der sich bereits fast sämmtliche Bahnen in den Händen des Staats befinden, dürfte die Hoffnung um so gerechtfertigter und näher gerückt erscheinen, derartige **Versuchsstationen von Staatswegen und auf Staatskosten einzurichten** und es kann wohl nicht bezweifelt werden, dass solche rationell eingerichtete Institute nur dazu beitragen können, **die Technik zu heben und praktische Resultate an den Tag zu fördern, die auf theoretischer Grundlage basiren, ihren Werth und ihre Verwendbarkeit jedoch erst durch vorangegangene Versuche beweisen können.**

---

## Der eiserne Querschwellen-Oberbau.

---

Wie bereits in dem Vorwort bemerkt worden ist, sollen die prinzipiellen Unterschiede und Vorzüge der Lang- und Querschwellensysteme in dieser Abhandlung nicht erörtert und discutirt werden. Verfasser geht von dem Grundgedanken aus, dass auch Querschwellen ihre grosse Berechtigung haben, da sie in den verschiedensten Formen bereits so vielfach angewendet sind. Bei den eisernen Querschwellen ist ebenfalls wie bei den Langschwellen die Frage von ungeheurer Wichtigkeit: „**In welcher Weise kann man Schienen möglichst zweckmässig auf den eisernen Querschwellen befestigen?**“

Wenn zunächst zugegeben wird, woran wohl nicht zu zweifeln ist, dass die bisher üblichen Befestigungsmethoden nicht als vollkommen zweckmässig betrachtet werden können, so kann das Bestreben, eine wenn möglich rationellere Befestigung zu construiren, nur gerechtfertigt erscheinen.

Verfasser hat daher versucht, **das Klemmhebelsystem auch für eiserne Querschwellen anwendbar zu machen.**

Ehe zur Entwicklung dieser Befestigung geschritten wird, mögen noch zuvor verschiedene allgemeine, die Querschwellen betreffende Bemerkungen und Vorschläge ihren Platz finden.

Das Querschwellensystem lässt in Bezug auf leichte oder schwere Schienen nicht die Möglichkeit der Variationen zu, wie das Langschwellensystem dies thut, sondern es setzt von vorne herein Schienen voraus, die eine bestimmte Tragfähigkeit haben müssen, da sie sich auf bestimmte Strecken freizutragen haben. Es kann also hier von sogenannten „unbedeutenden Fahrschienen“ oder überhaupt von „leichten“ Schienen nicht weiter die Rede sein, und liegt daher keine Veranlassung vor, den früher gemachten



Unterschied von leichten Schienen mit schweren Schwellen oder umgekehrt auf die vorliegenden Verhältnisse anzuwenden. Wenn sich im Laufe der nächsten Untersuchung für die Querschwellen etwas veränderte Formen ergeben werden, so entstehen diese gewissermaassen aus der theoretisch kritischen Betrachtung des Querschwellensystems überhaupt und beweisen allerdings, dass, wie auch schon von anderen Seiten nachgewiesen ist, die jetzige Form der eisernen Querschwellen, wenn auch den praktischen Bedürfnissen in manchen Fällen genügend, doch im Allgemeinen noch nicht die richtige Form und Anordnung erhalten haben, wie es für eine möglichst vollkommene Construction zum Mindesten wünschenswerth ist.

Die Frage, ob eiserne Querschwellen dieselbe Länge wie die hölzernen haben müssen, oder ob dieselben kürzer gehalten werden können, dürfte wohl kurz vorweg dahin zu beantworten sein, dass längere Schwellen geringere Pressungen auf die Bettung veranlassen, dass sie aber auch mehr Material erfordern und grösseren Spannungen ausgesetzt sind. Dies ergibt sich aus der Diskussion der betr. Gleichung für den specifischen Druck auf die Bettung und aus der Anschauung einer solchen Schwelle.

Die durchschnittlichen Dimensionen für hölzerne Querschwellen sind nach Winkler folgende: Länge der gewöhnlichen Schwellen 2,5 m, Höhe derselben 160 mm, Breite derselben 250 mm; Breite der Stossschwellen 320 mm.

Die hölzernen Schwellen dieser Dimensionen haben sich in Bezug auf ihre Tragfähigkeit, auf geringe Pressung der Bettung und auf feste und sichere Lage\*) sehr gut bewährt. Nur die verhältnissmässig kurze Dauer und Haltbarkeit, sowie die doch nur mangelhafte Befestigung der Schienen haben dahin geführt, statt des Holzes Eisen

---

\*) Die sichere und gute Lage rührt ausser von dem bedeutenden Gewicht solcher kräftigen Holzschwelle vermuthlich auch noch davon her, dass sich bei der Bewegung der Schwelle besonders nach den Seiten gewissermaassen eine Reibung von Kies auf Kies geltend macht. Es lässt sich annehmen, dass feine Kiestheile in die Poren des Holzes eindringen, so dass die Seiten und Unterflächen der Holzschwellen eine ziemliche Rauigkeit annehmen, die durch öfteres Stopfen noch vermehrt wird.

einzuführen \*). Letztere Uebelstände fallen aber bei eisernen Schwellen fort. Um nun von vorneherein die eisernen gegen die hölzernen Schwellen concurrenzfähig zu machen, hat man erstere so leicht als

---

\*) Das Bedürfniss und die Erwägung, die hölzernen und steinernen Unterlagen gegen ein entsprechend dauerhafteres und solideres Material zu vertauschen, datirt bereits aus den 40er Jahren.

Nach den Reisebemerkungen des Landbaumeisters Althaus zu Rotenburg vom 12. October 1847 wurde in England das dritte Geleis auf Steinwürfel gelegt und in Belgien Schwellen von dreieckiger Form von der Hälfte des cubischen Inhalts der gewöhnlichen Schwellen verwendet. In beiden Ländern war man schon damals der Ansicht, **dass für die Folge der Schwellenbedarf nicht mehr zu beschaffen sei und dass man auf andere Ersatzmittel denken müsse.** (Schriftliche Notiz des verstorbenen Kurfürstlich hessischen Provinzial-Wasserbaumeisters Ch. Potente in seinem praktischen Handbuch der Eisenbahn- und Dampfmaschinen-Kunde. Cassel 1847.) Derselbe Autor schreibt ferner im genannten Werke: „Darüber sind die Meinungen noch immer getheilt, was für die Wagen, besonders für die Dampfwagen besser sei: Unterlagen von Holz oder Stein zu wählen.“ . . . . . „Die Wandelbarkeit des Holzes, welche schon im dritten Jahre der Verwendung ihren Anfang nimmt, hat zur Folge, dass z. B. die Unterlagen bei der Tanne schon im 5., bei der Eiche im 10. Jahre ausgewechselt und durch neue ersetzt werden müssen. Die Wahl kann bei Berücksichtigung der nächsten Zukunft und nicht der Gegenwart an den Orten, woselbst gute Steine zu Unterlagen gegen angemessene Preise zu haben sind, nicht schwer fallen.“ . . . . . „Wohin die Benutzung des Holzes zu den Unterlagen führt, wird schon die Folge an den Orten lehren, woselbst der Verbrauch des Holzes mit dem Zuwachse in keinem Verhältniss steht. Wie bekannt, so ist bei der Tanne vom Stämmchen bis zum Baume die Zeit der Entwicklung von 60, bei der Eiche von 120 Jahren erforderlich. Seit Verlauf von dreissig Jahren ist durch ganz Deutschland auf Mittel gesonnen worden, den Holzverbrauch zu ermässigen. Wie wenig wird dieses bei dem Bau der Eisenbahnen beachtet.“ . . . . . „Biegen sich die Schienen, so sind auch diese Unebenheiten dem Dampfwagen hinderlich. Hieraus folgt zunächst, dass eine feste und unnachgiebige Unterlage mit zu den ersten Bedingungen gehört, welchen mit Steinunterlagen wohl am sichersten genügt werden kann.“ u. s. w. Verfasser hält diese Ansichten, die man vor nunmehr beinahe 40 Jahren gehabt und ausgesprochen hat, für interessant genug, um sie hier anzuführen.

möglich construirt. Es ging somit in erster Linie das für die sichere Lage der Schwelle in Frage kommende bedeutende Gewicht verloren. Ferner wurden auch die Reibungsverhältnisse andere und weniger gute, da die Reibung von Holz auf Kies (oder wenn man die auf S. 81 befdl. Anmerkung gelten lassen will: von Kies auf Kies) grösser ist, als die von Eisen auf Kies. Letzterem Uebelstand hat man dann dadurch abgeholfen, dass man die offenen Enden der eisernen Schwellen mit Platten verschloss, so dass dann eine Reibung von Kies auf Kies stattfindet.

Die Theorie des eisernen Querschwellensystems ist eine sehr complicirte und liefert bei ihrem jetzigen Stande auch nur Annäherungsergebnisse, die sich jedoch in den meisten Fällen für die Praxis als ausreichend bewährt haben.

Während bislang für die Berechnung angenommen wurde, dass die Auflagerung der Querschwelle eine gleichmässige sei und der Druck gleichmässig von der ganzen Schwelle aufgenommen und durch dieselbe auf die Bettung übertragen werde, widerspricht dieser Annahme offenbar die Thatsache, dass die Schwellen in ihrer Mitte gar kein Auflager haben, da sie hier entweder gar nicht oder doch nur sehr wenig unterstopft werden dürfen. Es ist daher die Annahme begründet, dass der mittlere Theil der Querschwelle überhaupt zur Druckvertheilung Nichts beiträgt, sondern dass vielmehr der Druck eines Rades nur auf einen gewissen Theil der Schwelle übertragen werde und zwar gleichweit von der Schienenauflagermitte an nach beiden Seiten gerechnet. Der mittlere Theil der Schwelle trägt also nicht, sondern dient gewissermaassen nur dazu, diese beiden äusseren Schwellentheile fest mit einander zu verbinden, hat also den praktischen Zweck die Spurerweiterung, die Neigung der Schiene und durch seine Gewichtsvermehrung die Lage der Schwelle überhaupt zu sichern. Der mittlere Theil derselben kann also unzweifelhaft schwächer gehalten werden, als die beiden äusseren. Und in der That scheint diese Erkenntniss oder auch dieses Gefühl, die sogenannten Einzelunterlagen mit hervorgerufen zu haben, die dann durch verschiedene entsprechende Mittel in ihrer gegenseitigen Lage zu einander möglichst gut erhalten werden sollten, was jedoch selten erreicht worden ist. Man könnte daher die Querschwellen auch als Einzelunterlagen bezeichnen, die, so gut

und vollkommen es geht und nothwendig ist, mit einander verbunden sind.

Denken wir uns ganz allgemein aus einer Querschwelle das mittlere Stück herausgeschnitten und fortgenommen, so würden die beiden übrig bleibenden äusseren Enden in Bezug auf die Tragfähigkeit allein dasselbe wie die ganze Schwelle leisten. Denkt man sich das mittlere Stück nun wieder eingeschaltet und mit den Seitenstücken gelenk- oder scharnierartig verbunden, so wird die Durchbiegung der letztern dieselbe bleiben, während der mittlere Theil an einer Durchbiegung überhaupt nicht Theil nimmt, da durch die Gelenke eine Momentübertragung nicht stattfinden kann. Wenn also die in ihrer ganzen Länge als gleichmässig aufgelagert angenommene und durch die Raddrücke belastete Schwelle eine elastische Linie aufweist, die unter den Schienen eine Durchbiegung nach unten und in der Schwellenmitte eine solche nach oben zeigt, so wird bei der gelenkartigen Einschaltung des Mittelstückes diese Durchbiegung nach oben fehlen, es wird dieser Theil der elastischen Linie horizontal bleiben, während sich die Enden wie unter dem Einfluss einer in der Mitte wirkenden Einzellast durchbiegen werden. Wenn auch zu der Belastung von oben her noch seitliche Kräfte auftreten, so wird doch das Mittelstück durch Biegung nicht weiter besonders beansprucht, es kann also jedenfalls in den Dimensionen schwächer gehalten werden, ebenso wie die Profilirung desselben eine der Beanspruchung gemässe anderweitige sein kann.

Es liegt der Gedanke nun nahe, das jedenfalls in der Mitte der gewalzten Schwelle zu viel befindliche Material zu reduciren und letzteres vielmehr auf die beiden dem Druck ausgesetzten Seiten zu bringen\*).

---

\*) Prof. Dr. E. Winkler sagt hierüber in der 3. Auflage „Der Eisenbahn-Oberbau“. Prag. 1875. Seite 208: „Bei den Querschwellen könnte es allerdings fraglich werden, ob der mittlere Theil nicht überflüssig sei, weil hier jedenfalls der auf die Bettung übertragene Druck pro Flächeneinheit geringer ist und weil auch die Erfahrung an eisernen Querschwellen gezeigt hat, dass es rathsam ist, den mittleren Theil nur schwach oder gar nicht zu unterstopfen, da sich sonst die Theile unter den Schienen stärker eindrücken und nach dem Passiren der Last die Schwelle unter den Schienen hohl liegt. Soviel ist wohl klar, dass im

Wenn Verfasser recht unterrichtet ist, so soll man bereits vor einiger Zeit in Frankreich und zwar bei der Orléansbahn den Versuch gemacht haben, den mittleren Theil der eisernen Querswellen schmaler, aber dafür desto höher, durch Pressen herzustellen. Abgesehen davon, dass die Herstellung solcher Schwellen viel Schwierigkeiten verursacht, wird auch nicht einmal Material gespart. Der mittlere Theil der Schwelle erhält einen Querschnitt, der viel zu stark ist, da die Höhe desselben zwei oder dreimal so gross als die sonstige Schwellenhöhe ist. Ein unnützer Materialaufwand ist aber ein Nachtheil. Es ist daher auch anzunehmen, dass Versuche in dieser Beziehung nicht weiter ausgeführt sind. Untersucht man die Möglichkeit, ob man etwa durch Walzen im Stande wäre, den Querswellen im obigen Sinne eine Form zu geben, so muss zunächst zugegeben werden, dass dies der Fall ist. Man könnte die eisernen Querswellen so walzen, dass der mittlere Theil derselben weniger breit und hoch ist, als die äusseren. Es würde hierdurch in der That eine Materialersparniss erreicht, wenn sich

---

mittleren Theile die Schwelle eine viel geringere Breite nöthig hätte, dass sie aber immerhin auch hier eine gewisse Steifigkeit haben muss, um die richtige Lage der beiden Endtheile zu sichern. Man kommt hierdurch offenbar zu der in § 145 erwähnten Combination von Einzelunterlagen und Querswellen, welche in theoretischer Beziehung wohl höher steht, als das Querswellensystem. Allein in praktischer Beziehung findet wohl das Umgekehrte statt, weil die Zusammensetzung aus 3 Theilen mit Rücksicht auf die nöthigen Verbindungen zu complicirt und kostspielig wird.“

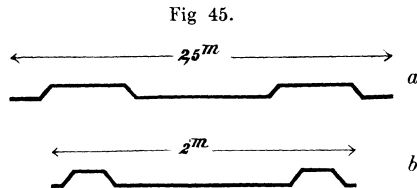
Was den letzten Passus anbetrifft, so gestattet sich Verfasser hierzu zu bemerken, dass die Ansichten hierüber sich in letzterer Zeit doch wieder geändert haben dürften. Heut zu Tage gilt der Grundsatz ziemlich allgemein, dass wenn ein Problem theoretisch als gut und richtig erkannt ist, die praktische Ausführung desselben wohl nur eine Frage der Zeit ist. Wir erinnern nur an alle die mächtigen Errungenschaften des Ingenieur-Wesens der letzten Jahrzehnte, ja der letzten Jahre. Diesen ausgeführten Riesenbauten und aussergewöhnlich schwierigen Constructionen gegenüber dürfte die Realisirung und die praktische Verwendbarkeit solcher Eisenbahn-Oberbau-Probleme, welche theoretisch als gut und zweckmässig anerkannt werden, doch wohl nur geringe Schwierigkeiten verursachen, welche kaum in Frage kommen können.

nicht schwerwiegende praktische Bedenken der Ausführung entgegengesetzten. Abgesehen davon, dass ein kostspieliges Vorwalzen nöthig ist, wird das Material durch Einschränkung der Breite der Schwelle beim Walzen sehr angestrengt und deformirt. Ausserdem erfordert die Herstellung solcher Schwellen einen sehr bedeutenden Durchmesser der Walzen, da der Umfang einer solchen gleich der Länge einer Schwelle plus der doppelten Schwellenhöhe betragen müsste. Bei einer Schwellenlänge von 2,5 m und einer Höhe von 7 cm würde z. B. der Durchmesser solcher Walze rot. 94 cm. betragen.

Man hätte vielleicht auch durch Anwendung von Universalwalzen oder excentrischen Walzen die Möglichkeit auch mit der Höhe der Schwelle zu variiren, allein bei der grossen Geschwindigkeit, mit der sich die Walzen drehen müssen, um den Profilen die nöthige Form bei noch genügend vorhandener Glühhitze zu geben, werden bei solchen Querschnittsveränderungen die Fasern stets sehr beansprucht werden, so dass man wohl aus allen diesen Gründen solche Herstellung von Querschwellen mit veränderlichem Querschnitt niemals unternehmen wird. Auch ist in der Literatur Nichts darüber bekannt geworden.

Sieht man jedoch von dieser Herstellung ab, so ist es noch in anderer Weise möglich eine gewünschte Variation des Querschnitts zu erreichen.

Würde man nämlich in der Lage sein Profile jeder beliebigen Dimension zu walzen, so würden als eine allgemein theoretische Grundform für eine Querschwelle sich z. B. untenstehende Profile (Fig. 45) ergeben. Da solches Profil, das in einer Breite von

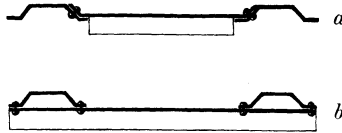


Theoretische Entwicklung der Längenform einer eisernen Querschwelle. —  $\frac{1}{50}$  nat. Gr.

2—2,5 m hergestellt werden müsste, sich natürlich ohne Weiteres nicht ausführen lässt, und da der flache rechteckige Querschnitt des mittleren Stücks ungeeignet und nicht widerstandsfähig ist, so

scheint es naturgemäss, die Theile für sich zu walzen und den mittleren durch ein stärkeres Profil, z. B. ein T-förmiges zu ersetzen oder die beiden Aussenprofile auf ein durchgehendes T-Eisen zu setzen und eine Verbindung dieser Theile durch Vernieten etc. zu bewirken. So entstünden die in Fig. 46 dargestellten Anordnungen.

Fig. 46.

Theoretisch - rationale Längenform eiserner Querschwellen. —  $\frac{1}{50}$  nat. Gr.

Haben dieselben auch in dieser Grundform vielleicht noch manche Veränderungen für eine praktische Verwerthung zu gewärtigen, so erkennt man doch aus dieser Entwicklung, dass sich die Form der Querschwelle in eine Einzelunterlage mit Querschwellen oder in eine Querschwelle mit Einzelunterlagen verwandeln lässt, je nachdem die Einzelunterlage oder die Querschwelle mehr vorherrscht.

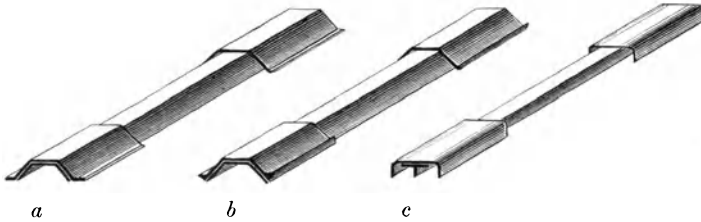
Auch durch eine andere Betrachtung kommt man zu diesen oder ähnlichen Resultaten.

Geht man nämlich wieder von der Anschauung aus, dass der mittlere Theil der Schwelle schwächer gehalten werden kann, weil er praktisch und theoretisch eine Druckvertheilung auf eine nicht vorhandene Bettung nicht wohl aufnehmen kann, berücksichtigt man ferner den Umstand, dass die meisten eisernen Querschwellen notorisch zu schwach construirt sind und dass, wie es in der Lehwald'schen Broschüre auf S. 57 nachgewiesen ist, den eisernen Schwellen ein grösseres Trägheits- resp. Widerstandsmoment zu geben ist, so liegt es nahe, diese Verstärkung jedoch nur auf die äussersten Theile der Schwelle anzuwenden. Wäre für irgend ein Profil, z. B. für ein trapezförmiges, die Schwelle zu schwach construirt, so liesse sich, wie in Fig. 47a—c gezeigt, eine Verstärkung, die durch Vernietung oder sonst wie zu bewirken wäre, leicht erreichen.

Eine genaue Berechnung würde ergeben, ob man in solcher Weise vielleicht im Stande wäre, die jetzt als zu leicht befundenen

Profile, die eventuell beibehalten werden könnten, zweckmässig zu verstärken. Man würde dann auch die Schwellenlänge verkürzen können, da das vergrösserte Trägheits- resp. Widerstandsmoment an den Enden der Schwelle in Bezug auf die Druckvertheilung

Fig. 47.

Theoretisch - rationale Längenform eiserner Querswellen. —  $\frac{1}{50}$  nat. Gr.

wenigstens ebenso günstig wirken würde, als wenn eine zwar etwas längere Schwelle, die jedoch einen schwächeren in Frage kommenden Querschnitt besitzt, vorhanden wäre.

Schliesslich glaubt Verfasser noch die Frage berühren zu dürfen, ob es unter Umständen nicht vielleicht zweckmässig wäre, eine Querschwelle zu construiren, deren Profil nicht, wie es sonst der Fall ist, aus einem Stück gewalzt, sondern aus leicht walzbaren Profilen, die alle theoretischen und praktischen Erfordernisse in sich schliessen, zu einem Ganzen vernietet würde. Auf den ersten Augenblick könnte dieser Vorschlag sehr unzuweckmässig und nicht durchdacht erscheinen, allein es käme hierbei doch lediglich auf den Kostenpunkt an, da eine Tragfähigkeit und Sicherheit sich natürlich ebenso gut erreichen lässt durch Vernieten mehrerer Theile. Ein günstiges Moment bildet entschieden der Umstand, dass für die Querswellen ein Biegen der einzelnen Theile ganz ausgeschlossen bliebe. So würden sich scheinbar die im Handel vorrätigen Quadranteisen dafür eignen, die ein  $\Gamma$ - oder ein  $\bar{\Gamma}$ -Eisen zwischen sich aufnehmen könnten, das die Unterlage für die Schienen bildet (Fig. 48 a). Bei genügender Steifigkeit des  $\Gamma$ - Eisens und hinreichender Tragfähigkeit der Quadranteisen brauchen letztere nicht auf die ganze Schwellenlänge durchgeführt zu werden, so dass sich eine derartige Schwelle darstellt, wie es Fig. 48 b angeibt. Statt der Quadranteisen könnte man auch Profile wählen, welche in ihrem Gesamt-



querschnitt sich den günstigen Formen der Haarmann'schen Schwelle anschließen. Ein Aufbiegen der seitlichen Profile kann dann wieder, wie bei den entsprechenden Langschwellsystemen, durch Verankerungen verhindert werden. Diese Verankerungen sind hier zweck-

Fig. 48 a.

Zusammengesetztes Querswellenprofil. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 48 b.

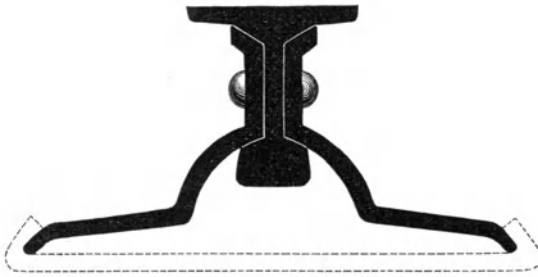
Gesamt-Anordnung solcher Querschwelle resp. Combination von Querschwelle und Einzelunterlagen. —  $\frac{1}{50}$  nat. Gr.

mässig mit den Verschlussplatten direct zu verbinden, so dass letztere sowohl ein Ausfliessen des zwischen den Seitenprofilen befindlichen Kiesel zu verhindern, als auch zu gleicher Zeit einem Aufbiegen derselben zu widerstehen hätten. Am einfachsten liesse sich dies wohl erreichen, wenn geeignete Verschlussplatten mit Rändern von den Seiten her über das Profil geschoben und befestigt würden. Modificiren lassen sich diese Anordnungen selbstverständlich in vielfacher Weise.

Eine Modifikation dieser zusammengesetzten Schwellen soll hier noch erwähnt werden. Dieselbe gestattet die **Verwendung alter breitbasiger abgefahrener Schienen**. Letztere werden statt des **I**-förmigen Zwischenstückes verwendet, wie Fig. 49 es zeigt. Die Schiene ist durchgehend gedacht, während die als Einzelunterlagen

dienenden seitlichen Lappen sich nur auf eine gewisse Länge unter den Schienen befinden. Diese Anordnung ist analog der in Fig. 37 dargestellten. Die offenen Seiten sind wieder zweckmässig zu verschliessen. Die Verwendung alter Schienen für Querschwellenconstructions ist übrigens nicht neu. Soviel bekannt ist, hat ein öster-

Fig. 49.



Combination von Querschwellen und Einzelunterlagen unter Benutzung alter abgefahrener Schienen. —  $\frac{1}{3}$  nat. Gr.

reichischer Ingenieur Namens Oesterreicher bereits vor mehreren Jahren Vorschläge in diesem Sinne gemacht. Derselbe ordnet jedoch die alten Schienen mit der Basis nach unten an und schiebt über die Schienenenden ungleichschenklige C-Eisen  $\square$ , deren oberer kurzer Schenkel den Fahrschienen als Auflager dient und dessen unterer langer Schenkel den Druck auf die Bettung übertragen soll\*). Ob die nach oben gekehrte Schienenbasis, wie Verfasser vorgeschlagen hat, in ihrer Breite für ein Schienenauflager nicht schon genügt, und ob die Anordnung der Seitenlappen in mancher Beziehung nicht vortheilhafter ist, muss die Erfahrung zeigen. Jedenfalls scheint eine derartige Verwendung alter Schienen für Querschwellenconstructions unter manchen Verhältnissen nicht unrationell zu sein.

Berücksichtigt man für alle diese Querschwellenformationen die Schienenneigung, so lässt sich diese durch die verschiedensten Mittel leicht herstellen. Zu diesen gehören beispielsweise das schräge Einpressen der Auflagerstelle der Schienen oder Anwendung von Unterlagsplatten, die gleich mit der erforderlichen

\*) Siehe: Heusinger von Waldegg. Handbuch für specielle Eisenbahn-Technik. Bd. I. 4. Aufl. 1877. Seite 291.

Neigung versehen sind, sodann in letzter Linie das Biegen der Schwellen resp. das Umbiegen der äusseren Enden derselben. Man muss zugeben, dass diese Mittel sehr einfacher Natur sind, so dass irgend eine Schwierigkeit in dieser Beziehung nicht wohl erwartet werden dürfte.

Die Verwendung alter Schienen zu Querschwellen-Constructionen lässt natürlich viele Varianten zu, die hier jedoch nicht weiter berücksichtigt werden sollen, da das angeführte Beispiel zur Erläuterung genügen dürfte.

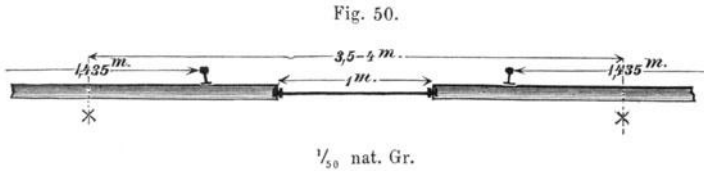
Kehren wir daher wieder zu den vorher besprochenen verstärkten Querschwellen zurück.

Ein grösseres Gewicht derselben soll ausser einer grösseren Tragfähigkeit auch noch den Vortheil in sich schliessen, dass einem Verrücken und seitlichen Verschieben, sowie einem Vorwärtsbewegen möglichst vorgebeugt wird. Gegen das seitliche Verschieben etc. und gegen ein Herausdrängen des Bettungsmaterials aus der hohlen Schwelle ist die Anordnung von verschlossenen Schwellenköpfen vorgeschlagen und schon vielfach mit Erfolg angewandt. Verfasser schliesst sich hier ebenfalls den Erfahrungen und Ansichten der deutschen Ingenieure\*) an, dass die in Folge des Seitenverschlusses hervorgebrachte resp. erzwungene **Reibung von Kies auf Kies** einen triftigen Grund für diese Anordnung bildet. Es fragt sich, ob diese prinzipiell gute Anordnung sich durch ein Schwerermachen der Schwelle ohne weiteren nennenswerthen Materialaufwand nicht

---

\*) Im Gegensatz hierzu hält der englische Ingenieur Mr. Charles Wood und mit ihm Verschiedene es für völlig zwecklos, die Köpfe der Schwellen zu verschliessen. Er behauptet, dass das Herausdrängen des Kieses nur durch die Verwendung zu leichter Schwellen veranlasst sei, worin wohl wenigstens etwas Wahres liegen könnte. Seine ferneren Behauptungen, dass in geraden Linien und flachen Curven eine Tendenz zum seitlichen Verschieben nicht vorhanden sei, ist erst in jüngster Zeit wieder von deutschen Eisenbahn-Ingenieuren im Verein für Eisenbahnkunde in der Sitzung vom 6. Dez. 1881 ebenfalls für nicht zutreffend und für hinfällig erklärt worden. — Wie man hieraus sieht, gehen die Ansichten von Fachleuten in scheinbar gar nicht diskutirbaren Fragen häufig völlig auseinander, wofür noch verschiedene Belege gebracht werden sollen.

noch vervollkommen liesse. Verfasser glaubt durch ein einfaches Mittel dieses Ziel unter Umständen erreichen zu können, indem er die beiden nahezu in einer Vertikalebene liegenden Schwellen zweier Nachbargeleise ab und zu durch eine eiserne Verankerung, die nur wenig Material beansprucht in geeigneter Weise verbindet, wie Fig. 50



im Prinzip darstellt. Hierbei ist natürlich eine zweigeleisige Bahn vorausgesetzt. Ebenfalls müssten die zu kuppelnden Schwellen beider Geleise in Curven möglichst nach einem Mittelpunkt hinzielen, was sich vielleicht mit Rücksicht auf eine hierdurch zu erreichende festere Lage derselben annähernd durchführen liesse. Durch diese Verbindung soll ferner bewirkt werden, dass bei einer eventuellen seitlichen Verschiebung einer Schwelle nunmehr das Gewicht beider Schwellen plus Kieseinlage zur Geltung kommt. Hierzu tritt bei Schwellen deren Enden verschlossen sind, die Reibung von Kies auf Kies in beiden Schwellen. Da aber der Effekt der Reibung sich ausdrückt durch die Formel  $N \cdot f$ , wo  $N$  den Normaldruck resp. das Gewicht und  $f$  den Reibungscoefficienten bezeichnet, so ist klar, dass durch Vergrößerung von  $N$  eine Vergrößerung des ganzen Productes hervorgerufen wird. Dass nun bei der seitlichen Verschiebung einer Schwelle sich jetzt zwei Verschlussplattenflächen der Bewegung entgegensetzen, ist scheinbar ein weiterer Vortheil. In der That tragen diese Verschlüsse aber fast Nichts dazu bei, wie aus obiger Formel zu ersehen ist. Die Kraft, die dazu gehört, das Bettungsmaterial vor den Schwellenköpfen wegzudrängen, sei  $K_1 = N_1 \cdot f$ , während das Fortbewegen einer Schwelle mit eingeschlossenem Kiesrücken eine Kraft  $K = N \cdot f$  verlangt. Der Factor  $f$ , d. h. der Reibungscoefficient von Kies auf Kies bleibt in beiden Fällen derselbe, während  $N_1$  gewöhnlich verschwindend klein ist gegen  $N$  und umso mehr gegen  $2 \cdot N$ , da z. B. an den Aussenseiten der Schwellen nur häufig ein schmaler Kiesstreifen liegt, der nur in Breite des Schwellenprofils

fortgedrängt zu werden braucht. Die beiden fraglichen Kräfte stehen also in dem Verhältniss von  $N_1 : N$ , wo  $N_1$  das Gewicht des kleinen Kiesstückes vor den Schwellenköpfen bezeichnet,  $N$  jedoch das Gewicht beider verankerter Schwellen plus der beiden eingeschlossenen Kieskoffer bildet. Man erkennt hieraus, wie wenig diese Verschlussplatten dazu beitragen, einer seitlichen Verschiebung vorzubeugen\*). Jedenfalls trägt aber eine Schwellen-Verankerung, welche durch Schrauben an den nach der Bahnaxe zu gelegenen Verschlussplatten befestigt werden könnte, dazu bei, das Gewicht des fortzubewegenden Theils zu vergrössern resp. zu verdoppeln. Nimmt man aber überhaupt an, dass dieses Gewicht der Schwellen und Kiesrücken in Bezug auf eine feste Lagerung derselben den verhältnissmässig grossen Kräften gegenüber, welche als rollendes Material auf das Gestänge wirken, in Betracht kommt, so scheint sich vorgeschlagene Anordnung in dieser oder ähnlicher Weise zur Vermehrung dieses Gewichts wohl zu empfehlen.

Das geringe Plus an Material, das durch diese Verbindung entsteht, würde der zur Vermeidung der Verschieblichkeit vorgeschlagenen Verstärkung der Schwellen höchstens gleich kommen, vielleicht derselben sogar vorzuziehen sein. —

Alle diese Vorschläge und Bemerkungen berücksichtigen in erster Linie **die eisernen Querswellen in ihrer Längsrichtung**. Es scheint der Vollständigkeit wegen und aus sonstigen Gründen jedoch auch angebracht zu sein, speciell **die Querschnittsform** derselben noch näher in Betracht zu ziehen. Verfasser bemerkt hierbei, dass die aus dem Vorhergehenden gewonnenen Resultate selbstverständlich auch auf die folgenden Entwicklungen und Betrachtungen angewendet werden können, jedoch auch ohne diese ihre Geltung haben sollen.

---

\*) Man könnte den Effekt allerdings durch Vergrösserung dieser Verschlussplatten erhöhen, die eventuell gegossen und falls erforderlich nach Art von Ankerplatten mit Rippen versehen werden könnten, so dass die Platten nach mehreren oder allen Seiten hin über das Schwellenprofil hinausragten, jedoch in der Bettung liegen müssten. Es ist aber wohl kaum anzunehmen, dass die ziemlich erheblichen Kosten für derartige vergrösserte Verschlussplatten einen entsprechenden Erfolg erzielen würden.

Soviel bekannt geworden ist, sind verstärkte Querschwellen im obigen Sinne überhaupt noch nicht zur Verwendung gekommen, dagegen sind allerdings in einigen wenigen Fällen schmiedeiserne Einzelunterlagen mit Querverbindungen combinirt, die gewissermaassen als Querschwellen zu betrachten sind, ausgeführt. Als Beispiel sei das System Wilson angeführt, das in Indien verlegt ist. (Vergl. Winkler's Eisenbahn-Oberbau. 3. Aufl. Prag 1875. S. 178.)


Im Uebrigen sind bisher nur eiserne Querschwellen verwendet resp. vorgeschlagen, deren Profil der ganzen Länge nach gleichmässig durchging.


Was diese eisernen Querschwellen überhaupt betrifft, so sind dieselben seit Anfang der 60er Jahre zuerst in Belgien, später auch in Frankreich und Portugal und bald darauf auch in Deutschland und verschiedenen anderen Ländern zur Anwendung gekommen. Die Profile dieser bis heute verwendeten eisernen Querschwellen sind sehr verschieden. Es scheint fast, als ob bereits alle sich nur irgend wie eignenden Querschnitte für Letztere versucht sind. Da bei der Besprechung des Langschwellenoberbaues die hauptsächlichsten und bisher am gebräuchlichsten, sowie die allerneusten Schwellenprofile durch zahlreiche Holzschnitte erläutert sind, so scheint es zweckmässig, die verschiedenen projektirten resp. zur Verwendung gekommenen Profile der eisernen Querschwellen wenigstens durch ihre charakteristische Form wiederzugeben, um gleichzeitig ein einigermaassen übersichtliches Bild von den bisherigen Bestrebungen auf diesem Gebiete zu verschaffen. Es mögen daher eine Reihe von eisernen Querschwellen-Profilen hier aufgeführt werden, von denen die meisten, wenigstens versuchsweise, angewendet sind. Da die Höhe dieser skizzirten Profile in der Zeichnung der Gleichmässigkeit wegen überall gleich angenommen ist, so sind diese kleinen Querschnitte fast sämmtlich nach verschiedenen Maassstäben gezeichnet. Um jedoch ein richtiges Bild von jedem einzelnen Profil erhalten zu können, so ist für jedes derselben die Höhe der Schwelle in die betreffende Figur eingetragen und ebenso wie die obere und untere Schwellenbreite im Text vermerkt\*). Unter Berücksichtigung dieser

---

\*) Jeder Querschnitt ist an und für sich möglichst im richtigen Verhältniss der Höhe zur oberen und unteren Breite wiedergegeben.


Gesichtspunkte lassen wir nunmehr die verschiedenen Systeme folgen:


System Cosyns. 1862. -förmige Querschwelle mit eichenen Polsterhölzern als Schienenaufleger. Versuchsweise angewendet auf der Belgischen und Holländischen Staatsbahn. Schwellenbreite 180, Schwellenhöhe 60.

System Vautherin. 1864. -förmige Querschwelle. Obere Schwellenbreite 80; untere Schwellenbreite 260; Schwellenhöhe 65.

Dieses System ist ausser auf französischen, belgischen und schweizer Bahnen auch in Deutschland in mannigfacher Variation zur Verwendung gekommen. Diese Variation betrifft, abgesehen von den verschiedenen Längen der Schwellen, hauptsächlich a) die obere b) die untere Schwellenbreite, c) die Schwellenhöhe, d) die Stärke und Profilirung der Kopfplatte, e) die Stegstärken, die sich gewöhnlich nach unten verjüngen, f) die Länge und Stärke der horizontalen Fusslappen.


Nach Lehwald: „Der eiserne Oberbau“ betragen diese Maasse in mm für das

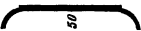
|   | Obere Schwellenbreite | Untere Schwellenbreite | Schwellenhöhe | Stärke der Kopfplatte | Stegstärke | Länge und Stärke der Fusslappen |
|---|-----------------------|------------------------|---------------|-----------------------|------------|---------------------------------|
| 1. Profil d. Rheinischen Bahn   | 100                   | 220                    | 60            | 8                     | 7 auf 6    | 15 × 9                          |
| 2. Profil der Bergisch-Märkischen Bahn I . . . . .  | 80                    | 230                    | 66            | 13                    | 10 „ 7     | 30 × 8                          |
| 3. Profil der Bergisch-Märkischen Bahn II  . . . . . | 80                    | 230                    | 66            | 13 u. 8,5             | 8,5 „ 6    | 30 × 6                          |
| 4. Profil der Hannoverschen Staatsbahn . . . . .  | 100                   | 250                    | 70            | 10                    | 8          | 23 × 10                         |


Ferner ist das System Vautherin noch in der Weise verschieden modificirt, dass die horizontalen Fusslappen in Fortfall gekommen sind und statt derselben schneidenartige Füße , wie z. B. bei der Reichseisenbahn in Elsass-Lothringen, angeordnet sind. Eine fernere Abart ist das:

System Schaltenbrand . Ein trapezförmiges Profil mit horizontalen Füßen ist unten durch ein Blech geschlossen. Der


innere Raum ist durch Kies, Beton etc. ausgefüllt. Obere Schwellenbreite 70; untere Schwellenbreite 250; Schwellenhöhe 120.


System Foliés und Collet. -förmige Querschwelle. Obere Schwellenbreite 100; untere Schwellenbreite 260; Schwellenhöhe 90.


System Le Crenier. -förmige Querschwelle. In Portugal versuchsweise angewandt. Obere Schwellenbreite 210; untere Schwellenbreite 300; Schwellenhöhe 50.


System Steinmann. 1866. -förmiger Querschnitt. Schwellenbreite 263; Schwellenhöhe 104.


System Winkler. 1867. -förmiger Querschnitt. Obere Schwellenbreite 90; untere Schwellenbreite 150; Schwellenhöhe 90.


System Langlois. -förmige Querschwelle. (Zorès-Eisen) mit unterhalb der Schienen vernieteten Blechplatten. Bei Paris versucht. Obere Schwellenbreite 30; untere Schwellenbreite 110; Schwellenhöhe 110; Länge der Platte 350 bei 5 Stärken.


System Humbert. -förmige Querschwelle. Auf der französischen Ostbahn probirt. Obere Schwellenbreite 60; untere Schwellenbreite 210; Schwellenhöhe 60.


System Tardieu. -förmige Querschwelle. Ebenfalls auf der französischen Ostbahn versucht. Obere Schwellenbreite 70; untere Schwellenbreite 210; Schwellenhöhe 95.

System Legrand. -förmige Querschwelle. Belgische Bahnen. Obere Schwellenbreite 65; untere Schwellenbreite 240—260; Schwellenhöhe 65.

System der Lüttich-Mastrichter Eisenbahn. förmige Querschwelle aus gewelltem Blech. Länge zweier Wellen 250; Höhe 40.

System der Hessischen Ludwigsbahn. -förmiges Profil. (Hilf'sche Weichenschwelle.) Obere Schwellenbreite 120; untere Schwellenbreite 220; Schwellenhöhe 60.

System Lazar. 1879. -förmige Querschwelle. Auflagerbreite 190; obere Schwellenbreite 205; Schwellenhöhe 64.

System Haarmann. 1880. -förmige Querschwelle. Obere Schwellenbreite 110; untere Schwellenbreite 250; Schwellenhöhe 75; Die Schienen ruhen auf gusseisernen Sattelstücken, die nebst ersteren mittelst der auch dem Haarmann'schen Langschwelenoberbau eigenthümlichen Klammerbefestigung mit der Schwelle verbunden werden.



Die Patentertheilungen resp. Patentanmeldungen der letzten Jahre weisen noch eine ganze Reihe von eisernen Querschwellenprofilen auf. Die oben angeführten Systeme dürften jedoch schon im Wesentlichen genügen, um Zeugniß darüber abzulegen, wie erschöpfend, aber auch wie unzweckmässig vielfach die Profile für eiserne Querschwellen behandelt sind. Die neuen Vorschläge sind meistens nur als Modifikation der bereits vorhandenen Profile zu betrachten. Hierzu kommt noch, dass man die für Langschwellen bestimmten Querschnitte auch für Querschwellen nutzbar zu machen versucht hat, so dass dieses Capitel des Eisenbahn-Oberbaues eine unendlich reiche Auswahl von Profilen zulässt.

Selbstverständlich können die nur oberflächlich angeführten und angedeuteten Profile der eisernen Querschwellen nicht beanspruchen, die grosse Reihe derselben auch nur annähernd erschöpft zu haben. In Belgien, Frankreich, England, Amerika, Schweden etc., ja selbst in Deutschland sind vielfach Profile versucht oder vorgeschlagen, von denen selbst der grosse Durchschnitt der Fachgenossen aus dem Grunde keine Kenntniss hat, weil eine Veröffentlichung dieser Profile in technischen Fachblättern nicht erfolgt ist. Die von den Patentämtern der verschiedenen Staaten veranlasste Zusammenstellung aller in dieses Gebiet fallenden Erfindungen und Neuerungen ist, so viel bekannt, nicht für die Oeffentlichkeit bestimmt, hat also für Eisenbahn-Ingenieure keinen Zweck. Wünschenswerth wäre es jedoch sehr, dass derartige encyclopädisch angeordnete Zusammenstellungen den technischen Kreisen zugänglich gemacht würden, um das gesammte Material vor Augen haben zu können.

Wenn auch zugegeben wird, dass viele auf den eisernen Oberbau bezügliche Constructionen, die im Lauf der Zeit von berufenen und unberufenen Technikern oder Nicht-Technikern erdacht und ausgeführt sind, keinen praktischen Werth haben und dass manche gute Construction durch Neuerungen höchstens unzweckmässiger geworden ist, so ist doch andererseits wieder nicht zu leugnen, dass die Kenntnissnahme solcher Anordnungen seitens der technischen Welt letzterer von grossem Vortheil sein muss. Es würden Manche abgehalten, über Constructionen zu sinnen, deren Unzweckmässigkeit sich vor so und so viel Jahren bereits ergeben hat, oder Versuche anzustellen, deren Resultatlosigkeit schon öfter nachgewiesen ist.

Unter allen Umständen würde eine **Statistik des gesamten Eisenbahn-Oberbaues** von unendlichem Werth für eine objective Beurtheilung und für eine rationelle Vervollkommnung desselben sein, welch Letztere dann wieder im Wege des Experimentes auf Grund theoretischer Ergebnisse und praktischer Erfahrung zu erreichen wäre. Würde ein derartiges Sammelwerk gleichzeitig die Resultate aller der Versuche enthalten, die von wirklichen und gewissenhaften Fachleuten ausgeführt sind, so hätte man Mittel in der Hand, früher oder später die für menschliche Verhältnisse genügende Grenze der Vervollkommnung zu erreichen.

Der für die gesammte Technik leider zu früh verstorbene Freiherr M. M. von Weber († 1881) führt in seinem Werke: „Die Stabilität des Gefüges der Eisenbahn-Geleise“ (Weimar 1869) den Entwicklungsweg an, den der eiserne Oberbau durchzumachen hat. Der erste Weg ist der der subjectiven Anschauungen oder der der sogenannten „Eigen-Erfahrung,“ die Weber möglichst zu beseitigen wünscht. Der zweite beruht auf der Statistik der That-sachen und der dritte ist der des rationellen Experimentes. Die beiden letzten sind mühselig und schwierig, können aber allein zum richtigen Ziele führen. Weber sagt über diese beiden Punkte a. a. O. S. 7;

„ . . . . . Diese Wohlbegründung (auf genügende That-sachen) aber wird in ausserordentlich vielen Fällen in der Sphäre des technischen Lebens auf dem zweiten, sorgsamst zu kultivirenden Wege der praktisch wissenschaftlichen Forschung erzielt werden, dem einer geistvoll angelegten und gehandhabten Statistik der Vorgänge, welche den zu erörternden Fall beleuchten.

Die Statistik ist die in Zahlen ausgedrückte Erfahrung im Grossen, und der Schluss vom Grossen und Allgemeinen auf das Specielle wird immer sehr viel Chancen haben, der Wahrheit nahe zu kommen.

Der Weg ist nicht ohne Mühe; in der technischen Welt noch wenig gäng und gäbe und verlangt zu seiner geschickten und erfolgreichen Betretung des Talents und der Uebung, wie alle Pfade, die zu was Rechtem führen. Es ist aber auch der unbequemste, weil seine Zahlen sich so gar nicht um hohe

oder niedere Wünsche kümmern und aus diesen beiden Gründen der bisher am Wenigsten beschrittene.

Der dritte Weg ist der des rationellen Experimentes mit dem Messapparat oder durch versuchsweise Ausführung einer Idee im Grossen, oder durch geordnete Beobachtung an den Organen des Eisenbahnmechanismus selbst.

Wer auf diesem Wege, von dem aufrichtigen Wunsche beseelt, wirklich zum Ziele zu kommen, einmal gegangen ist, der wird wissen, dass er der mühevollste, Geist und Körper am meisten abspannende von allen ist, dass zur Anstellung des Versuchs oder der Beobachtung, der Construction der zugehörigen Instrumente, der zweckentsprechendsten Zusammensetzung der Probleme und Resultate ebenso viel Talent als Ausdauer und Feinheit der Urtheilskraft gehören; dass es der grössten wissenschaftlichen Redlichkeit und Liebe zur Wahrheit bedürfe, um nicht aus der Fülle der Erscheinungen die vorgefasste Ansicht heraus zu experimentiren und heraus zu beobachten; und dass endlich die Selbstverleugnung nicht hoch genug anzuschlagen sei, die es über sich gewinnt, Meinung und Ansicht von Experiment und Beobachtung als besiegt anzuerkennen. Daher kommt es auch, dass, von diesem Pfade ab, der der directesten einer zum Ziele ist, so viele Techniker, welche dieser oder jener dieser Eigenschaften, in höherem oder niederem Grade, ermangelten, auf die wunderlichsten und krausesten Irrwege geriethen. . . .“

Soweit M. M. Freiherr von Weber, der durch seine unzähligen und rastlosen Versuche dazu beigetragen, wenn nicht überhaupt ermöglicht hat, dass die verschiedenen Theorien in Bezug auf eiserne und überhaupt auf Oberbau-Constructions für die Praxis verwendbar gemacht werden konnten, da er die Coefficienten bestimmte, ohne deren Kenntniss die theoretischen Ergebnisse auch nur theoretisches Interesse haben können. —

Wir kommen jedoch auf die theoretische Behandlung resp. Besprechung der eisernen Oberbau-Systeme weiter unten ausführlicher zurück. Daher sei es gestattet auf die praktische Ausbildung des Querschnitts der eisernen Querschwellen hier noch etwas näher einzugehen und zu untersuchen, ob sich auf Grund theoretischer und

praktischer Gesichtspunkte die allgemeine Querschnittsform derselben nicht noch vortheilhaft modificiren lässt.

Betrachten wir zunächst den trapezförmigen Querschnitt mit horizontalen Füßen, d. h. also das System Vautherin, in Bezug auf seine Fussform.

Eine Anhäufung des Materials an den unteren Enden der Stege wird theoretisch immer rationell sein, da solches Profil dann im Prinzip stets als doppelt-T-förmig anzusehen ist. Es liesse sich nun vielleicht ganz zweckmässig die Anordnung treffen, dass statt eines horizontalen Fusslappens ein winkelig- oder rundgebogener angeordnet würde, ähnlich wie dies bei den verschiedenen Modifikationen der Haarmann'schen Schwelle geschehen ist. Ein derartiges Profil würde dann wie neben-



stehend angedeutet aus-  
sehen. Der horizontale Schenkel des Fusslappens würde die Stabilität des Profils erhöhen, während die unteren Schenkel das Herausquellen des Bettungsmaterials (besonders im feuchten Zustande desselben) verhindern und überhaupt dasselbe besser zusammenhalten würde. Ferner werden sich solche Füße nun nicht mehr dort, wo die Bettung weniger nachgiebig ist, fest auflagern und zu unvortheilhaften Querbiegungen Veranlassung geben können, da der nahezu verticale, geneigte oder gebogene untere Schenkel (analog dem verticalen Schenkel eines Winkeleisens) sich in die Bettung eindrücken und gefährliche Spannungen vermeiden wird. Der Haarmann'schen Construction gegenüber erscheinen diese Fusschenkel allerdings ziemlich unbedeutend und kurz. Hierzu sei jedoch bemerkt, dass die Länge der Fussflügel beim Haarmann'schen Langschwellerbau (Berliner Stadtbahn-Construction) durch die Fussbreite der breitbasigen Schienen und durch die Klammerbefestigung so zu sagen bedingt ist. Die Länge eines solchen Flügels beträgt 110 mm. Dieses Maass ist nothwendig, um eine untere Schwellenbreite von 320 mm zu erzielen.

Die eisernen Langschweller erfordern überhaupt eine breitere Basis für eine gute Stabilität, das heisst, um eine sichere Lagerung der Schwelle zu erzielen, als die eisernen Querschwellen. Bei ersteren wirkt am oberen Theil des Gestänges in Folge der Seitenstösse des rollenden Materials ein bedeutendes Umsturzmoment, welches durch

ein genügend grosses Stabilitätsmoment der Schwelle aufzuheben ist. Letzteres Moment wird aber um so grösser, je breiter die untere Schwellenbreite, oder je grösser das Gewicht des betreffenden Schwellenprofils angenommen wird. In der Annahme des Gewichts ist man jedoch aus praktischen Gründen beschränkt, daher bleibt nur übrig zur Erlangung einer hinreichenden Stabilität für Langschwelle die Basis derselben möglichst gross anzuordnen.


Die eisernen Querschwelle beanspruchen nicht diese Basisbreite, da der Hebelsarm des Stabilitätsmomentes von der Länge der Spurweite ein Umkippen der Schwelle im obigen Sinne überreich verhindert. Für diese verlangt die Druckvertheilung, das Unterstopfen und um ein Umkippen in der Schienenrichtung zu verhüten, natürlich eine gewisse Breite, die den Langschwelle gegenüber jedoch bedeutend ermässigt werden kann.

Bei der Haarmann'schen Querschwelle ist daher auch eine untere Breite von 250 mm für genügend erachtet. Die obere Schwellenbreite ist auf 110 mm festgesetzt, so dass unter Berücksichtigung der etwas schräg laufenden Stege für jeden Fussflügel nur etwa 60 mm (gegen 110 mm bei der Langschwelle) Länge übrig bleiben.

Verfasser scheint diese Reducirung ein prinzipieller Vortheil zu sein, da die sehr langen und dabei verhältnissmässig schwachen Fussflügel unmöglich eine gleichmässige Druckvertheilung auf den Untergrund bewirken können. Kürzere Flügel bei sonst denselben Dimensionen werden in dieser Beziehung wirksamer sein. Im ersteren Fall wird die Druckvertheilung in praxi sich jedenfalls ungünstiger stellen müssen, als die Berechnung ergibt, da dieser gewissermaassen ein steifer Querschnitt zu Grunde gelegt ist, der jedoch in Wirklichkeit nicht als ein solcher betrachtet werden kann. Das vorgeschlagene Trapez-Profil mit dem umgebogenen kurzen Fuss\*) ist den Haarmann'schen Profilen gegenüber jedoch viel steifer. Daher wird die Druckvertheilung eines solchen Querschnitts

---

\*) Ein solcher kurz umgebogener Fuss lässt sich natürlich auch für alle andern sonstigen Querswellenprofile mit gleichem Erfolg anwenden. Die betreffenden Profile müssen sich allerdings walzen lassen, da sonst diese Fussanordnung a priori verworfen werden müsste.

auch günstiger werden. Eine Verstärkung der Ecken, an denen Kopfplatte und Seitenstege zusammenstossen, würde zu einer grösseren Steifigkeit des ganzen Profils auch wesentlich beitragen. Man hat die Kopfplatte (siehe Querschwellenprofil der Bergisch-Märkischen Bahn Seite 95) in der Mitte verstärkt, hauptsächlich wohl wegen der Schienenbefestigung mittelst Keilen u. s. w. Zweckmässiger scheint es jedoch zu sein, eine solche Befestigung lieber durch eine andere zu ersetzen und dafür die Ecken der Kopfplatte zu verstärken, wie es beistehende Skizze zeigt:  Man wäre dann auch im Stande für die Schienenbefestigung Klemmplatten mit Schrauben zu verwenden, deren Kopf keilförmig gestaltet wäre und sich in die entsprechende konische Vertiefung der unteren Seite der Kopfplatte beim Anziehen der Mutter fest und unverrückbar einspannte.

In Bezug auf die obere Breite der Schwelle, d. h. auf die Breite der sog. Kopfplatte, ist noch zu untersuchen, ob eine grössere oder geringere Breite für eiserne Querschwellen vortheilhafter ist.





Die gewöhnliche Breite der Holzschwellen beträgt 250 mm, die der Stossschwellen 320 mm. Man hat jedoch schon bei letzteren die Erfahrung gemacht, dass statt dieser Breite besser eine grössere Länge der Schwelle bei geringerer resp. normaler Breite anzuordnen ist. Für Holzschwellen ist aus verschiedenen Gründen eine gewisse obere Breite nöthig. Zunächst soll sich der Schienendruck auf eine möglichst grosse Grundfläche vertheilen, dann müssen die Befestigungs- oder Schienennägel sicher und, ohne Aufspaltungen zu erzeugen, eingetrieben werden können. Auch wird durch eine grosse Schwellenbreite die freie Länge der Schienen verringert bei sonst gleicher Entfernung der Schwellenmitten. Der letzte Grund würde auch bei eisernen Querschwellen dafür sprechen, eine möglichst breite Kopfplatte anzuordnen. Allein die beiden andern Gründe treffen bei eisernen Schwellen nicht zu.


Jede Radlast, die sich einer Schwelle nähert, wird die Tendenz haben, die Schiene über ihrer Stütze durchzubiegen, mag man nun die Schienen als continuirliche oder als Einzelträger betrachten. In Folge dieser Schienendurchbiegung, die in Wirklichkeit auch ziemlich bedeutend ist, wie man mit unbewaffnetem Auge bemerken kann, wird zuerst die eine Schwellenkante, welche der Radlast am nächsten liegt, durch einseitigen Druck beansprucht werden. Die

Schwelle wird hierbei das Bestreben haben umzukanten. Hat die Radlast die Schwellenmitte erreicht, so wird nun die Schwelle ihre horizontale normale Lage, abgesehen von der Eindrückung in die Bettung, wieder eingenommen haben, um bei der Weiterbewegung der Radlast nun auf ihrer anderen Seite ebenso wie vorher beansprucht zu werden. Die Schwelle ist also streng genommen beim Passiren eines Zuges in einer fortwährenden drehenden Bewegung und der Raddruck wird nur in dem Augenblick symmetrisch, um nicht achsial zu sagen, sich der Schwelle resp. der Bettung mittheilen, in dem sich das Rad gerade über der Schwellenmitte befindet. Die Lage der Schwelle wird mithin keine feste sein und der Druck auf die Bettung über dem Schwellenquerschnitt kein gleichmässiger.

Für Holzschwellen treffen nun diese Befürchtungen und Unannehmlichkeiten nicht derartig zu, dass man für die gute Lage des Gestänges fürchten müsste, da sich der Schienenfuss in die Oberfläche derselben eindrückt oder einfrisst und die oben erwähnten Uebelstände wohl gar nicht oder doch nur in ganz geringem Maasse eintreten werden.

Legen wir diesen Betrachtungen jedoch eiserne Querschwellen zu Grunde, so können und werden sich die Schienen nun nicht mehr ohne Weiteres in die eiserne Kopfplatte eindrücken wie bei der hölzernen Unterlage, sondern die Kanten des eisernen Schwellenprofils werden ungleich stärker beansprucht, und die Vertheilung des Raddrucks auf die Bettung wird durch das Schwellenprofil nicht mehr symmetrisch und gleichmässig erfolgen können. Die Tendenz zum Umkanten der Schwelle ist unzweifelhaft vorhanden. Je weniger breit nun die obere Auflagerfläche ist, um so geringer werden diese Nachtheile auftreten. Am vollkommensten würden letztere vermieden, und am besten würde eine symmetrische und centrale Druckvertheilung erfolgen können, wenn die Schwellen nach oben hin in eine Spitze auslaufen würden. Dann wäre der Zustand erreicht, der mit der theoretisch angenommenen Unterstützung identisch wäre. Für die Praxis ist aber eine solche eiserne Schwelle, die nach oben in eine Spitze ausläuft, aus verschiedenen Gründen nicht brauchbar. Abgesehen davon, dass sich eine Spitze leicht in die Basisfläche des Schienenfusses einfrassen würde, wäre auch eine Befestigung der Schiene auf der Schwelle resp. Schwellenspitze nicht gut möglich.

Auch eine gewöhnliche Abrundung dieser Spitze würde voraussichtlich nicht hinreichen, um letzterwähnten Anforderungen gerecht zu werden. Vielleicht liesse sich jedoch der gewünschte Zweck erreichen, wenn man der Spitze resp. der Querschwelle eine solche Form  gebe, d. h. also, dass man die Kopfplatte der beliebigen (aber rationell profilirten) Querschwelle mit einer kräftigen Rippe versieht, die der Schiene nunmehr als Auflager dient und welche den von letzterer erhaltenen Druck nahezu gleichmässig auf den ganzen Querschnitt überträgt, welcher dann seinen Druck auf die Bettung in eben solcher Weise vertheilt. Eine gute und rationelle Befestigung von Schiene und Schwelle würde sich unschwer erreichen lassen. Es soll hier nur angedeutet werden, dass bei einer keilförmigen  oder schwalbenschwanzartigen  Ausbildung dieser oberen Rippe sich verschiedene Mittel und Wege finden lassen, um eine gute Befestigung nach dem Vorbilde der bisher gebräuchlichen zu construiren. Auch könnte man die Rippe so anordnen: 

Es giebt aber noch einen anderen Weg, um eine praktische Schienenunterstützung zu erzielen, welche sich der theoretischen möglichst anschliesst. Man hat dazu weiter Nichts nöthig, als die obere Fläche der Kopfplatte kreisförmig zu gestalten:  SIEHE.

Es findet dann die Berührung von Schiene und Schwelle gewissermaassen nur in einem Punkte statt, wodurch ein Auflager entsteht, das je nach dem Radius des betreffenden Kreises grösser oder geringer sein kann. Hat die Auflagerfläche der Schwelle solche Gestalt, so ist ohne Schwierigkeiten eine rationelle Befestigung zwischen Schiene und Schwelle zu ermöglichen. Die Kopfplatte ist auch insofern rationell angeordnet, als sie in der Mitte am stärksten ist. Dann wird aber besonders vollkommen erreicht, dass die Schienen auch über den Schwellen ungehindert an einer Durchbiegung Theil nehmen können und dass **keine Kantenpressungen** in der Schwelle entstehen können. Es ist diese Construction also eigentlich weiter Nichts, als die bei kleinen Brücken angewendete Tangentiallager-Construction, welche ihren Zweck, sich den Durchbiegungen der Brücken anzuschliessen, sehr gut erfüllen. Da die Tangente des Neigungswinkels, welcher durch einen Raddruck erzeugt wird, bei der geringen Spannweite der sich frei tragenden Schiene auch nur gering ist, so wird die Abrundung der oberen Fläche der Kopfplatte auch nur gering



zu sein brauchen. Es wird hierdurch allerdings die praktische Schwellenmittentfernung etwas vergrößert, was jedoch insofern unwichtig ist, als man auch bei breiten ebenen Schwellenauflagerflächen der Berechnung der Schiene eine Länge derselben von Mitte zu Mitte der Schwelle zu Grunde legt. Für letzteren Fall hat man bisher jedoch nicht die schädlichen Kantenpressungen der Schwelle berücksichtigt, welche bei der vom Verfasser vorgeschlagenen Anordnung durchaus vermieden werden. Ob nicht diese Kantenpressungen oft die Veranlassung zu Deformationen der Schwelle gewesen sind, ist mindestens fraglich. Jedenfalls kann diese neue vorgeschlagene Anordnung auf die Herstellung der Schwellenprofile absolut keinen Einfluss haben. Es können sogar die alten Walzen benutzt werden, aus denen dann einfach die geringe nothwendige Krümmung herauszuarbeiten wäre, um eine nach oben gekrümmte Kopfplatte zu erzielen. Ob sich letztere Anordnung, oder eine Rippenconstruction für die Praxis besser eignen würde, dürfte noch näher zu untersuchen sein.

Berücksichtigt man für diese Modification des Querschnittes eiserner Querschwellen die Schienenneigung, so gestaltet sich erstere noch einfacher, wenn man bedenkt, dass die Profilirung mit Rücksicht auf symmetrischen Druck und auf Kantenpressung nur für die Stellen der Querschwelle nöthig ist, welche als Auflagerfläche für die Schienen dienen. Alle die vorgeschlagenen verschiedenen Profilirungen der Kopfplatte brauchen sich mithin nur auf diese Stellen der Schwelle zu beziehen. Man wird daher nur den Auflagerstellen durch Pressen oder ein sonstiges geeignetes Mittel die gewünschte rationelle Form geben. Andererseits kann man auch eventuell Unterslagsplatten derartig anordnen, wie oben erläutert, im Uebrigen aber die Schwellen in ihrem bisherigen Zustande lassen. —

Man erkennt aus allen diesen Betrachtungen, dass man unter Berücksichtigung der **Theorie und Praxis** für eine möglichst rationelle Ausbildung eiserner Querschwellen noch verschiedene Anordnungen treffen kann, deren event. Zweckmässigkeit bisher überhaupt nicht oder wenigstens nicht genügend erkannt oder beachtet sein dürfte.

Wenden wir uns nunmehr wieder zur Besprechung der bisher üblichen Systeme zurück.

Dasjenige, was für sämtliche Querschwellen als gleich wichtig

gilt, ist **eine rationelle** einfache aber möglichst solide und dauerhafte **Schienen-Befestigung**, die aber zugleich ein bequemes und leichtes Aufbringen und Abnehmen der Schienen ermöglichen muss. Ebenso wie die Profile der meisten Langschwellen in fast ganz gleicher Form ohne Weiteres für Querschwellenprofile verwendet werden, ebenso ist es auch möglich die **Klemmhebel-Befestigung**, die, wie wir wohl nachgewiesen haben dürften, sich für die Langschwellen sehr gut bewährt hat, auch **für die Querschwellen** anzuwenden. Es muss zugegeben werden, dass die bisher angewandten Schienenbefestigungen mehr oder minder complicirt und unzweckmässig sind.

Wenn es uns gestattet ist, an dieser Stelle ganz allgemein an alle die Befestigungsarten zu erinnern, welche bis heute sowohl für die eisernen Langschwellen als auch Querschwellen hauptsächlich angewandt sind, so können wir in der Hauptsache Befestigungen unter Anwendung von Schrauben mit Klemmplättchen, Keilverbindungen oder Klammern mit Holzkeilen unterscheiden. Die Befestigung mittelst Klemmplättchen ist eine so alte und bekannte, dass eine Besprechung derselben unnöthig erscheint. Diese Befestigungsweise ist verschiedentlich modificirt zur Anwendung gekommen, meist jedoch in sehr complicirter Weise unter Hilfe von Schrauben und Schräubchen, Platten und Plättchen, sodass mitunter eine einzige Klemmplattenbefestigung eine grosse Anzahl von Klein-eisenzeugstücken verlangt. Eine neue von Hohenegger erfundene Construction ist jedoch ebenso einfach als rationell angeordnet, wie in Fig. 51 dargestellt. Wir entnehmen den in Glaser's Annalen vom 1. April 1882 gemachten Mittheilungen über das neue Hohenegger'sche System folgenden auf die Schienenbefestigung bezüglichen Passus:

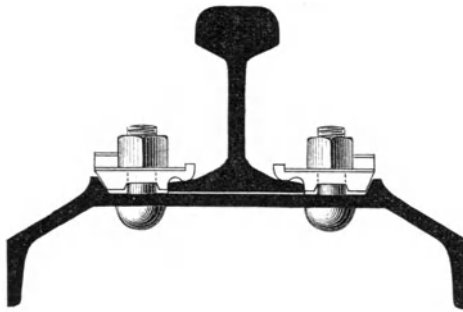
„Die Fahrschienen werden bei dem vorliegenden Systeme in die Langschwellen vollkommen satt und unverrückbar eingespannt, dies geschieht durch keilförmige Klemmplatten, welche sich einerseits an eine keilförmig abgeschrägte Rippe an der Schwellenoberfläche, andererseits an den Schienenfuss anstemmen und durch Niederschrauben die Einspannung der Schiene in die Langschwellen bewirken.“

„Durch die keilförmigen Klemmplatten wird eine Nachregulirung

der Schienen in Bezug auf die Spurweite möglich gemacht und ein Mittel geboten, etwaige Fehler in der Biegung oder Lochung der Schwellen vollständig auszugleichen, was bisher bei keinem anderen Langschwellsysteme möglich war.“

„Durch die keilförmigen Klemmplatten wird der Seitenschub des Schienenfusses gegen die Schwellenbolzen aufgehoben, die Letz-

Fig. 51.

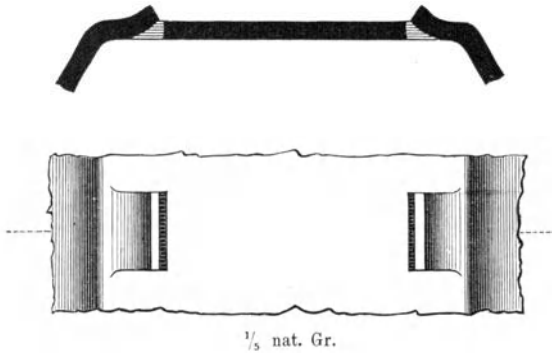
System Hohenegger, Nordwestbahn. 1881. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

teren werden also nur auf absolute Festigkeit in Anspruch genommen, und jede Tendenz zum Anfressen oder Abscheeren der Bolzen, sowie zur Erweiterung der Bolzenlöcher in der Langschwelle ist beseitigt.“

Die Form der Langschwelle resp. der Kopfplatte derselben ist also so zu sagen bedingt durch die Befestigung mittelst Keilklemmplatten. Die seitlichen Rippen der Kopfplatte sind jedoch nur an den Stellen nöthig, wo eine Befestigung von Schiene und Schwelle oder wo eine Schienenstossverbindung erforderlich ist. Sonst sind diese Seitenrippen überflüssig und wie schon bei der früheren Besprechung (Seite 4) nachgewiesen ist, sogar schädlich und gefährlich, da sie einen grossen Wassersack bilden, sodass der Werth dieser Befestigung durch diese Seitenrippen sogar in Frage gestellt werden kann. Unbedingt würde diese Befestigungsweise bedeutend gewinnen, wenn die Rippen nur dort angeordnet werden könnten, wo sie für die Keilklemmplatten resp. Laschen nöthig wären, da im letzteren Falle das Wasser von der Schwelle und Schiene abfließen könnte. Vielleicht liessen sich derartige Rippen an den nöthigen Stellen aus der Schwelle herausbiegen, ähnlich, wie Verfasser dies für die Klemmhebelbefestigung vorgeschlagen hat.

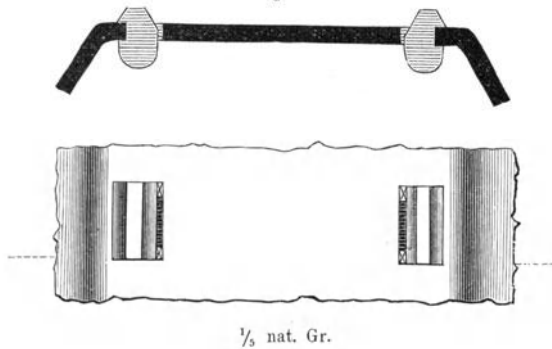
Fig. 52 stellt diese Herstellung der keilförmigen Flächen im Querschnitt und Grundriss einer beliebigen, hier trapezförmigen Langschwelle dar. Die inneren Flächen der aufgebogenen Lappen bilden

Fig. 52.



direct die Keilflächen, zwischen welchen die Schiene durch die Hohenegger'schen Keilklemmplatten befestigt wird. Durch ein Aufnieten von entsprechenden Eisenstücken liesse sich derselbe Effekt erreichen (vergl. Fig. 55). Dann könnte man eine Art Kramphaken oder Nasen verwenden (Fig. 53) um die gewünschten

Fig. 53.



Keilflächen zu schaffen. Diese Krampen können, falls erforderlich, mit kleinen eisernen Keilen vor Einbringung der Schienen und Klemmplatten festgekeilt werden, wie dies im Grundriss durch die Kreuze angedeutet ist. Es lassen sich jedenfalls noch viele andere

derartige Mittel ersinnen. Die hier gemachten Vorschläge mögen in Bezug auf die Langschwellen genügen.

Für den eisernen Querschwellen-Oberbau wird sich die Hohenegger'sche Befestigung mittelst keilförmiger Klemmplatten von vornherein gut eignen, da hier die Ansammlung von Wasser und Schnee nicht zu befürchten ist.

Um diese Befestigung für Querschwellen anwendbar zu machen, ist weiter Nichts nöthig, als dass wieder zwei keilförmige Flächen geschaffen werden, was sich auch hier in verschiedenster Weise erreichen lässt. Die Fig. 54—56 zeigen drei Skizzen und geben im

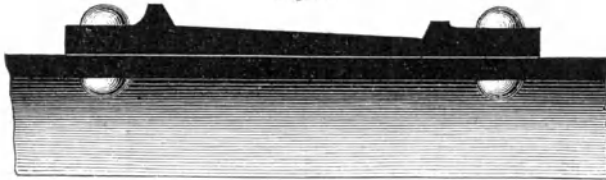
Fig. 54.

 $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 55.

 $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Fig. 56.

 $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Prinzip an, wie Verfasser sich diese Hohenegger'sche Befestigung, auf Querschwellen angewendet, angeordnet denkt.

Anordnung I ist durch Einpressen in die Schwelle hergestellt, II durch Aufnieten zweier entsprechender Eisen und III durch be-

sondere Auflagerplatten, die gegossen, geschmiedet etc. sein können. Bei letzterer Anordnung ist auch gleich die Schienenneigung berücksichtigt, was ohne Umstände auch für I und II erreicht werden kann. Ebenfalls lassen sich die in den Fig. 52 und 53 für Langschwellen vorgeschlagenen Anordnungen auch ohne Weiteres auf die Querschwellen anwenden. Allerdings muss auch bei der Hohenegger'schen Befestigungsmethode für eine gute und durchaus zuverlässige Schraubensicherung gesorgt werden, da sich ohne solche auch die keilförmigen Klemmplatten lockern und lösen würden.

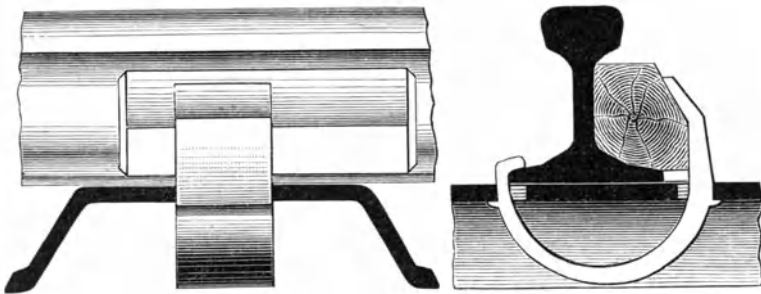
Die sämtlichen Schraubenbefestigungen weisen wie bekannt überhaupt den Uebelstand auf, dass mit der Zeit und unter Umständen sogar sehr bald ein Losewerden und Losrütteln der Schraubenmutter und mithin der ganzen Befestigung eintreten muss, wenn nicht unausgesetzte Controle dieser bedenklichen Eventualität vorbeugt.

Was die eiserne Keilbefestigung anbelangt, wie sie besonders für die Vautherin'sche Querschwelle und ähnliche Profile verwandt ist, so hat die Erfahrung gelehrt, dass dieselbe möglichst zu vermeiden resp. zu beseitigen ist.

Die Befestigungsweise mit Holzkeilen, wie System Heusinger und neuerdings System Wood aufweisen, haben wohl in erster Linie die Wiedereinführung des Holzes als Befestigungsmittel bei eisernem Oberbau als einen schwachen Punkt aufzuweisen, ausserdem erfordern diese Systeme (Heusinger und Wood) eine immerhin beträchtliche Schwächung der Schwelle in den Kopfplatten. Wollte man statt der hölzernen Keile eiserne oder stählerne und diese dann auch federnd construirt einführen, wie es versuchsweise bei System Heusinger vorgenommen sein soll, so scheint auch diese Anordnung, wie die Versuche gezeigt haben, sich nicht zu bewähren, da es bisher noch nicht gelungen sein soll, federnde Keile zu construiren, deren Construction sicher haltbar und praktisch brauchbar gewesen ist. Dann möchten wir speciell bei dem System Wood (Fig. 57) die Hufeisenform des Befestigungseisens deshalb als unzweckmässig bezeichnen, weil beim Eintreiben des Keils ein Aufbiegen des einen Schenkels (Fig. 57) leicht erfolgen kann und weil diese Anordnung ein gutes Stopfen der Schwelle unter der Schiene mindestens sehr erschwert oder geradezu unmöglich macht. Es ist

ja möglich, dass sich die praktischen Engländer in dieser Beziehung zu helfen wissen, keinesfalls kann man aber das System Wood gerade in Bezug auf seine Befestigung als das unter allen Systemen bisher beste bezeichnen, wie der Erfinder dies selber angiebt in seiner Schrift: Wrought-iron and steel system of permanent way. By

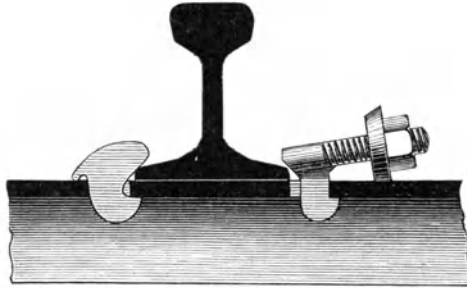
Fig. 57.

System Wood. 1878. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Charles Wood. M. Inst. C. E. Ausser diesen Constructionen sind noch zwei Arten von Hebelbefestigungen bereits vor 10—15 Jahren auf der Belgischen Centralbahn angewandt. Da diese Befestigungsweise bei oberflächlicher Betrachtung der Klemmhebelbefestigung ähnlich sieht, jedoch bei genauerer Prüfung gerade der Hauptvorzüge derselben entbehrt, so sollen diese beiden Systeme näher besprochen werden. Bei beiden betreffenden Hebelbefestigungen sind Theile vorhanden, welche durch eine Hebelwirkung gegen den Schienenfuss gedrückt werden. Dieser Druck wird auch hier durch eine Schraube bewirkt. Betrachten wir die erstere dieser Construction (System Degreff & Rummens) Fig. 58, so ist ohne Weiteres ersichtlich, dass dieselbe zwar besser als die gewöhnliche Schraubenbefestigung ist, jedoch an demselben Fehler wie diese leidet. Ein Loswerden der Schraubenmutter bewirkt eine Lösung der Schiene. Wenn auch die keilförmige Unterlagsplatte beim Festziehen der Mutter, wodurch die Platte nach vorn geschoben werden soll, um den Schraubbolzen anzuheben und um die Nase fest gegen den Schienenfuss zu pressen, einem starken Druck gegen dieselbe ausgesetzt ist, so kann dies ein allmähliches Losrütteln der Mutter doch nicht ohne besondere Sicherung verhüten. Ein fast gleicher Druck findet ja von dem der

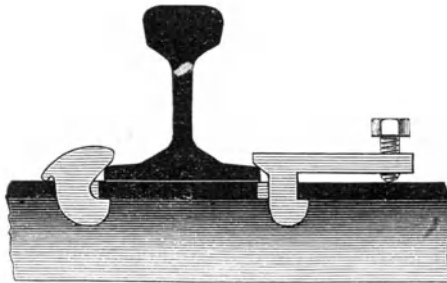
Mutter benachbarten Constructionstheil auf dieselbe bei allen Schraubbefestigungen ebenfalls statt. Der eiserne Schraubbolzen selber kann jedoch nicht federnd gedacht werden. Die Kopfplatte der Schwelle wird ausserdem durch die nothwendigen Löcher geschwächt. Der

Fig. 58.

System Degreff und Rummens. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

Werth dieser Befestigung liesse sich durch eine der Klemmhebelbefestigung ähnliche Anordnung allerdings erhöhen, aber die Schwächung der Kopfplatte, die an den offenen Stellen leicht ausreissen und überhaupt deformirt werden kann, bliebe in derselben nachtheiligen Weise bestehen. Diese Verbesserung könnte z. B. darin bestehen, dass der Winkelhebel, dessen einer Schenkel nun nicht mehr einen Schraubbolzen, sondern eine federnde Platte darstellte, durch eine Druckschraube von der Schwelle abgedrückt würde, wie Fig. 59 zeigt.

Fig. 59.



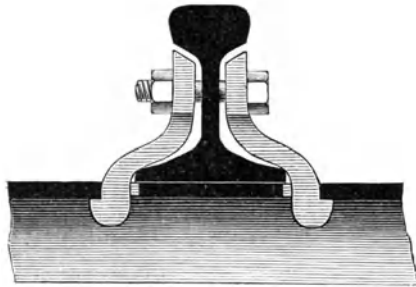
Bei dieser Anordnung wäre man im Stande die Federkraft des einen Schenkels, wenn derselbe aus Federstahl hergestellt würde, zur Schraubensicherung zu benutzen. Diese Construction hat jedoch



bei genauer Untersuchung verschiedene Nachteile, welche bei den anderen vom Verfasser vorgeschlagenen Systemen zu vermeiden sind. Daher ist auch auf diese Anordnung kein Gewicht weiter gelegt.

Die andere, ebenfalls auf der belgischen Centralbahn versuchte Hebelbefestigung zeigt Fig. 60. Das Aussehen dieser Anordnung

Fig. 60.

System der Belgischen Centralbahn. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

ist ein sehr gefälliges und Vertrauen erweckendes. Auch soll sich diese Befestigung bewährt haben. Allein vor allen Dingen sind diese eisernen Hebel nicht federnd angeordnet, folglich ist die Schraubensicherung ebenfalls eine nicht ausreichende. Fernere Nachteile sind die, dass sowohl Schiene als auch Schwelle durchlocht sein müssen, was bei der Klemmhebelbefestigung durchaus vermieden werden kann.

Beide Befestigungsweisen der belgischen Centralbahn erfordern also eine Schwächung der Kopfplatte der Schwelle, gefährden bei zu starkem Anziehen die die nothwendigen Lochungen begrenzenden Theile der Kopfplatte und lassen die erforderliche Sicherung der Schrauben vermissen, da die betreffenden Theile dieser Befestigungen nicht federnd angeordnet sind. Dass aber kleine Ursachen grosse Wirkungen haben können, zeigt wiederum die vom Verfasser vorgeschlagene **federnde Befestigung**. Die äussere Erscheinung der belgischen Constructionen hat Aehnlichkeit mit der Klemmhebelbefestigung. Der Hauptvorteil der letztern fehlt aber den andern Anordnungen. Verfasser betont hierbei, dass seine Befestigungsweisen, wie auch die ganze Entwicklung zeigt, ganz unabhängig von den bereits alten und vielleicht schon ganz vergessenen Constructionen nach und nach entstanden sind und dass bei allen seinen Befestigungen

gerade die **federnde Wirkung der Hebel die Hauptsache und den Hauptvorzug des ganzen Systems bildet**, denn ohne die federnde Wirkung verliert dasselbe seinen Werth. Da schliesslich die belgische Construction offenbar ausser dem Fehlen dieses Vorzuges auf Kosten von Schwelle und in dem 2. Fall auch noch der Schiene geht, so hat es zweckmässig geschienen, die Form des federnden Klemmhebels nicht etwa zu modificiren und ihn nach Art der belgischen Construction auszubilden.

Die Haarmann'sche Befestigung, welche wohl als bekannt vorausgesetzt werden darf, hat sich als solche sehr gut bewährt, setzt jedoch für Langschwellen und Querschwellen eine specielle Schwellenform voraus, so dass sie eine allgemeine Verwendung für beliebige Profile nicht gestattet. Ein Bedenken gegen diese Befestigung dürfte in dem Umstand liegen, dass bei zu starkem Anziehen der Mutter des Bolzens, welcher die Klammerpaare verbindet, die Seitenstege des Schwellenprofils nach innen gedrückt werden können. An den Stössen hat man daher auch Schwellenstübe mit Nasen derartig construirt, dass dieses Zusammendrücken hier wenigstens vermieden wird.

Es dürfte somit überhaupt noch keine Befestigungsweise existirt haben, die das Vorhandensein eines federnden und zugleich direct als Befestigung dienenden Theiles bedingt hat. Abzusehen ist hierbei natürlich von Federlaschen, federnden Unterlagsplättchen u. s. w., die hier nicht in Betracht kommen können. Im Jahr 1881 ist jedoch eine Anordnung construirt, die hier noch kurz besprochen werden soll.

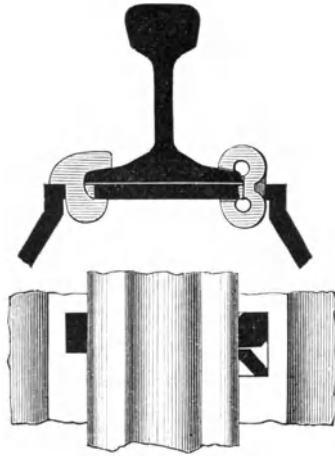
Diese neue Schienenbefestigung bildet das 1881 patentirte System Wagemann\*) (Fig. 61). Der Erfinder desselben hat dieser Befestigung das Prinzip des Federns einer Stahlklammer

---

\*) Verfasser bemerkt hierzu nachträglich, dass inzwischen die Keil-anordnung bereits vom Erfinder modificirt und verbessert ist, indem der ursprünglich als starr angenommene Keil nunmehr einen segmentförmigen Querschnitt und dadurch eine federnde Eigenschaft erhält, welche gewissermaassen als Sicherung des Keils dienen soll. Da sich dieser Theil der Abhandlung bereits unter der Presse befindet, so ist Verfasser leider nicht in der Lage auf den in Glaser's Annalen, Bd. X, Heft 10 vom 15. Mai 1882 wiedergegebenen Vortrag über dieses System näher eingehen zu können. Es sei auf Letzteren deshalb hier verwiesen.

zu Grunde gelegt. So erfolgreich nun auch die Federkraft als Schraubensicherung angewendet oder anzuwenden ist, so scheint es doch, dass die Federkraft, direct zur Befestigung zweier fast starr zu verbindenden Theile angeordnet, nicht diesen Erfolg ver-

Fig. 61.

System Wagemann. 1881. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

sprechen dürfte, abgesehen davon, dass ein Keil wohl unter allen Umständen zu einer einigermaassen sicheren Functionirung nöthig ist. Es wird mit der Federklammer ein Maximum von Anspannung nur selten entstehen können, da es, wenn auch die Klammern selbst genau gleich und ebenso stark federnd gearbeitet werden könnten, nur einer geringen Ungenauigkeit in den Dimensionen des Schienenfusses oder der Kopfplatte der Schwelle bedarf, um die Federklammer entweder zu viel oder zu wenig zu spannen. Aber auch angenommen, es liesse sich zunächst beim Montiren eine genügende Befestigung herstellen, so wird gerade die federnde Eigenschaft der Klammer im Betriebe zu grossen Nachtheilen führen können. Greift eine horizontale Kraft an der Innenseite des Schienenkopfes an, so wird die Federklammer aufgebogen werden, so dass sie dann als starre Befestigung nicht mehr wirken kann\*). Der

\*) Würde man die Federklammer auf der Aussenseite der Schiene anordnen (vom Erfinder ist sie nach der Patentzeichnung innen gedacht),

Keil, der ein Herumdrehen der Federklammern verhindern soll, kann dies natürlich nur so lange thun, als er festsitzt. Ein Losrütteln desselben, ohne ihn wieder extra zu sichern, wird aber unausbleiblich sein, es sei denn, dass der Keil über das statthafte Maass fest eingetrieben würde. Durch letztere Operation wird jedoch gewöhnlich die Kopfplatte beschädigt, indem Aufreissungen entstehen. Widersteht das Material diesen Gefährlichkeiten, so ist ein Herausbringen des Keils behufs Auswechslung der Schiene sehr schwierig und fast unmöglich. Auch darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Kopfplatte durch die nothwendigen Löcher geschwächt wird und dass wenigstens an den Befestigungsstellen keine Steine im Stopfmaterial enthalten sein dürfen, da sonst die Keile beim Eindrücken der Schwelle in die Bettung leicht nach oben getrieben und mithin gelockert werden können. So scheint dieses Befestigungssystem trotz seiner Einfachheit nicht wohl geeignet, sich im praktischen Betriebe zu bewähren. Voraussichtlich haben bereits grössere Versuche mit dieser Befestigungsweise stattgefunden, worüber Verfasser leider Nichts hat erfahren können. Diese Versuche dürften wohl die oben ausgesprochenen Bedenken gerechtfertigt haben, wenn nicht inzwischen anderweitige Mittel Abhülfe geschafft haben sollten. Jedenfalls muss das Prinzip als richtig anerkannt werden, dass zu einer soliden Befestigung resp. Verbindung zweier Constructionstheile die Federkraft direct nicht angewandt werden darf, sondern das letztere nur zur Sicherung der Lage dieser Theile zu verwenden ist. Die Controle, die sonst durch Menschenkraft bewirkt wird, wird z. B. bei der Befestigung mittelst federnder Klemmhebel durch die Federkraft des Hebels selbst bewirkt. In diesem Sinne ist die Federkraft bisher sehr selten und dann auf Kosten der einzelnen Theile angewandt, trotzdem dieses Prinzip die wirklich einzige Lösung z. B. von zuverlässigen Schraubensicherungen zu sein scheint.

---

so würde das Aufbiegen derselben nicht mehr zu befürchten sein. Allein der Klemmbügel würde allein keine genügende feste Verbindung resp. keinen guten Schluss zwischen Schwelle und Schiene bewirken.

Das Aufbiegen der Federklammern hat jedoch eine Verstärkung der seitlichen Stossbewegung des rollenden Materials zur Folge, so dass für Letzteres bedeutende und gefährliche Seitenschwankungen entstehen würden.

Verfasser glaubt daher, dass seine Klemmhebelbefestigung auch für Querswellen und sogar für diese in noch bedeutenderem Maasse alle Anforderungen erfüllt, die man hier zu stellen berechtigt ist.

Die Klemmhebelbefestigung lässt sich in Bezug auf die Querschwelle in verschiedener Weise ausführen. Es sei uns gestattet die Befestigungsweisen in der Reihenfolge nach einander aufzuführen, wie es die verschiedene Bearbeitung der Schwelle verlangt. Was die Herstellung der Schienenneigung anbetrifft, so legen wir bei allen Fällen die Erfahrung zu Grunde, dass heut zu Tage gerade Querswellen (also weder gebogene noch polygonal geknickte) den Vorzug vor Letzteren verdienen. Es sind erfahrungsmässig viele Spurerweiterungen in Folge von gebogenen und geknickten Schwellen eingetreten, was bei einer geraden Schwelle nicht gut möglich ist. Wir schicken voraus, dass wenn wir deshalb auch hier alle Schwellen als geradlinig betrachten und dies durch dementsprechende Zeichnungen erläutern, dass sich fast ohne jeden Unterschied die Befestigung durch federnde Klemmhebel ebenfalls für bereits gebogene Schwellen anwenden lässt, so dass dieses System auch in dieser Beziehung universell zu nennen ist. —

Anordnung 1. Das schräge Auflager für die Schiene kann nun bei irgend einer beliebigen, hier z. B. trapezförmig angenommenen Querschwelle derartig hergestellt werden, dass letztere in noch warmem Zustande zwischen Gesenken durch irgend einen Druck gepresst wird, so dass ausser dem schrägen und der Schienenneigung entsprechenden Auflager zugleich Seitenwände entstehen, die nach der Schiene zu geneigt sind. (Fig. 62.) Die Wirkung des federnden Klemm-

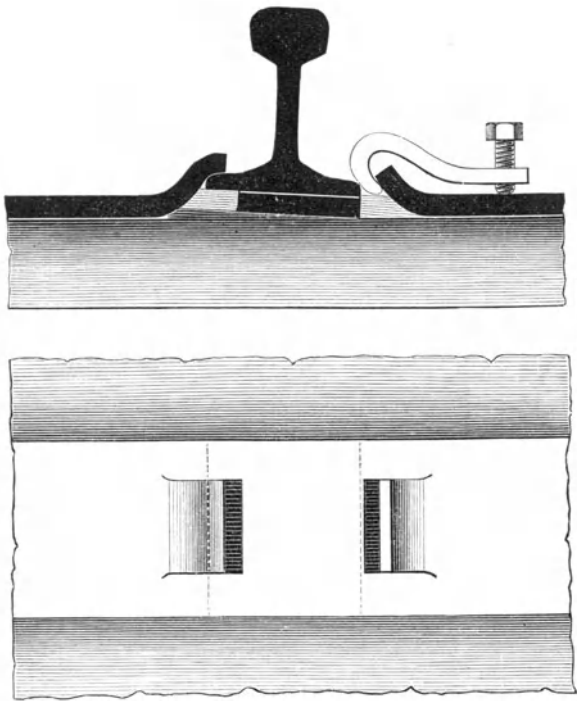
Fig. 62.

Querschwelle für Klemmhebelbefestigung. Anordnung 1. —  $\frac{1}{3}$  nat. Gr.

hebels, der mittelst einer Druckschraube oder Zugschraube von der Kopfplatte ab- oder gegen den Schienensteg angedrückt wird und der ebenso in beiden Fällen ein- oder zweiseitig angeordnet werden

kann, ergibt sich nach Analogie der Anordnung Fig. 42 von selbst. Am zweckmässigsten von diesen Anordnungen hält Verfasser diejenige, welche Fig. 42b entspricht, und sieht als Vorthail dieser Befestigung an, dass weder Schiene noch Schwelle durchlocht ist und dass die Kraft und Elasticität des Hebels beliebig durch eine grössere Länge gesteigert werden kann. Für einen Nachtheil hält er das Einpressen in die Schwelle, welches, da auch die Wände eine Conicität haben müssen, wohl unbequem sein dürfte. Ausserdem wird die Tragkraft der Schwelle gerade an der Schienenstelle

Fig. 63 a.

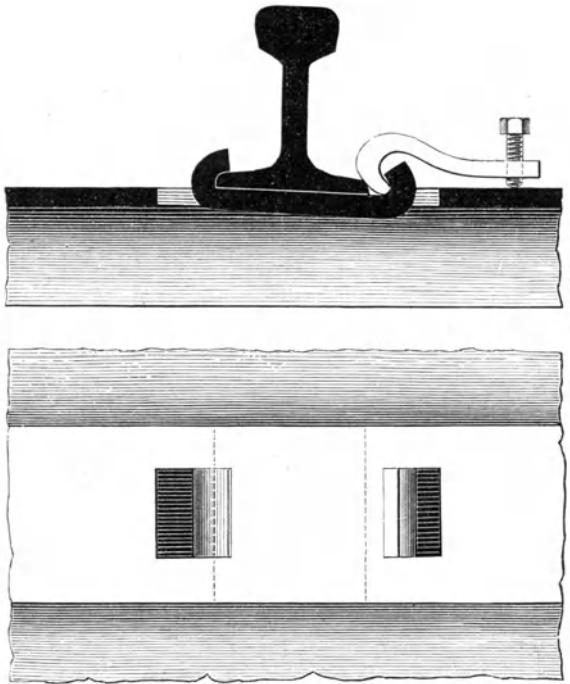
Klemmhebel-System für Querschwellen. Anordnung 2. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

durch das Kleinerwerden des Profils vermindert, was zur Erlangung einer auch an dieser Stelle nöthigen Tragfähigkeit eine überhaupt stärker als sonst nöthig angeordnete Schwelle ergibt.

Anordnung 2. Die schräge Auflagerstelle wird ebenfalls,

wenn auch nur an der Oberfläche der Kopfplatte durch Einpressen erzeugt und zu gleicher Zeit werden dabei auf beiden Seiten dieser Einpressung Seitenlappen aus der Kopfplatte herausgepresst. Die Lappen können verschiedenartig gestaltet sein. Entweder können beide einfach aufgebogen sein, so dass sie der Schiene zu geneigt sind, wie die rechte Seite von Fig. 63 a zeigt, oder wie die linke Seite zeigt, kann der eine dieser aufgebogenen Lappen auch nasen- oder

Fig. 63 b.

Klemmhebel-System für Querschwellen. Anordnung 2. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

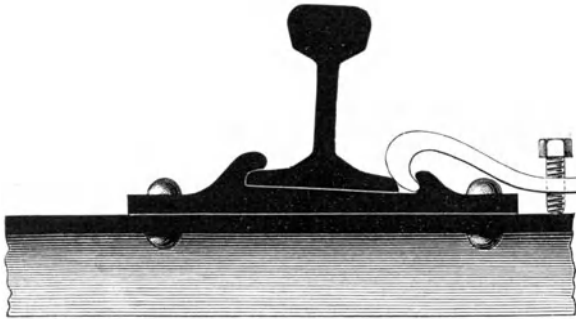
hakenförmig den äusseren Schienenfuss umfassen. Endlich können die Lappen auch aus der Kopfplatte heraus- und dann herumgebogen sein, und der äussere den entsprechenden Schienenfuss umklammern, wie Fig. 63 b zeigt.

Am einfachsten wäre wohl die erst besprochene Anordnung herzustellen, dann die zweite, bei welcher der eine Lappen ausserdem

nasenförmig sich auf den Schienenfuss legend gedacht ist, wodurch sich eine noch sicherere Lage der Schiene ergibt.

Die letzte würde sich wahrscheinlich schon etwas umständlicher herstellen lassen, gewährt jedoch der ganzen unteren Fussfläche der Schiene ein volles Auflager. Der Nachtheil der vorigen Anordnung in Bezug auf Schwächung des Profils der Schwelle an der Auflagerstelle der Schiene ist bei dieser bedeutend gemindert und dürften diese durch Herauspressen des Materials entstandenen Oeffnungen in der Kopfplatte der Schwelle von geringem, wenn überhaupt schädlichem Einflusse sein, da die Anwendung dieser Anordnung überhaupt schon eine etwas stärkere Kopfplatte voraussetzt, weil die Seitenlappen gegen Abscheeren und Abbiegen gesichert sein müssen und doch wohl eine Stärke von 12—14 mm beanspruchen werden. Eine eventuelle Verstärkung braucht jedoch nur den mittleren Theil des Querschnittes der Kopfplatte zu betreffen, wie dies auch bereits bei der Vautherin'schen Schwelle mit Keilbefestigung angewendet ist. Dieses System scheint daher in den dargestellten Modifikationen bei stärkeren Schwellen vorzugsweise geeignet zu sein, eine erfolgreiche Anwendung zu versprechen.

Fig. 64.



Klemmhebel-System für Querschwellen mit Unterlagsplatten. —  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

Anordnung 3. Will man die in der vorigen Anordnung erzielten Vortheile noch günstiger gestalten, so nietet man Unterlags-Platten auf die Kopfplatte der Schwelle auf. (Fig. 64.)

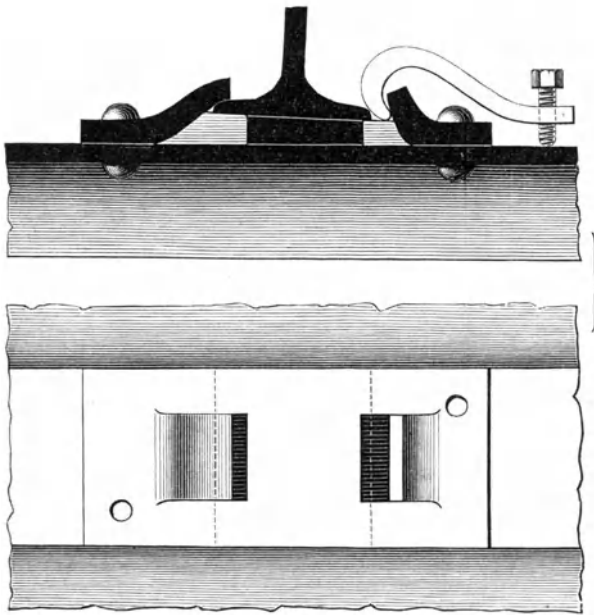
Diese **Unterlagsplatten** können gewalzt, geschmiedet, gepresst oder aus Stahl gegossen sein.



Sieht man überhaupt die beiden oder bei grösserer oberer Breite der Schwelle wohl auch mehr erforderlichen Nietlöcher als eine Schwächung der Schwelle an, so muss man auch andererseits die Anwendung von starken Unterlagsplatten als eine erhebliche Verstärkung der Schwelle anerkennen, welche erstere bedeutend überwiegt. Auch wird das Gewicht der Schwellen durch starke Unterlagsplatten vortheilhaft vergrössert, insofern als ein grösseres Gewicht der Schwellen zu einer festeren Lage derselben in der Bettung beiträgt.

In den Fig. 64 und 65 *a—d* sind verschiedene derartige Unterlags-

Fig. 65 a.

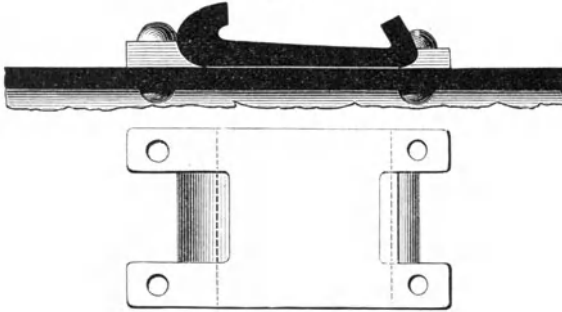


Klemmhebel-System für Querschwellen mit Unterlagsplatten. —  $\frac{1}{2}$  nat. Gr.

platten dargestellt, deren Herstellung nunmehr gar keine Schwierigkeiten macht, die jedoch dieser Befestigung auch noch andere bedeutende Vortheile verschaffen. Hierher gehört nächst der Verstärkung der Schwelle die damit verbundene Höherlegung der Schiene resp. die Tieferlegung der Schwelle, was möglichst zu erreichen man in neuester Zeit unbestreitbar bemüht ist. Wir erinnern nur an den

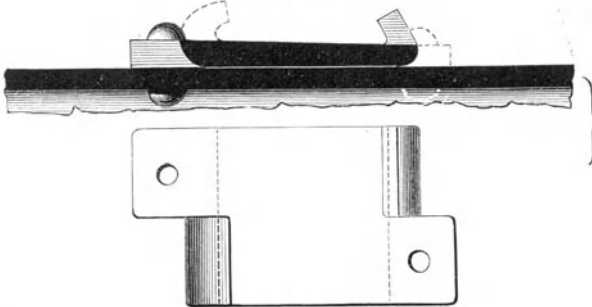
Haarmann'schen Querschwellenoberbau. Bei diesem wird neuerdings die Schienenneigung ebenfalls durch die Unterlage eines hohen

Fig. 65 b.



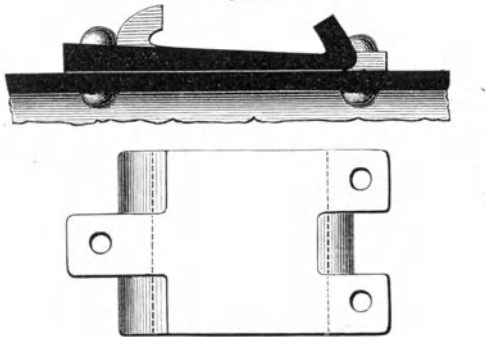
Unterlagsplatte für die Klemmhebel-Befestigung auf Querschwellen. —  $\frac{1}{3}$  nat. Gr.

Fig. 65 c.



$\frac{1}{3}$  nat. Gr.

Fig. 65 d.



$\frac{1}{3}$  nat. Gr.

Gussstückes hervorgebracht. Wenn diese Anordnung wohl auch hauptsächlich mit dazu dienen dürfte, um die diesem Systeme eigenthümliche Schienen-Befestigung auch für das Querschwellensystem zur Geltung bringen zu können, so wird doch andererseits als ein Vorzug dieser Anordnung mit Recht angeführt, dass die Schwelle in Folge derselben möglichst tief in der Bettung liegt, deshalb möglichst von Kies u. s. w. bedeckt sein kann und daher als möglichst unverrückbar in ihrer Lage gelten kann. Wer wollte leugnen, dass gerade dieser Umstand den Holzschwellen, die ganz in der Bettung liegen und von derselben sogar oft noch bedeckt sind, eine fast absolut sichere und feste Lage giebt\*)? Dieser von deutschen Ingenieuren anerkannte und gewiss auch nicht zu bestreitende Vortheil kommt dem System des Verfassers bei Anwendung von Unterlagsplatten ebenfalls zu, die mit der Schwelle wie zu einem Stück fest verbunden angesehen werden müssen. Hierzu kommt noch die so überaus einfache und solide Befestigung, das rasche und bequeme Montiren und Demontiren der Schienen und die Möglichkeit, **diese Klemmhebelbefestigung bei jeder beliebigen Querschwelle** anwenden zu können. Selbst für Holzschwellen kann man diese Befestigung ohne Weiteres anwenden, wenn man nur für sichere Lage der Unterlagsplatte und dafür Sorge trägt, dass die Schraube, mit der der Klemmhebel von der Schwelle abgedrückt wird, sich gegen eine Eisen- oder Stahlplatte stützt. Würde der Hebel gegen den Steg der Schiene angezogen, so fielen auch letztere Fürsorge fort.

---

\*) Die Engländer scheinen hierauf ebenfalls keinen Werth zu legen, wie Mr. Wood in seiner Broschüre anführt. Verfasser glaubt eine Rechtfertigung dieser englischen Ansichten darin erblicken zu müssen, dass das ganze Gestänge der englischen Spurwege bei weitem schwerer an Gewicht und daher schwerer fortbeweglich ist. Bedenkt man, dass das Gewicht von englischen Stahlschienen pro lfd. m bis 42,07 kg beträgt, wofür bei uns beinahe Schiene und Langschwelle hergestellt werden kann und dass diese schweren Schienen in sehr massiven Schienenstühlen ruhen, welche wiederum auf ebenfalls sehr kräftigen Holzschwellen in nur ca. 80 cm Entfernung befestigt sind — so scheint es allerdings, dass die Seitenbewegungen des rollenden Betriebsmaterials auf solches übertrieben solides Gestänge keinen merklichen Einfluss ausüben können.

In Bezug auf alle Anordnungen scheint es zweckmässiger zu sein, die Schienenstege bei der Befestigung möglichst intact zu lassen, da, abgesehen von der Schwächung der Stege durch die Löcher auch der Hebelsarm der Klemmhebel viel kürzer, als bei der horizontalen Anordnung des Hebels mit Druckschraube ausfällt.

Ebenfalls kann man in jedem Falle die Befestigung ein- oder zweiseitig anwenden, man wird sich aber wohl stets mit einem Klemmhebel begnügen können, der dann zweckmässig auf der Innenseite der Schienen anzubringen ist und von der Schwelle abgedrückt wird. Tafel IV giebt ein ungefähres Bild von dieser Anordnung (Fig. 64), welche Verfasser am rationellsten und einfachsten erscheint.

Es könnte wie ein Zufall oder sonderbar erscheinen, dass die Enden der Klemmhebel stets horizontal nach scheinbar erfolgter Befestigung der Schienen angeordnet oder doch hier durchgehends gezeichnet sind. Diese Lage ist zur erforderlichen Befestigung nicht nothwendig, scheint aber zweckmässig zu sein, wenn man bedenkt, dass die Schrauben sich stets normal zu dem inneren und geraden Theil des Hebels stellen müssen, da die Hebel das Muttergewinde aufzunehmen haben. Die Form der Klemmhebel und besonders des Kopfprofils ist daher so construirt, dass bei horizontaler Lage des geraden Theils der Hebel ein genügendes Einklemmen und Befestigen des Schienenfusses bewirkt wird. Beim Montiren der Schienenbefestigung wird es daher zweckmässig sein, durch einen Holzkeil oder ein anderes einfaches und geeignetes Mittel, den Klemmhebel soweit zu heben, dass eine beinahe horizontale Lage desselben sich ergibt. Erst hierauf wird die Schraube fest gezogen, so dass nunmehr, nachdem die Schraube zu wirken begonnen hat, ein paar Drehungen der Schraubenmutter genügen, um eine definitiv sichere Befestigung zu erhalten und um zu gleicher Zeit dem Hebel die Spannung zu geben, welche gerade das Charakteristische der Befestigungsweise ist. Der Schraubbolzen wird dann beinahe oder ganz vertical stehen. Wird die Construction in solcher Weise gleichmässig angeordnet, so genügt für den revidirenden Bahnmeister ein Blick auf die Stellung von Klemmhebel nebst Bolzen, um sich ohne Weiteres überzeugen zu können, dass keine äussere oder böswillige Veranlassung etwa ein Lockern der Befestigung hervorgebracht hat. Nöthig ist diese Anordnung, wie gesagt, nicht, da der Schraubbolzen am unteren Ende

kugelförmig gestaltet ist und mithin jeder Bewegung des Klemmhebels folgt und jeder Stellung desselben normal dazu entspricht bei gleicher Befestigung der Schienen, allein es scheint eine gleichmässige und unserem Auge mehr zusagende Lage von Hebel und Schraube rationeller zu sein, Verfassers Vorschläge zu adoptiren.

Es erübrigt nun noch ein Wort über die Spurerweiterung zu sagen. Dieselbe kann für die Klemmhebelsysteme in der verschiedensten Weise erzielt werden. Abgesehen von den sonst gebräuchlichen Mitteln hat man es in der Hand, die Spurerweiterung durch verschiedene Stärken der Klemmhebel oder durch eingelegte und entsprechend zu variirende Passstücke (z. B. an Stelle des einen Hebels bei zweiseitiger Hebelanordnung), sowie endlich und wohl am zweckmässigsten (sobald Unterlagsplatten verwendet werden) durch ein Verrücken der Löcher in den Platten nach Bedarf genau herzustellen. So hat man z. B. bei den aus Stahl gegossenen Unterlagsplatten nur ein Modell nöthig, um die Lage der Löcher beliebig variiren zu lassen. Man ist durch entsprechendes Einlegen der Kerne in die Gussform, was durch entsprechende Blechschablonen genau zu controliren ist, im Stande auf  $\frac{1}{2}$  mm und noch geringer, genau die Löcher anzuordnen. Aber auch bei geschmiedeten, gepressten etc. Platten macht es erfahrungsmässig keine Schwierigkeit die Löcher so anzuordnen, dass durch sie die nöthige und genaue Spurerweiterung erzielt werden kann. Die Lochung der Schwellen selbst bleibt in allen diesen Fällen dieselbe normale, so dass durch ein Verschieben der oberen Platten jede gewünschte Spurerweiterung eintreten kann. Diese Platten erhalten dann zweckmässig eingestempelte oder angegossene Zahlen, welche das Maass der Spurerweiterung angeben.

Nach Prof. Dr. Winkler (Der Eisenbahn-Oberbau. Dritte verbesserte Auflage. Prag 1875. pag. 189 u. ff.) müssen an eine möglichst vollkommene Befestigung von Schienen auf eisernen Querschwellen fünf verschiedene Anforderungen gestellt werden. Verfasser gestattet sich dieselben hier der Reihe nach in fetter Schrift aufzuführen und gleichzeitig zu zeigen, wie diese Bedingungen durch die Anwendung der federnden Klemmhebel erfüllt sind. Bei diesen Betrachtungen sei Fig. 64 resp. Taf. IV zu Grunde gelegt.

**1) Die Befestigung muss eine genügende Sicherheit gegen**

**Verschieben und Umkanten der Schienen bieten.** — In dieser Beziehung ist ebenso wie bei fast allen Befestigungsweisen eine Sicherheit vorhanden, welche die übliche Befestigung auf Holzschwellen bei weitem übertrifft. Hierzu kommt noch, dass einem Verschieben der Schienen, mithin einem Wandern derselben ohne jede Einklinkung des Schienenfusses, wie die Versuche gezeigt haben, vollkommen vorgebeugt ist, ohne indess einer Längenausdehnung der Schienen bei Temperaturdifferenzen ein Hinderniss zu sein und kann dies als ein Vorzug vor allen übrigen Befestigungen betrachtet werden. Ein Umkanten der Schienen kann nur vorkommen, wenn die seitlichen Lappen der Unterlagsplatten abbrechen, was auf jeden Fall durch genügend starke Construction, die jedoch verhältnissmässig sehr schwach gehalten werden kann, zu vermeiden ist. Unter Voraussetzung eines genügenden Querschnittes trägt aber die Klemmhebelbefestigung zu einer bedeutend grösseren Stabilität der Schiene bei, da letztere so fest „geklemmt“ wird, dass eine Lockerung eben nicht eintreten kann.

2) **Die Befestigung soll möglichst einfach sein,** also aus möglichst wenig und möglichst leicht herstellbaren Theilen bestehen, welche sich möglichst leicht verwenden lassen. — Die Herstellung des Klemmhebels aus Federstahl sowie die der Schraube ist eine sehr einfache und dürften die beiden Theile in Bezug auf ihre minimale Stückzahl von den bisher angewandten Befestigungen nicht erreicht werden.

3) **Die Befestigung soll sich nicht leicht lockern.** — Dass sich die Klemmhebelbefestigung durch die Elasticität des Stahls überhaupt nicht lockert, ist durch die Versuche erwiesen und bildet diese Thatsache den Hauptvorzug des ganzen Systems und denjenigen vor allen bisher angewandten Systemen.

4) **Das Auswechseln einer Schiene muss leicht und schnell möglich sein.** — Der geringste Zeit- und Kraftaufwand genügt bei der Klemmhebelbefestigung, um ein Lösen der Schraube und ein Herausnehmen des Klemmhebels und somit der Schiene zu gestatten. Die ganze Arbeit ist sogar mit solcher Leichtigkeit und Schnelligkeit auszuführen, dass dieser für die Güte der Construction allerdings sprechende grosse Vortheil Pessimisten als ein Nachtheil erscheinen könnte. Wenn diese behaupten, dass eine mit solcher

Schienenbefestigung versehene Geleisstrecke Böswilligkeiten von irgend welchen Individuen ausgesetzt sein könnte, so bemerkt Verfasser hierzu, dass unter gewissen Umständen dieser Gedanke allerdings Veranlassung zu Besorgniss geben könnte, wenn man eben kein einfaches Mittel hätte, diesem fraglichen Uebelstande vorzubeugen. Dieses Mittel besteht einfach darin, dass man den Kopf der Schraube derartig gestaltet, sei es nun in seiner Grundrissform, sei es durch angeordnete vier- oder mehreckige Löcher in derselben oder dergl., dass man mit einem gewöhnlichen, wenn auch verstellbaren Schraubenschlüssel nicht im Stande ist, die Schrauben zu drehen und zu lüften. Verfasser glaubt jedoch, dass durch etwaige Niederträchtigkeiten und Böswilligkeiten die meisten der bisher verwendeten Befestigungsmittel genau derselben Gefahr ausgesetzt sind. Bei eisernen und hölzernen Keilverbindungen scheint diese Gefahr sogar noch bedeutend grösser, da ein einziger Schlag mit einem beliebigen Hammer genügt, die Befestigung zu lockern oder den Keil ganz aus dem Stuhl herauszutreiben. Hiergegen giebt es keine einfachen Mittel zur Verhütung von daraus entstehenden Gefährlichkeiten. Der einzige Fall, in dem ein absichtliches Lösen der Befestigung sogar systematisch ausgeführt werden dürfte, betrifft den Kriegsfall. Aber gerade hier ist das einfache und schnelle Beseitigen der Befestigung wieder von Vortheil, da eine Invasion bei allgemeiner Anwendung der Klemmhebelbefestigung sehr erschwert werden kann, wenn die resp. Truppen die Eisenbahnstrasse benutzen sollten. Dass fremde etwa eindringende Truppen Klemmhebel-Reserve und Ersatzstücke mit sich führen, ist aber doch wohl nicht gut anzunehmen. Ein Vortheil bleibt also die Klemmhebelbefestigung auch in dieser Beziehung.

5) **In Curven soll sich die Spurerweiterung womöglich unter Beibehaltung derselben Löcher, wie in der geraden Strecke herstellen lassen.** — Wie bereits erwähnt, wird diese Bedingung bei der Klemmhebelbefestigung durch Anwendung der Unterlagsplatten in denkbar vollkommenster Weise erfüllt. Durch ein Verschieben dieser Platten auf der äusseren Curvenseite lässt sich ohne jede Mühe eine beliebige und noch so winzige Spurerweiterung herstellen. Was nützt es denn, dass man besondere und mehr oder weniger complicirte Constructionen für die Spurerweiterung anwenden will, wenn diese Mittel nur für ganz wenige

Fälle anwendbar sind. Es ist Bestimmung, dass eine Spurerweiterung 30 mm und neuerdings sogar 20 mm nicht überschreiten soll. Berücksichtigt man nun, dass sich dieselbe für die Uebergangscurven in Grösse von 1 mm oder noch weniger auf eine Langschwellenlänge von 9 m öfters zu vertheilen hat, so ist doch für Querschwellen so gut wie Nichts damit gewonnen, wenn man durch besondere Mittel in der Lage ist pro Querschwelle in Differenzen von  $2\frac{1}{2}$  mm von 0 bis 20 mm in Bezug auf Spurerweiterung zu variiren. Es scheint daher wohl zweckmässiger, wie Verfasser vorgeschlagen hat, die Schwellen sämmtlich, sowohl für die Gerade als auch für die Curven gleichmässig zu lochen und die Spurerweiterung für jeden Fall, der theoretischen Berechnung genau angepasst, durch eine Verschiebung der Unterlagsplatte zu bewirken. —

— — — — —

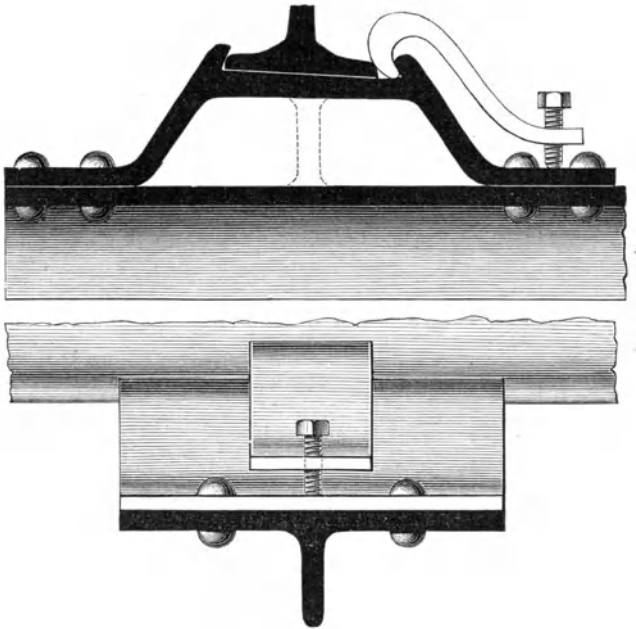
Wenn vor 10 Jahren die Keilbefestigung noch als diejenige erscheinen konnte, welche den 5 oben angeführten Bedingungen am meisten entsprach oder für die Zukunft zu entsprechen schien, so hat dieses Decennium wohl zur Genüge erwiesen, dass dies nicht der Fall gewesen ist. In Bezug auf den heutigen Standpunkt der Befestigungsweisen dürfte sich aber nach der oben durchgeführten Besprechung wohl nicht leugnen lassen, dass die Befestigung mittelst **federnder** Klemmhebel, denn Klemmhebel oder überhaupt nur Hebel allein thun es ebenso wenig, das scheinbar rationellste Mittel in dieser Beziehung bis jetzt wenigstens ist. Dass nicht noch viel vollkommenere Befestigungen ersonnen werden können, bezweifelt Verfasser durchaus nicht. Allein eine solche neue Befestigungsweise müsste ihre Lebensfähigkeit im mehrjährigen praktischen Betriebe erst nachweisen, wie dies die Klemmhebelbefestigung mit so überaus günstigen Resultaten gethan hat.

**Die Klemmhebelbefestigung für Einzelunterlagen**, wie diese im Anfang dieses Capitels besprochen und entwickelt sind, geht aus Fig. 66 (s. folg. S.) ohne Weiteres hervor. Es ist hier z. B. als Querversteifung ein  $\top$  Eisen gewählt. Ohne über die etwaige Zweckmässigkeit dieser Combination weiter zu discutiren, wird die Darstellung genügen, um für solche Anordnungen das Prinzip der Befestigung zu erläutern. Die als Einzelunterlagen dienenden Profile, sowie letztere in Bezug auf die Schwelle können beliebig variiren.



Dass sich die entwickelten Profile und diese Klemmhebelbefestigung auch für **Strassenbahnen**\*) und besonders für **Secundärbahnen**

Fig. 66.



Prinzipielle Anordnung der Klemmhebel-Befestigung für die Combination von Einzelunterlagen und Querschwellen. —  $\frac{1}{5}$  nat. Gr.

in gleicher oder modificirter Weise eigenen, liegt auf der Hand und wollen wir besonders in Bezug auf Letztere, für deren Oberbau\*\*) jetzt verschiedentlich wieder eintheilige Systeme\*\*\*) (z. B. nach Hart-

\*) Eine etwa erforderliche Spurrinne kann in die Stahlkappe leicht eingewalzt werden.

\*\*) Ueber Bau und Betrieb von Secundärbahnen. Nach Vorträgen im Münchener Architekten- und Ingenieur-Verein von Gustav Ebermayer, Bezirksingenieur der General-Direction der Königlich Bairischen Verkehrs-Anstalten, Zeitschrift für Baukunde, Organ der Architekten- und Ingenieur-Vereine von Bayern, Württemberg u. s. w. München. Verlag von Theodor Ackermann. Band V. 1882. Heft I. — Siehe auch „Secundärbahn-Zeitung“. Jahrgang I u. f.

\*\*\*) Die vom Verfasser angegebenen **zweitheiligen Langschwellen-**

wich, Demerbe u. A.) vorgeschlagen und theilweise ausgeführt sind, bemerken, dass die vom Verfasser vorgeschlagenen Langschwellsysteme alle die jedem eintheiligen System anhaftenden Nachtheile vermeiden, dagegen die Vortheile derselben sogar in bedeutend grösserem Maasse aufweisen. Sowohl bei der für schmal- oder normalspurige Secundärbahnen anzuwendenden Hartwich- oder Demerbe-Schiene lässt sich eine Stahlkappe durch federnde Klemmbebel ohne jede Schwierigkeit anbringen. Besonders bei der Hartwichschiene sind die schon früher angegebenen Vortheile einleuchtend. Die Eintheiligkeit des Systems wird in Bezug auf ihre Vortheile erhalten, denn Schwelle und Schiene können eben als ein Ganzes betrachtet werden, ohne für die Dilatation von irgend einem Nachtheil zu sein. Dagegen gewinnt das System bei Anwendung einer Stahlkappe dadurch bedeutend, dass bei den immerhin, wenn auch vielleicht selten vorkommenden Auswechslungen nunmehr nur ein verschwindend kleiner Theil in Betracht kommt und verloren geht. Man kann diesen Vortheil noch weiter ausnutzen, indem man nicht einmal die leichte Fahrschiene in ihrer ganzen Länge durch eine neue ersetzt, sondern, dass man nur das fehlerhafte Stück derselben durch ein entsprechend kurzes Stück erneuert. Bei allen andern Systemen würde dies mit Rücksicht auf die Stossverbindung überhaupt praktisch nicht durchzuführen sein. Bei Verfassers System bietet diese Anordnung jedoch nicht die geringste Schwierigkeit, da an dem Stoss der Fahrschiene einfach ein Klemmhebel zu wirken braucht, um ihn völlig zu sichern.

Dass ein mechanischer Stoss sich durch geeignete Anordnung des Stosses der Fahrschiene beseitigen lässt, ist bereits nachgewiesen.

---

**systeme** können auch sofort in **eintheilige** verwandelt werden, sobald die Stahlkappe fortgelassen wird und der Kopf des Steges in einen Schienenkopf umgewandelt wird, der nun keine Conicität mehr zu haben braucht, so dass das Walzen dieser eintheiligen Profile leicht von Statten geht. Legt man kein Gewicht auf die ersten Anlagekosten und auf die resp. Unterhaltungskosten, die bei Auswechslung der Schienen entstehen, und will man aus irgend welchen Gründen nur eintheilige Systeme verwenden, so fragt es sich, ob die vom Verfasser vorgeschlagenen Profile, die leicht in eine eintheilige Form gebracht werden können, den bisher gebräuchlichen eintheiligen Systemen nicht bedeutend vorzuziehen sind.

Ueberdies bildet die Stahlkappe auch hier eine Verstärkung des Schwellenstosses. Ohne jedoch alle Vortheile nochmals anführen zu müssen, glaubt Verfasser, dass diese Andeutungen genügen werden, um die durch so winzige Mittel zu erreichenden Vortheile vollständig charakterisirt zu haben. **Die jetzt vielfach neu angelegten oder anzulegenden Secundär-Bahnen \*) dürften daher wohl ein fruchtbares Versuchsfeld für die hier gemachten Vorschläge abgeben.**

Es würde jedoch zu weit führen, sämtliche Anwendungen aller möglichen und unmöglichen Profile und Modifikationen der Schwellen, Schienen und Befestigungen hier aufzuführen, zu erörtern und zu kritisiren. Alle die bereits angestellten Betrachtungen dürften genügen, die Ideen und Resultate in Betreff der neuen Schienen- und Schwellenformen und besonders der Klemmhebelbefestigung durch diese Abhandlung zunächst für interessirte Kreise bekannt gegeben und vielleicht einzelnen Fachgenossen ein Interesse eingeflößt zu haben. Wenn etwas von diesem Interesse nun auch vorausgesetzt werden dürfte, so soll doch noch einmal besonders betont werden, dass auch hier der Einzelne allerdings so viel wie Nichts zu erreichen vermag, wenn ihm nicht eine bedeutende Hilfe und Unterstützung zur Seite steht. Die vielen verschiedenen und oft sehr weit auseinander gehenden Ansichten über den Eisenbahnoberbau und was mit demselben zusammenhängt, werden wohl nie ganz oder auch nur stückweise geklärt werden, wenn denselben nicht von der Seite eine ausreichende Unterstützung und Hilfe zu Theil wird, welche bei unseren heutigen Verhältnissen wohl allein im Stande ist alle Bedenken zu beseitigen und in rationeller Weise durch immer und immer wiederkehrende Versuche die nöthige und absolute Klarheit über gute oder schlechte Constructionen, über zweckmässige oder unzuweckmässige Ausführungen derselben zu gewinnen und festzustellen.

Diese Versuche hätten sich auch in erster Linie auf die Ermittlungen des Zusammenhaltes der Geleise zu beziehen. Auf den Mangel hierauf bezüglicher umfassender und genügender Versuchsreihen ist von M. M. Freih. von Weber in seinem Werk „Die Stabilität des Gefüges der Eisenbahn-Geleise“ bereits ausdrücklich hingewiesen.

---

\*) Hierüber kann man wohl am besten durch die *Secundär-Bahn-Zeitung* unterrichtet werden, die ein getreues Bild aller Bestrebungen auf diesem Gebiete darbietet.

Nach allen diesen Richtungen hin könnten „**Staatliche Versuchsanstalten**“, denen die besten und erfahrensten Kräfte zuzutheilen wären, ein fruchtbares und dankbares Feld einer reichen Thätigkeit finden. Nationalwohlstand und Privat-Industrie verlieren Nichts durch die Gründung solcher Staatsanstalten, die sich bereits auf andern Gebieten glänzend bewährt haben, sie können vielmehr nur **durch die Staatsunterstützung gewinnen**. Desshalb ist dringend zu wünschen, dass Letztere auch diesem für die Sicherheit des Betriebes so wichtigen Capitel des Eisenbahnwesens **recht bald und ausreichend** zu Theil werde!

---

Trotzdem Verfasser sich bereits seit längerer Zeit mit der Oberbaufrage beschäftigt, und trotzdem seit beinahe 3 Jahren die Schienenbefestigung durch federnde Klemmhebel auf der Berlin-Hamburger Bahn im praktischen Betriebe mit dem besten Erfolge probirt ist, so schien es doch nöthig mit dieser Veröffentlichung zu warten, um über die Hauptsache, nämlich **das Verhalten des federnden Klemmhebels**, ein sicheres und unparteiisches Urtheil gewinnen zu können und dieses dann zur Grundlage aller der Erweiterungen und der ferneren Versuche zu machen, welche die Befestigung wohl als eine **Universalbefestigung von Schienen** auf ihren Unterlagen erscheinen zu lassen berechtigt sind.

Wie weit es Verfasser gelungen ist, Fachgenossen und Interessenten von der Zweckmässigkeit und Güte dieser neuen Befestigung und der durch dieselbe zum Theil bedingten Constructionsweisen von Schienen und Schwellen überzeugt zu haben, kann erst die Zukunft und ein hoffentlich guter Erfolg in der Ausführung und Anwendung dieser Befestigung lehren.

Immerhin dürften die Motive und Prinzipien dieser Arbeit in Fachkreisen und vielleicht in weiteren Kreisen wenigstens einen kleinen Theil der Beachtung und des wohlwollenden Interesses finden, welches wichtigen Problemen, die einer endgiltigen Lösung noch entgegen sehen, von deren Verwirklichung jedoch so viel abhängt, heut zu Tage wohl stets von Fachmännern und Laien zu Theil wird.

---

## N a c h t r a g.

### Empirische Berechnungen der eisernen Lang- und Querschwellen.

In den vorstehenden beiden Hauptabschnitten dieser Arbeit sind zur Berechnung der Bodenpressungen und der Biegungsspannungen beim eisernen Oberbau benutzt

a) für Langschwellen die von Winkler aufgestellten Formeln:

$$p_1 = \frac{G \cdot k}{2b} \cdot \frac{e^{2kl} - e^{-2kl} + 2 \sin 2kl}{e^{2kl} + e^{-2kl} - 2 \cos 2kl}$$

$$M_1 = \frac{G}{4k} \cdot \frac{e^{2kl} - e^{-2kl} - 2 \sin 2kl}{e^{2kl} + e^{-2kl} - 2 \cos 2kl}$$

wo 
$$k = \sqrt[4]{\frac{C \cdot b}{4E(J_1 + J_2)}} \quad \text{und} \quad C = 12,5$$

b) für Querschwellen die im Lehwald: „Der eiserne Oberbau“ entwickelten und modificirten Müller-Hoffmann'schen Formeln:

$$p_0 = \frac{P \cdot k}{2b} \cdot \frac{e^{2kt} + e^{-2kt} + 2 \cos 2kt + 4}{e^{2kt} - e^{-2kt} + 2 \sin 2kt}$$

$$M_0 = - \frac{P}{4k} \cdot \frac{e^{2kt} + e^{-2kt} - 2 \cos 2kt}{e^{2kt} - e^{-2kt} + 2 \sin 2kt}$$

wo 
$$P = \frac{1,05 \cdot 7500}{2} = \frac{7875}{2}$$
  

$$1 + \frac{0,0000704}{1 + \frac{\alpha}{\alpha}} \quad 1 + \frac{0,0000704}{1 + \frac{\alpha}{\alpha}}$$

$$\alpha = \frac{k}{2b \cdot C} \cdot \frac{e^{2kt} + e^{-2kt} + 2 \cos 2kt + 4}{e^{2kt} - e^{-2kt} + 2 \sin 2kt}$$

wo 
$$C = 12,5 \quad \text{und} \quad k = \sqrt[4]{\frac{12,5}{4EJ}}$$

Verfasser ist nicht der Ansicht, dass die aus diesen Formeln sich ergebenden absoluten Werthe der Pressungen und Spannungen eine so annähernde Genauigkeit besitzen, um, wie bei anderen Bauconstructionen, z. B. bei Brücken, direct zur Dimensionirung benutzt werden zu können.

Abgesehen von der Unsicherheit der elastischen Biegungstheorie im Allgemeinen, ist der Uebelstand, dass zur Ermöglichung einer theoretischen Behandlung meistens Annahmen gemacht werden müssen, welche sich mit den wirklichen Verhältnissen recht wenig decken, bei der Theorie des Eisenbahn-Oberbaues in ausserordentlich grossem Maasse vorhanden.

Ausserdem sind bei der Beurtheilung der Güte eines Oberbausystems so viele praktische Gesichtspunkte zu berücksichtigen, dass hier gewiss noch mehr als für andere Bauconstructionen der Satz gilt, dass nur die Erfahrung über den Werth oder Unwerth eines Systems entscheiden kann.

Wenn nun auch jene Theorien ein Urtheil über die absolute Güte eines Profils nicht ermöglichen, so können sie doch einen annähernd richtigen Maassstab für die relative Güte verschiedener Profile gewähren. Es lässt sich annehmen, dass unter übrigens gleichen Verhältnissen, d. h. bei gleichem Bettungsmaterial, gleich guter Unterstopfung etc. etc., die Bodenpressungen resp. Spannungen im Eisen sich im Mittel annähernd so verhalten, wie die aus jenen Formeln sich ergebenden absoluten Werthe.

Hierin dürfte der eigentliche Werth der Theorie des eisernen Oberbaues bestehen.

Leider sind aber die von Winkler, Müller, Hoffmann, Lehwald u. A. aufgestellten Formeln recht complicirt, während erfahrungsmässig die Verwerthung wissenschaftlicher Theorien für die Praxis durch Einfachheit der Rechnungsoperationen wesentlich gefördert wird.

Von diesem Gesichtspunkte aus scheint es entschieden wünschenswerth, **die Gewinnung einfacherer Formeln** zur Ermittlung der Druck- und Spannungsverhältnisse beim eisernen Oberbau **zu versuchen**.

Die grosse Zahl der von Lehwald, sowie in der vorliegenden Abhandlung untersuchten Profile werden hierbei **die Aufstellung empirischer Formeln** erheblich erleichtern.

**a) Empirische Berechnung eiserner Langschwellen.**

Um einen Ueberblick über den Einfluss der Elasticität der eisernen Schwellen auf die Bodenpressungen zu gewinnen, möge hier zunächst für die verschiedenen Systeme eine Zusammenstellung der Maximalpressungen, wie sie in der Lehwald'schen Tabelle (a. a. O. S. 8) aufgeführt resp. in vorstehender Abhandlung (S. 66) ermittelt sind und derjenigen gleichförmigen Pressungen folgen, welche sich bei Annahme starrer Unterlager ergeben, wobei angenommen ist, dass der Druck eines Rades sich auf eine Schwellenlänge gleich dem Radstande ( $2l = 140$ ) erstreckt. Diese spezifische Pressung, die sich aus  $\frac{G}{2l \cdot b}$  berechnet, werde mit  $p_s$  bezeichnet (Cfr. S. 136.)

Aus umstehender Tabelle ergibt sich zunächst, dass der Einfluss der Elasticität der Schwelle auf die Bodenpressungen nur gering ist, da die Differenz von  $p_1$  und  $p_s$  höchstens 24,5 % oder, wenn man, was in der Folge auch geschehen wird, nur die mit  $C = 12,5$  berechneten Profile berücksichtigt, sogar nur 13,53 % beträgt, während die Trägheitsmomente von 570 resp. 300 bis 1455 variiren, d. h. also in Bezug auf das kleinste, als Einheit zu Grunde gelegt, um 160 resp. beinahe 400 %.

Die spezifische Bodenpressung ist demnach fast umgekehrt proportional der unteren Breite der Schwelle. Um dieselbe demnach möglichst gering zu machen, braucht man die Schwellenbreite nur recht gross anzunehmen. Doch darf dieses Prinzip auch wieder nicht übertrieben werden, da sonst die Pressungen in der Querichtung der Schwelle, welche in der Theorie als constant angenommen sind, in Folge der Querbiegung derselben, welche in dieser Richtung nur ein schwaches Trägheitsmoment besitzt, zu erheblich differiren.

Auffällig ist die Differenz zwischen Profil Nr. 1 u. 2, welche bei gleicher Breite und fast gleichen Trägheitsmomenten erheblich verschiedene Pressungen zeigen. Dies kann nur seinen Grund in der Verschiedenheit der Rechnungsweisen haben. Profil 1 ist einmal für  $C = 9$  und einmal für  $C = 16$  berechnet\*), aus den sich hieraus ergebenden Werthen für  $p_1$  ist dann das arithmetische Mittel genom-

\*) S. Deutsche Bauzeitung 1878 Nr. 60 S. 310, 1878 Nr. 34.

| Systeme  | $p_1$ | $p_2$ | $p_1 - p_2$ | Desgl.<br>in %<br>von $p_1$ | Grösste untere<br>Breite $b$ | Ge-<br>sammt-<br>träg-<br>heits-<br>mo-<br>ment<br>$J_1 + J_2$ | Bemerkungen     |
|--|-------|-------|-------------|-----------------------------|------------------------------|--|-----------------|
| 1. Hilf . . . .                                  | 1,94  | 1,79  | 0,15        | 7,73                        | 30                           | 576  | $C=9$ u. $C=16$ |
| 2. Moselbahn . .                                 | 2,07  | 1,79  | 0,28        | 13,53                       | 30                           | 570  | $C = 12,5$      |
| 2a. Rheinische<br>Bahn (Project)                 | 1,97  | 2,14  | — 0,17      | — 8,63                      | 25                           | 1005   | $C=9$ u. $C=16$ |
| 2b. Rheinische<br>Bahn (Project)                 | 2,06  | 2,14  | — 0,08      | — 3,88                      | 25                           | 738  | desgl.          |
| 3. Hohenegger I .                                | 1,84  | 1,95  | — 0,11      | — 6                         | 27,5                         | 850  | desgl.          |
| 4. Heusinger I . .                               | 2,37  | 1,79  | 0,58        | 24,5                        | 30                           | 300  | desgl.          |
| 5. Heusinger II . .                              | 2,05  | 1,73  | 0,32        | 15,61                       | 31                           | 481  | desgl.          |
| 6. Hohenegger II                                 | 1,93  | 1,98  | — 0,05      | — 2,59                      | 27                           | 832  | desgl.          |
| 7a. Rheinische<br>Bahn (Ausfüh-<br>rung) . . . . | 1,70  | 1,60  | 0,10        | 5,88                        | 33,4                         | 983  | desgl.          |
| 7b. Rheinische<br>Bahn (Ausfüh-<br>rung) . . . . | 1,82  | 1,60  | 0,22        | 12,09                       | 33,4                         | 748  | desgl.          |
| 8. Haarmann . . .                                | 2,29  | 2,06  | 0,23        | 10,04                       | 26                           | 718  | $C = 12,5$      |
| 9. Stadtbahn . . .                               | 1,86  | 1,67  | 0,19        | 10,22                       | 32                           | 880  | desgl.          |
| 10. Klemmhebel-<br>profil II . . . .             | 1,87  | 1,79  | 0,08        | 4,28                        | 30                           | 1455   | desgl.          |
| 11. Klemmhebel-<br>profil III . . . .            | 1,80  | 1,67  | 0,13        | 7,22                        | 32                           | 1337   | desgl.          |
| 12. Klemmhebel-<br>profil IV . . . .             | 1,93  | 1,79  | 0,14        | 7,25                        | 30                           | 1195   | desgl.          |
| 13. Klemmhebel-<br>profil V . . . .              | 1,69  | 1,58  | 0,11        | 6,51                        | 34                           | 1425   | desgl.          |
| 14. Klemmhebel-<br>profil VI . . . .             | 1,88  | 1,67  | 0,21        | 11,17                       | 32                           | 807  | desgl.          |
| 15. Klemmhebel-<br>profil VII . . . .            | 1,81  | 1,67  | 0,14        | 7,73                        | 32                           | 1284   | desgl.          |

men. Profil 2 ist nur einmal und zwar für  $C = 12,5$ , welcher Werth das arithmetische Mittel von 9 u. 16 bildet, berechnet. Da  $C$  in der vierten Wurzel vorkommt, ist diese Rechnungsweise jedoch nicht zulässig, was auch die erhebliche Differenz der Bodenpressungen genannter Profile von fast genau denselben Dimensionen etc.



ohne Weiteres veranschaulicht. Aus denselben Gründen können daher alle diejenigen Profile, die mit  $C = 9$  u.  $C = 16$  berechnet und dann gemittelt sind, nicht mit denjenigen, welche für  $C = 12,5$  berechnet sind, auf Bodenpressung etc. verglichen werden. Was den Werth von  $C$ , einem vom Bettungsmaterial abhängigen Coefficienten, überhaupt anbetrifft, so hat Weber denselben im Mittel für  $C = 9$  durch Versuche bestimmt, während die Rheinische Bahn  $C = 16$  gefunden hat.  $C = 12,5$  ist mithin der Mittelwerth dieser beiden, durch Versuche gefundenen Zahlen. Ob es zweckmässig oder zulässig ist,  $C = 12,5$  zu setzen, müsste durch weitere umfassende Versuche noch constatirt werden. Da die Weber'schen Versuche mit hölzernen Querschwellen für eine Radlast von 6000 kg angestellt sind, so scheint es jedenfalls zweckmässig, wenn nicht sogar erforderlich, den Werth von  $C$  auch für die verschiedenen eisernen Langschwellen und Querschwellen bei verschiedenem Bettungsmaterial und den heut zu Tage zu Grunde gelegten Raddrücken zu ermitteln.

Auffällig ist in obiger Tabelle ferner, dass bei den Profilen  $2a$ ,  $2b$ ,  $3$  und  $6$  der Druck  $p_1 < p_s$  ist, was doch nicht möglich ist, da unter Berücksichtigung der elastischen Durchbiegung eines Schwellenprofils der Druck grösser sein muss, als wenn ein starres Unterlager vorausgesetzt wird. Die ganze Theorie der eisernen Schwellensysteme beruht auf der Voraussetzung, dass **die Eindrückung der Schwelle in die Bettung an einem beliebigen Punkte dem hier herrschenden Druck  $p$  pro Flächeneinheit proportional ist.**

Deshalb und aus oben erwähnten Gründen würden behufs Aufstellung empirischer Formeln die Profile  $1$ ,  $2a$ ,  $2b$ ,  $3$ ,  $4$ ,  $5$ ,  $6$ ,  $7a$  und  $7b$  aus der Versuchsreihe auszuschneiden sein. Die übrig bleibenden Profile zeigen noch immer so extreme Fälle, dass die aus ihnen gezogenen Folgerungen für eine praktische Verwerthung fast immer gültig sein werden.

Ehe zur Aufstellung empirischer Formeln geschritten wird, soll untersucht werden, ob und wie weit die Winkler'schen Formeln bereits vereinfacht sind.

Winkler hat eine Vereinfachung mit seinen ursprünglich aufgestellten Formeln bereits vorgenommen.

Diese am Anfang dieses Abschnittes angeführten Ausdrücke werden (nach Winkler, a. a. O. S. 266) bedeutend einfacher unter

der Annahme, dass  $kl$  sehr gross ist. Dividirt man nämlich Zähler und Nenner durch  $e^{2kl}$  und vernachlässigt alsdann alle Glieder mit dem Factor  $e^{-2kl}$ ,  $e^{-3kl}$  und  $e^{-4kl}$ , so ergibt sich

$$\text{annähernd} \begin{cases} p_1 = \frac{G}{2b} \sqrt[4]{\frac{C \cdot b}{4E \cdot (J_1 + J_2)}} \\ M_1 = \frac{G}{4} \sqrt[4]{\frac{4E (J_1 + J_2)}{C \cdot b}} \end{cases}$$

Durch weitere Anwendung dieser Annäherungsformeln soll sich ebenfalls nach Winkler ergeben, dass letztere für Werthe von  $kl$ , welche grösser als 1 sind, hinreichende Genauigkeit liefern. Hierbei ist aber zu beachten, dass für den Fall, dass  $kl > \frac{3}{4}\pi$  d. i.  $> 2,356$  ist,  $p_0$  (d. h. der Minimaldruck) negativ ausfällt, d. h. dass sich die Schiene von der Unterlage abhebt, so dass alsdann die Winkler'sche Theorie keine Gültigkeit mehr hat, da sie ein vollkommenes Aufliegen der Schienen voraussetzt. — — — —

Zur richtigen Anwendung der obigen Annäherungsformeln ist also für  $p$  vorher das Kriterium zu untersuchen

$$l \sqrt[4]{\frac{C \cdot b}{4E (J_1 + J_2)}} > 1 \\ < 2,356.$$

Es muss zugegeben werden, dass die Rechnung nach diesen drei Formeln allerdings der nach den ursprünglich aufgestellten gegenüber schon erheblich einfacher ist, dass sie jedoch für eine bequeme und schnelle Rechnung zweckmässig noch zu vereinfachen ist. Ausserdem ist ein Mangel dieser Methode der, dass, wenn das Kriterium nicht erfüllt ist, die Annäherungsformeln auch keine Gültigkeit haben, dass man dann also wieder zu den complicirten Formeln greifen muss.

Legt man diesen Berechnungen ein  $C = 12,5$ ,  $G = 7500$ ,  $E = 2\,000\,000$  zu Grunde und trennt dann die für jedes Profil constanten Grössen von dem jedem Profil eigenthümlichen  $b$  und  $(J_1 + J_2)$ , so lässt sich die Winkler'sche Annäherungsformel auch schreiben

$$p_1 = G \cdot \frac{\sqrt[4]{\frac{C}{64 \cdot E}}}{\sqrt[4]{b^3 (J_1 + J_2)}}$$

Setzen wir die bekannten Grössen ein, so entsteht

$$p_1 = 7500 \frac{\sqrt[4]{\frac{12,5}{64 \cdot 2\,000\,000}}}{\sqrt[4]{b^3 (J_1 + J_2)}}$$

d. h.

$$\text{I.} \quad p_1 = \frac{132,58}{\sqrt[4]{b^3 (J_1 + J_2)}}.$$

Betrachten wir diesen Ausdruck näher, so lässt sich erkennen, dass derselbe durch sein Glied im Nenner gewissermaassen die Güte eines jeden Profils in Bezug auf seine feste Lage kennzeichnet, die in erster Linie von der unteren Schwellenbreite abhängt, welche als 3. Potenz unter dem Wurzelausdruck vorkommt und erst in zweiter Linie vom Gesamtträgheitsmoment. Reg.-Baumeister Prof. Häsel er bezeichnet diesen Werth (vgl. Organ f. d. F. d. E. 1882. Heft II u. III S. 50) als „Werth der Lagerung des Gestänges“. Es sollen diese Werthe bei der Annäherungs-Berechnung von  $p_1$  nach Gl. I weiter unten ebenfalls ermittelt und aus den sich ergebenden Resultaten weitere Schlüsse gezogen werden.

Die Winkler'sche Formel für das Kriterium, ob  $p$  noch brauchbar ist, lässt sich ebenfalls für den bequemen Gebrauch noch vereinfachen.

Es war

$$l \sqrt[4]{\frac{C \cdot b}{4E(J + J_1)}} > 1 < 2,356$$

wo  $l$  = Radstand ist.

Werden hierin wieder die für jede Rechnung (unter Annahme gleicher Voraussetzungen) gleichen Werthe eingesetzt, so resultirt

$$140 \sqrt[4]{\frac{12,5 \cdot b}{4E(J_1 + J_2)}} > 1 < 2,356$$

oder

$$4,9497 \sqrt[4]{\frac{b}{J_1 + J_2}} > 1 < 2,356.$$

Schaffen wir nun noch die Wurzel fort, so ergibt sich nunmehr als sehr einfach zu constatirendes Kriterium:

$$\text{II.} \quad \frac{b}{J_1 + J_2} > 0,001666 < 0,05133.$$

Nach dieser Gleichung lässt sich nunmehr in einem Augenblick übersehen, ob es für ein beliebiges Profil statthaft ist, nach der Annäherungsformel I zu rechnen.

Setzen wir nun ebenfalls in die Winkler'sche Annäherungsformel für  $M_1$  die bekannten Grössen ein, so ändert sich dieselbe nach denselben Prinzipien in den einfachen Ausdruck:

$$\text{III.} \quad M_1 = 53\,033 \sqrt[4]{\frac{J_1 + J_2}{b}}.$$

Nach Aufstellung dieser 3 Gleichungen wollen wir die aus denselben resultirenden Werthe mit den genauen Werthen vergleichen\*).

| Systeme                | $p_1$<br>genau | $b$ | $J_1 + J_2$ | Kriterium                               | $p_1$<br>annä-<br>hernd<br>nach I | Diffe-<br>renz<br>der<br>$p_1$ -<br>Werthe | Desgl.<br>in<br>%<br>von<br>$p_1$<br>genau |
|------------------------|----------------|-----|-------------|---|-----------------------------------|--|--|
|                        |                |     |             | $b > 0,001666$<br>$J_1 + J_2 < 0,05133$ |                                   |  |  |
| 1. Moselbahnprofil . . | 2,07           | 30  | 570         | 0,052†)                                 | —                                 | —  | —  |
| 2. Haarmann . . . .    | 2,29           | 26  | 718         | 0,03                                    | 2,22                              | — 0,07                                     | — 3,06                                     |
| 3. Stadtbahn . . . .   | 1,86           | 32  | 880         | 0,03                                    | 1,81                              | — 0,05                                     | — 2,69                                     |
| 4. Klemmhebelprofil II | 1,87           | 30  | 1455        | 0,02                                    | 1,67                              | — 0,20                                     | — 10,69                                    |
| 5. „ III               | 1,80           | 32  | 1337        | 0,02                                    | 1,63                              | — 0,17                                     | — 9,44                                     |
| 6. „ IV                | 1,93           | 30  | 1195        | 0,02                                    | 1,76                              | — 0,17                                     | — 8,81                                     |
| 7. „ V                 | 1,69           | 34  | 1425        | 0,02                                    | 1,53                              | — 0,16                                     | — 9,46                                     |
| 8. „ VI                | 1,88           | 32  | 807         | 0,03                                    | 1,85                              | — 0,03                                     | — 1,60                                     |
| 9. „ VII               | 1,81           | 32  | 1284        | 0,02                                    | 1,65                              | — 0,16                                     | — 8,84                                     |

†) Dieser Werth ist um ein Geringes zu gross, so dass die Annäherungsformel nicht mehr anzuwenden ist. — NB. Die Minus-Zeichen der beiden letzten Col. sollen hier anzeigen, dass die Annäherungs-Werthe von  $p_1$  den genauen  $p_1$ -Werthen gegenüber geringere Resultate liefern.

Man erkennt, dass die Differenzen, welche die Annäherungsformel in Bezug auf den Maximaldruck hervorbringt, doch ziemlich bedeutend sind, so dass sie für die Praxis doch wohl nicht ganz genügen dürften.

$$\text{Die Näherungsformel } p_1 = \frac{132,58}{\sqrt[4]{b^3 (J_1 + J_2)}}$$

lässt, wie weiter oben bereits angedeutet ist, noch andere interessante Schlüsse bezüglich der Güte der Profile zu.

\*) Es können hier selbstverständlich nur die Profile wieder in Betracht kommen, die mit  $C = 12,5$  berechnet sind.

Wird der Wurzel Ausdruck  $\sqrt[4]{b^3(J_1 + J_2)}$  nach Häseler als „Lagerungswert des Gestänges“ bezeichnet, so ergibt derselbe für unsere Profile:

| Systeme                | Lagerungswert<br>des<br>Gestänges:<br>$\sqrt[4]{b^3(J_1 + J_2)}$ | Desgl. mit Bezug<br>auf das<br>Profil der<br>Stadtbahn<br>als<br>Einheit | Desgl. von rot. in<br>% |
|------------------------|--|--|-------------------------|
| 1. Moselbahnprofil . . | 62,63  | 0,85   | 17% schlechter als Pr.3 |
| 2. Haarmann . . . .    | 59,60  | 0,81   | 23% " " "               |
| 3. Stadtbahn . . . .   | 73,28  | 1  | —                       |
| 4. Klemmhebelprofil II | 79,17  | 1,08   | 7½% besser als Pr.3     |
| 5. " III               | 81,36  | 1,11   | 10% " " "               |
| 6. " IV                | 75,37  | 1,03   | 3% " " "                |
| 7. " V                 | 86,51  | 1,18   | 15% " " "               |
| 8. " VI                | 71,71  | 0,98   | 2% schlechter als Pr.3  |
| 9. " VII               | 80,54  | 1,10   | 9% besser als Pr.3      |

Die Maximalmomente ergeben sich genau und angenähert nach Gl. III, wie folgt:

| Systeme                      | $M_1$ genau | $M_1$<br>annähernd | Differenz<br>beider<br>$M_1$ -Werthe | Desgl.rot.in%<br>v. $M_1$ genau |
|------------------------------|-------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Moselbahnprofil . . . . . | 99848       | —                  | —                                    | —                               |
| 2. Haarmann . . . . .        | 103490      | 121572             | + 18082                              | + 17,5                          |
| 3. Stadtbahn . . . . .       | 103280      | 121444             | + 18164                              | + 17,6                          |
| 4. Klemmhebelprofil II . . . | 117573      | 139952             | + 22379                              | + 19,0                          |
| 5. " III . . . . .           | 105300      | 134831             | + 29531                              | + 28,0                          |
| 6. " IV . . . . .            | 105818      | 133233             | + 27415                              | + 26,0                          |
| 7. " V . . . . .             | 105300      | 134937             | + 29637                              | + 28,1                          |
| 8. " VI . . . . .            | 102202      | 118843             | + 16641                              | + 16,3                          |
| 9. " VII . . . . .           | 105465      | 133475             | + 28010                              | + 26,5                          |

NB. Die Plus-Zeichen der beiden letzten Col. sollen hier anzeigen, dass die Annäherungs-Werthe von  $M_1$  den genauen  $M_1$ -Werthen gegenüber größere Resultate liefern.

Auch diese Annäherungswerthe zeigen ziemliche Differenzen mit den genauen Werthen, so dass diese Annäherungsformel nach Verfassers Ansicht für die Praxis ebenfalls nicht ganz genügen dürfte.

Interessant ist auch hier eine Diskussion des Wurzel Ausdrucks

$$\sqrt[4]{\frac{J_1 + J_2}{b}}$$

Es ist  $M = S \frac{J}{a}$ , wo  $S$  die zulässige Spannung bezeichnet. Nimmt man nun an, dass diese Spannung bei allen Profilen eine gleiche, z. B. 800 kg pro qcm sei, so wird  $\frac{J}{a}$  um so kleiner zu sein brauchen, je kleiner  $M$  ist.  $M$  wird aber nach Gl. III um so kleiner, je grösser  $b$  wird, d. h. also: Unter der Voraussetzung, dass die Profile gleichmässig beansprucht werden, wird das Widerstandsmoment des Querschnitts um so kleiner sein können, je grösser die untere Schwellenbreite ist. Wegen der Querbiegungen der Schwelle darf man natürlich mit der unteren Schwellenbreite wieder nicht zu weit gehen. Ein specieller Vergleich unserer Profilvereihe in dieser Beziehung ist deshalb unthunlich, da die Spannung in den einzelnen Profilen verschieden ist und stellenweise erheblich differirt.

Man sieht aus den letzten Tabellen für  $p$  annähernd und  $M$  annähernd, dass die Annäherungsformeln doch ziemlich ungenaue Resultate ergeben. In Bezug auf die Bodenpressung ergeben sich fast die gleichen Resultate beim Vergleich von  $p_1$  und  $p_s$ . Ist daher nach Winkler's Ansicht jene Annäherungsformel für  $p_1$  für die Praxis noch ausreichend, so findet dasselbe mit der viel einfacheren Formel  $p_1 = \beta \cdot p_s = \beta \cdot \frac{G}{2 \cdot l \cdot b}$  statt, wo  $\beta$  constant ist. Die Ungenauigkeit beträgt für die mit  $C = 12,5$  berechneten Profile im Durchschnitt ca. 8,5 %. Hieraus ist aber zu schliessen, dass, wenn  $\beta$  als einfache Function von  $b$  und  $(J_1 + J_2)$  dargestellt wird, sich noch viel genauere Resultate werden gewinnen lassen\*).

\*) Selbstverständlich lassen sich derartige Formeln in der verschiedensten Weise aufstellen. So ergibt z. B. die Formel

$$p_1 = p_s \left( 1 + \frac{\alpha}{b(J_1 + J_2)} \right),$$

in der sich  $\alpha$  als Mittelwerth = 2986,72 berechnet, schon gute Resultate. Der Fehler übersteigt nicht 4,5 % und die durchschnittliche Ungenauigkeit beträgt nur 0,7 %. Ebenso liefert eine Formel von der Gestalt

$$p_1 = G \left( m + \frac{n}{b} + \frac{r}{(J_1 + J_2)} \right),$$

für  $m = 0,0000268$ ,  $n = 0,006356$  und  $r = 0,0222 \dots$  gute Annäherungswerthe.

Gehen wir aus von

$$p_1 = \beta \cdot p_s$$

und fassen wir  $\beta$  als lineare Function von  $b$  und  $(J_1 + J_2)$  auf; berücksichtigen wir dann, dass  $b$  und  $(J_1 + J_2)$  umgekehrt proportional  $p_1$  sind, so ergibt sich  $\beta = m + \frac{n}{b \cdot (J_1 + J_2)}$  und mithin:

$$p_1 = p_s \left( m + \frac{n}{b \cdot (J_1 + J_2)} \right).$$

Die wahrscheinlichsten Werthe von  $m$  und  $n$  sind nun unter Zugrundelegung der obigen Versuchsreihe nach der Methode der kleinsten Quadrate zu entwickeln.

Die betreffenden Normalgleichungen lauten:

$$\begin{aligned} 1) \quad \sum (u M) &= m \sum (u^2) + n \sum (u v) \\ 2) \quad \sum (v M) &= n \sum (v^2) + m \sum (u v). \end{aligned}$$

Hierin bedeutet

$$u = 1, \quad u^2 = 1, \quad \sum (u^2) = 9$$

$$\sum (u M) = \sum \left( 1 \cdot \frac{p_1}{p_s} \right); \quad \sum (u v) = \sum \left( 1 \cdot \frac{1}{b (J_1 + J_2)} \right);$$

$$\sum (v M) = \sum \left( \frac{1}{b (J_1 + J_2)} \cdot \frac{p_1}{p_s} \right); \quad \sum (v^2) = \sum \left( \frac{1}{b (J_1 + J_2)} \right)^2.$$

Es ergeben sich:

$$\begin{aligned} m &= 1,0129 \\ n &= 2435,9 \end{aligned}$$

---

Soll jedoch solche Annäherungsformel nicht nur so genau wie möglich, sondern auch so bequem wie möglich sein, so empfiehlt es sich, eine Formel aufzustellen, wie oben weiter entwickelt ist. Der überwiegende Einfluss von  $b$  ist in derselben berücksichtigt, indem  $p_1 = p_s \beta$  gesetzt ist, worin  $p_s = \frac{G}{2 l \cdot b}$  ist. Durch den Coefficienten  $m$  wird die Gleichung empfindlicher gemacht und trotzdem ist die Formel sehr handlich und liefert vor Allem sehr gute Resultate. Es sollen daher hier und in späteren Fällen nur immer die Formeln aufgestellt und entwickelt werden, welche sich nach Verfassers Rechnungen anderen Formeln gegenüber als die zweckentsprechendsten erwiesen haben.

so dass unsere empirische Formel für  $p_{\text{empirisch}}$  oder  $p_e$  nunmehr lautet:

$$p_e = p_s \left( 1,0129 + \frac{2435,9}{b \cdot (J_1 + J_2)} \right).$$

Hiernach erhalten wir folgende Tabelle:

| Systeme                  | $b$ | $J_1+J_2$ | $p_s$ | $p_i$<br>genau | $p_e$<br>annä-<br>hernd | $p_1 - p_e$ | Desgl.<br>in %<br>von $p_i$ |
|--------------------------|-----|-----------|-------|----------------|-------------------------|-------------|-----------------------------|
| 1. Moselbahn . . . . .   | 30  | 570       | 1,79  | 2,07           | 2,07                    | —           | —                           |
| 2. Haarmann . . . . .    | 26  | 718       | 2,06  | 2,29           | 2,35                    | — 0,06      | — 2,62                      |
| 3. Stadtbahn . . . . .   | 32  | 880       | 1,67  | 1,86           | 1,84                    | + 0,02      | + 1,07                      |
| 4. Klemmhebelprofil II . | 30  | 1455      | 1,79  | 1,87           | 1,91                    | — 0,04      | — 2,14                      |
| 5. „ III .               | 32  | 1337      | 1,67  | 1,80           | 1,79                    | + 0,01      | + 0,56                      |
| 6. „ IV .                | 30  | 1195      | 1,79  | 1,93           | 1,93                    | —           | —                           |
| 7. „ V .                 | 34  | 1425      | 1,58  | 1,69           | 1,68                    | + 0,01      | + 0,59                      |
| 8. „ VI .                | 32  | 807       | 1,67  | 1,88           | 1,85                    | + 0,03      | + 1,59                      |
| 9. „ VII .               | 32  | 1284      | 1,67  | 1,81           | 1,79                    | + 0,02      | + 1,10                      |

Diese Tabelle zeigt mithin, dass die Genauigkeit der Annäherungsformel für  $p_e$  mehr als genügend ist. Der Fehler ist in den extremsten Fällen  $< 2,62\%$  und die durchschnittliche Ungenauigkeit beträgt nur  $0,016 \dots \%$ .

Was die Längsspannungen in Schiene und Schwelle anbetrifft, so berechnen sich diese aus

$$S_1 = \frac{M_1 e_1}{J_1 + J_2} \quad \text{und} \quad S_2 = \frac{M_1 e_2}{J_1 + J_2}.$$

Es sind also nur die  $M_1$ -Werthe zu ermitteln.

Wie wir auf Seite 141 gesehen haben, liefert die Winkler'sche Annäherungsgleichung für  $M_1$  ziemlich ungenaue Resultate. Der Fehler beträgt bis  $28\%$  und die durchschnittliche Ungenauigkeit über  $22\%$ . Eine genauere Annäherungsformel erscheint daher auch hier als wünschenswerth.

Wir bilden nach denselben Grundsätzen wie oben einen Ausdruck

$$M_1 = G \cdot \beta^*),$$

\*) In Bezug auf die folgende Entwicklung gilt dasselbe, was für die Aufstellung einer Formel für  $p_e$  gesagt ist.



wo  $\beta = \left( m + n \cdot \frac{J_1 + J_2}{b} \right)$  ist, da  $(J_1 + J_2)$  direct und  $b$  umgekehrt proportional mit  $M_1$  ist, wie aus der Betrachtung der Winkler'schen Formeln ohne Weiteres ersichtlich.

Wir bilden also den Ausdruck für  $M_{\text{empirisch}}$  oder  $M_e$ :

$$M_e = G \left( m + \frac{n(J_1 + J_2)}{b} \right),$$

wo  $G = 7500$ .

Nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnen sich die wahrscheinlichsten Werthe von  $m$  und  $n$  aus unserer Profilverihe zu:

$$m = 12,199$$

$$n = 0,053444,$$

so dass obige Formel lautet:

$$M_e = 7500 \left( 12,199 + \frac{0,053444 \cdot (J_1 + J_2)}{b} \right).$$

Hierfür berechnen sich die  $M_e$ -Werthe, wie folgt:

| Systeme                  | $b$ | $J_1 + J_2$ | $M_1$ genau | $M_e$<br>annähernd | $M_1 - M_e$ | Desgl.<br>in %<br>von<br>$M_1$ |
|--------------------------|-----|-------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------------------|
| 1. Moselbahn . . . . .   | 30  | 570         | 99 848      | 99 108             | + 740       | + 0,74                         |
| 2. Haarmann . . . . .    | 26  | 718         | 103 490     | 102 563            | + 927       | + 0,89                         |
| 3. Stadtbahn . . . . .   | 32  | 880         | 103 280     | 102 515            | + 765       | + 0,74                         |
| 4. Klemmhebelprofil II . | 30  | 1455        | 117 573     | 110 933            | + 6640      | + 5,65                         |
| 5. „ III .               | 32  | 1337        | 105 300     | 108 240            | − 2940      | − 2,79                         |
| 6. „ IV .                | 30  | 1195        | 105 818     | 107 466            | − 1648      | − 1,56                         |
| 7. „ V .                 | 34  | 1425        | 105 300     | 108 293            | − 2993      | − 2,84                         |
| 8. „ VI .                | 32  | 807         | 102 202     | 101 603            | + 598       | + 0,58                         |
| 9. „ VII .               | 32  | 1284        | 105 465     | 107 580            | − 2115      | − 2                            |

Auch diese Tabelle weist gute Resultate auf. In dem extremsten Falle, in dem bei  $b = 30$  das Gesamtträgheitsmoment die geradezu überflüssig grosse Höhe von 1455 erreicht, beträgt der Fehler sogar nur  $5\frac{1}{2}\%$ , während er sonst noch nicht  $3\%$  erreicht. Die durchschnittliche Ungenauigkeit beträgt für alle Profile nur  $0,06\%$ .

Aus Vorstehendem ergeben sich mithin folgende Hauptresultate:

- 1) Der Einfluss der Schwellenelasticität auf die Bodenpressungen ist in praktischen Fällen so gering, dass derselbe

meist vernachlässigt werden kann. Der Fehler übersteigt hierbei nicht 13,5 %, und die durchschnittliche Ungenauigkeit beträgt nur 8,66 %. Es lässt sich also der Druck auf die Unterbettung ziemlich genau als gleichförmig ansehen.

- 2) Will man behufs Vergleichung verschiedener Profile eine genaue Ermittlung der Bodenpressungen erzielen, so liefert die empirische Formel

$$p_e = p_s \left( 1,0129 + \frac{2435,9}{b \cdot (J_1 + J_2)} \right)$$

hinreichend genaue Resultate, deren Fehler 2,62 % nicht übersteigen und deren durchschnittliche Ungenauigkeit nur 0,016 % beträgt.

- 3) Zur Ermittlung des Max.-Momentes resp. der Spannungen genügt in beiden Fällen die empirische Formel:

$$M_e = 7500 \left( 12,199 + \frac{0,053444 \cdot (J_1 + J_2)}{b} \right).$$

Der Fehler beträgt nur 5½ % resp. 3 % und die durchschnittliche Ungenauigkeit nur 0,06 %.

#### b) Empirische Berechnung eiserner Querschwellen.

Die Theorie der eisernen Querschwellen ist erst in neuerer Zeit derartig ausgebildet, dass sie praktisch brauchbare Resultate liefert.

Prof. Dr. Winkler berücksichtigt in der 3. Aufl. 1875 seines Eisenbahn-Oberbaues die eisernen Querschwellen nach der theoretischen Seite noch nicht\*). Im Heusinger'schen Handbuch für spec. Eisenbahn-Technik 1877, Bd. I. Der Eisenbahnbau, finden wir in der Winkler'schen Abhandlung auf Seite 336 § 9: Anwendung der Theorie der Langschwellen auf Querschwellen. Es heisst dort: „dieselben

---

\*) Bei der Dimensionirung der Holzschwellen wird nur gesagt (a. a. O. § 89 S. 123), dass der Druck auf die Bettung unter den Schwellen da am grössten ist, wo die Schienen sich befinden. Je stärker sich die Schwellen unter den Schienen durchbiegen, desto grösser wird der Druck sein.

Regeln können wenn auch mit minder grosser Genauigkeit, auch für Querschwellen verwendet werden u. s. w.“ Dann finden wir im L. Hoffmann'schen „Langschwellenbau der Rheinischen Eisenbahn“ 1880 eine vom Abtheilungs-Baumeister Müller in Andernach aufgestellte Theorie eiserner Querschwellen. Schliesslich bringt die Lehwald'sche Abhandlung 1881 eine Berechnung der eisernen Querschwellen unter der Annahme, dass der Druck  $P$  zu beiden Seiten der Schiene nur auf eine Länge  $t$  der Schwelle übertragen werde und der mittlere Theil der Schwelle  $= 2l - 2t$  nicht vorhanden sei.

Die 3 sich hiernach ergebenden Hauptgleichungen lauten:

$$\begin{aligned} \text{I.} \quad P &= \frac{1,05 \cdot 7500}{1 + \frac{2}{1 + \frac{0,0000704}{\alpha}}} = \frac{7875}{1 + \frac{2}{1 + \frac{0,0000704}{\alpha}}} \\ \text{II.} \quad p_0 &= \frac{P \cdot k}{2 \cdot b} \left( \frac{e^{2kt} + e^{-2kt} + 2 \cos 2kt + 4}{e^{2kt} - e^{-2kt} + 2 \sin 2kt} \right) \\ \text{III.} \quad M_0 &= - \frac{P}{4k} \left( \frac{e^{2kt} + e^{-2kt} - 2 \cos 2kt}{e^{2kt} - e^{-2kt} + 2 \sin 2kt} \right). \end{aligned}$$

$P$  bedeutet hierin denjenigen Theil des Raddrucks  $G$ , welcher wirklich auf die Schwelle kommt.  $p_0$  ist wieder der grösste Druck pro qcm auf die Bettung und  $M_0$  das grösste Moment.

$$\alpha = \frac{k}{2b \cdot C} \left( \frac{e^{2kt} + e^{-2kt} + 2 \cos 2kt + 4}{e^{2kt} - e^{-2kt} + 2 \sin 2kt} \right).$$

$t$  ist die Entfernung von der Schienenmitte bis zum nächsten Schwellenende.

Es muss zugegeben werden, dass trotz schon gemachter Vereinfachung die Berechnung eines eisernen Querschwellenprofils nach diesen Formeln sehr umständlich und zeitraubend ist und dass es sich hier wohl unter allen Umständen verlohnt, Mittel und Wege ausfindig zu machen, das Verfahren möglichst abzukürzen.

Annäherungsformeln sind unseres Wissens für eiserne Querschwellen bisher noch nicht aufgestellt. Es ist aber von vornherein anzunehmen, dass bei der grösseren Kürze der Querschwellen empirische Formeln noch genauere Resultate liefern werden, als dies für die Langschwellen der Fall ist.

Um zunächst wieder den Einfluss der Schwellen-Elasticität auf die Druckübertragung beurtheilen zu können, sollen die sich aus Gl. II ergebenden elastischen Drücke der in Lehwald S. 50 ermittelten Profile mit den starren Drücken  $\left(p_s = \frac{P}{2bt} = \frac{P}{F}\right)$  verglichen werden.

| Systeme                   | $b$ | $t$  | $J$  | $P$  | $p_0$ | $p_s$ | $p_0 - p_s$ | Desgl. in<br>% von $p_0$ |
|---------------------------|-----|------|------|------|-------|-------|-------------|--------------------------|
| 1. Holzschwelle . . . .   | 25  | 50   | 4580 | 4846 | 1,95  | 1,94  | 0,01        | 0,51                     |
| 2. Rheinische Bahn . . .  | 22  | 37,5 | 77   | 4336 | 2,65  | 2,63  | 0,02        | 0,75                     |
| 3. Berg.-Märk. Bahn I .   | 23  | 35   | 132  | 4303 | 2,68  | 2,67  | 0,01        | 0,37                     |
| 4. " " " II .             | 23  | 35   | 119  | 4303 | 2,69  | 2,67  | 0,02        | 0,74                     |
| 5. " " " II .             | 23  | 45   | 132  | 4605 | 2,24  | 2,22  | 0,02        | 0,89                     |
| 6. Hannov. Staatsbahn . . | 25  | 45   | 149  | 4702 | 2,11  | 2,09  | 0,02        | 0,95                     |
| 7. Lazar . . . . .        | 22  | 35   | 54   | 4249 | 2,78  | 2,76  | 0,02        | 0,72                     |
| 8. Hessische Ludwigsbahn  | 22  | 45   | 73   | 4532 | 2,32  | 2,30  | 0,02        | 0,86                     |
| 9. Profil nach Haarmann   | 25  | 50   | 186  | 4834 | 1,95  | 1,93  | 0,02        | 1,03                     |

Diese Tabelle zeigt, dass bei Querschwellen, die in der Mitte nicht unterstopft sind, die Bodenpressung in praktischen Fällen als gleichförmig angesehen werden kann. Die grösste Abweichung des elastischen Druckes von dem starren Druck beträgt ca. 1% und die durchschnittliche Ungenauigkeit des letzteren gegenüber dem ersteren nur 0,75%, während das Verhältniss des kleinsten und grössten Trägheitsmomentes (abgesehen vom Profil Lazar) 73 : 4580 oder rot. 1 : 63 ist. In Bezug auf das kleinste Trägheitsmoment als Einheit differirt also dasselbe mit dem grössten um 6174%. Die Trägheitsmomente haben mithin auf die elastische Durchbiegung der Schwellen so gut wie gar keinen Einfluss. Es ist mithin

$$p_0 = \frac{P}{2bt} = \frac{P}{F}.$$

Zunächst ist nunmehr  $P$  annähernd zu bestimmen.

$$\text{Es ist} \quad P = G \cdot \beta,$$

wo  $\beta$  ein ächter Bruch ist und eine lineare Function sein möge.  $\beta$  ist jedoch eine Function von der Druckfläche  $F = 2bt$ , so dass

$$\beta = (m + n \cdot F)$$

und

$$P = G (m + n . F)$$

$m$  und  $n$  sind aus obiger Versuchsreihe nach der Methode der kleinsten Quadrate genau so, wie es bei den Langschwellen gezeigt ist, zu entwickeln\*). Es ergeben sich hiernach unter Zugrundelegung der Normalgleichungen

$$\sum (u . M) = m \sum (u^2) + n \sum (u . v)$$

$$\sum (v . M) = n \sum (v^2) + m \sum (u . v)$$

$$m = 0,439$$

$$n = 0,0000836,$$

so dass die empirische Formel für  $P_{\text{empirisch}}$  oder  $P_e$  lautet:

$$P_e = 7500 (0,439 + 0,0000836 F).$$

Rechnet man hiernach die  $P_e$ -Werthe aus, so resultirt:

\*) Um wenigstens eine derartige Rechnung hier genau durchgeführt zu haben, sei es uns gestattet, auf den Gang derselben näher einzugehen. Die Normalgleichungen lauten:

$$\sum (u . M) = m \sum (u^2) + n \sum (u . v)$$

$$\sum (v . M) = n \sum (v^2) + m \sum (u . v).$$

Für  $m$  und  $n$  sind aus unserer Versuchsreihe die wahrscheinlichsten Werthe zu berechnen.

In Bezug auf die Gleichung

$$P = G (m + n . F)$$

bedeuten  $u$  und  $v$  diejenigen Grössen, von welchen die Function abhängen soll. Bei einer Reihe von 9 Profilen, die je einmal beobachtet werden, ist die Anzahl der Beobachtungen für jedes Profil  $u=1$ , mithin  $u^2=1$  und  $\sum (u^2) = 9$ ; ferner ist  $v = F$ ;  $M$  wäre eigentlich gleich  $\frac{P}{G}$  zu setzen.

Wenn wir hier  $M = P$  setzen, so geschieht dies, um die constante Grösse  $G = 7500$  nicht durch die ganze Rechnung ziehen zu müssen und dadurch dieselbe noch umständlicher zu machen. Die unter dieser Annahme zu berechnenden Coefficienten  $m$  und  $n$  werden dann wirklich um  $G$  mal zu gross sein, müssen also schliesslich noch durch  $G$  dividirt werden, um richtige Resultate zu ergeben. Es bedeuten nun ferner

$$\sum (u . v) = \sum (1 . F); \quad \sum (M) = \sum (P).$$

| Systeme                        | <i>b</i> | <i>t</i> | <i>J</i> | <i>P</i> | <i>P<sub>c</sub></i> | <i>P - P<sub>c</sub></i> | Desgl. in<br>% von <i>P</i> |
|--------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1. Holzschwelle . . . . .      | 25       | 50       | 4580     | 4846     | 4860                 | - 14                     | - 0,29                      |
| 2. Rheinische Bahn . . . . .   | 22       | 37,5     | 77       | 4336     | 4328                 | + 8                      | + 0,18                      |
| 3. Berg.-Märk. Bahn I. . . . . | 23       | 35       | 132      | 4303     | 4305                 | - 2                      | - 0,05                      |
| 4. " " " II. . . . .           | 23       | 35       | 119      | 4303     | 4305                 | - 2                      | - 0,05                      |
| 5. " " " II. . . . .           | 23       | 45       | 132      | 4605     | 4590                 | + 15                     | + 0,33                      |
| 6. Hannoversche Staatsbahn .   | 25       | 45       | 149      | 4702     | 4702                 | -                        | -                           |
| 7. Lazar . . . . .             | 22       | 35       | 54       | 4249     | 4260                 | - 11                     | - 0,26                      |
| 8. Hessische Ludwigsbahn .     | 22       | 45       | 73       | 4532     | 4537                 | - 5                      | - 0,11                      |
| 9. Profil nach Haarmann . .    | 25       | 50       | 186      | 4834     | 4860                 | - 26                     | - 0,54                      |

Zunächst haben wir

$$\sum (P); \sum (F); \sum (F^2); \sum (F \cdot P) \text{ und } \sum (u^2)$$

zu bilden.

| Profile nach der Lehwald'schen<br>Tabelle | <i>P</i>      | <i>F</i>      | <i>F<sup>2</sup></i> | <i>F \cdot P</i>  | <i>u<sup>2</sup></i> |
|---|---------------|---------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| 1. Holzschwelle . . . . .                 | 4 846         | 2 500         | 6 250 000            | 12 115 000        | 1                    |
| 2. Rheinische Bahn . . . . .              | 4 336         | 1 650         | 2 722 500            | 7 154 400         | 1                    |
| 3. Berg.-Märk. Bahn I. . . . .            | 4 303         | 1 610         | 2 592 100            | 6 927 830         | 1                    |
| 4. " " " II. . . . .                      | 4 303         | 1 610         | 2 592 100            | 6 927 830         | 1                    |
| 5. " " " II. . . . .                      | 4 605         | 2 070         | 4 284 900            | 9 532 350         | 1                    |
| 6. Hannoversche Staatsbahn .              | 4 702         | 2 250         | 5 062 500            | 10 579 500        | 1                    |
| 7. Profil Lazar . . . . .                 | 4 249         | 1 540         | 2 371 600            | 6 543 460         | 1                    |
| 8. Hessische Ludwigsbahn .                | 4 532         | 1 980         | 3 920 400            | 8 973 360         | 1                    |
| 9. Profil nach Haarmann . .               | 4 834         | 2 500         | 6 250 000            | 12 085 000        | 1                    |
| <b>∑:</b>                                 | <b>40 710</b> | <b>17 710</b> | <b>36 046 100</b>    | <b>80 838 730</b> | <b>9</b>             |

Setzen wir diese Werthe in die Normalgleichungen ein, so erhalten wir:

$$1) \quad 40710 = m \cdot 9 + n \cdot 17710$$

$$2) \quad 80838730 = m \cdot 17710 + n \cdot 36046100.$$

Hieraus resultirt  $m = 3289$  und  $n = 0,6269$ .

Berücksichtigen wir, dass diese Werthe für

$$P = G(m + n \cdot F)$$

noch durch  $G = 7500$  zu dividiren sind, so ergibt sich als Endformel

$$P = G(0,439 + 0,0000836 F)$$

in der  $G = 7500$  und  $F = 2t \cdot b$  für jedes zu berechnende Profil bekannt ist.

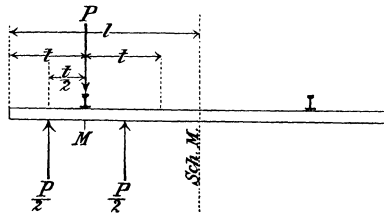
Man erkennt ohne Weiteres, wie genau die Formel für  $P_e$  ist. Der grösste Fehler erreicht nur 0,54%. Die durchschnittliche Ungenauigkeit beträgt noch nicht 0,09%.

Untersuchen wir jetzt, wie sich die Resultate von  $p_e = \frac{P_e}{F}$  stellen:

| Systeme                            | $p_0$<br>genau | $p_e$ an-<br>nähend | $p_0 - p_e$ | Desgl. in<br>% von $p_0$ |
|------------------------------------|----------------|---------------------|-------------|--------------------------|
| 1. Holzschwelle . . . . .          | 1,95           | 1,94                | 0,01        | 0,51                     |
| 2. Rheinische Bahn . . . . .       | 2,65           | 2,62                | 0,03        | 1,13                     |
| 3. Berg.-Märk. Bahn I . . . . .    | 2,68           | 2,67                | 0,01        | 0,37                     |
| 4. " " " II . . . . .              | 2,69           | 2,67                | 0,02        | 0,74                     |
| 5. " " " II . . . . .              | 2,24           | 2,22                | 0,02        | 0,89                     |
| 6. Hannoversche Staatsbahn         | 2,11           | 2,09                | 0,02        | 0,95                     |
| 7. Lazar . . . . .                 | 2,78           | 2,77                | 0,01        | 0,36                     |
| 8. Hessische Ludwigsbahn . . . . . | 2,32           | 2,29                | 0,03        | 1,29                     |
| 9. Profil nach Haarmann . . . . .  | 1,95           | 1,94                | 0,01        | 0,51                     |

Der grösste Fehler beträgt mithin nur 1,29% und die durchschnittliche Ungenauigkeit ist nur 0,73%, so dass die Formel eine grosse Genauigkeit erzielt.

Gehen wir zur empirischen Berechnung der Spannungen resp. des Max.-Momentes über, so erhalten wir unter der oben bewiesenen Voraussetzung, dass für Querswellen der elastische Druck



ohne Weiteres dem starren Druck gleichgesetzt werden kann, für  $M$  sofort den einfachen Ausdruck

$$M = \frac{Pt}{4}$$

wie ohne Erläuterung aus obiger Figur zu ersehen ist.

Berechnet man mit dieser Formel die  $M_e$ -Werthe, so ergibt sich:

| Systeme                              | $P$  | $t$  | $M_0$<br>genau | $M_e$ an-<br>nähend | $M_0 - M_e$ | Desgl. in<br>% von $M_0$ |
|--------------------------------------|------|------|----------------|---------------------|-------------|--------------------------|
| 1. Holzschwelle . . . . .            | 4846 | 50   | 60 527         | 60 750              | - 223       | - 0,37                   |
| 2. Rheinische Bahn . . . . .         | 4336 | 37,5 | 40 582         | 40 575              | + 7         | + 0,02                   |
| 3. Berg.-Märk. Bahn I . . . . .      | 4303 | 35   | 37 647         | 37 669              | - 22        | - 0,06                   |
| 4. " " " II . . . . .                | 4303 | 35   | 37 700         | 37 669              | + 1         | + 0,00                   |
| 5. " " " II . . . . .                | 4605 | 45   | 51 415         | 51 638              | - 223       | - 0,43                   |
| 6. Hannoversche Staatsbahn . . . . . | 4702 | 45   | 52 704         | 52 898              | - 194       | - 0,37                   |
| 7. Lazar . . . . .                   | 4249 | 35   | 37 806         | 37 275              | + 531       | + 1,40                   |
| 8. Hessische Ludwigsbahn . . . . .   | 4532 | 45   | 50 587         | 51 041              | - 454       | - 0,90                   |
| 9. Profil nach Haarmann . . . . .    | 4834 | 50   | 60 100         | 60 750              | - 650       | - 1,08                   |

Der grösste Fehler ist 1,4 %, während die durchschnittliche Ungenauigkeit noch nicht ganz 0,2 % beträgt.

Berechnet man mit den so erhaltenen Maximalmomenten die Spannungen in gewöhnlicher Weise nach

$$S = \frac{M_{\max}}{\frac{J}{a}},$$

wo  $\frac{J}{a}$  das Widerstandsmoment des betreffenden Profils bezeichnet, so erhält man im Gegensatz zu den Lehwald'schen genauen Resultaten die Spannungen in kg pro qcm:

| Systeme                              | $S$<br>genau | $S$<br>angenähert | $S_g - S_a$ | desgl. in<br>% von $S_g$ |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|-------------|--------------------------|
| 1. Holzschwelle . . . . .            | 85,87        | 86                | -           | -                        |
| 2. Rheinische Bahn . . . . .         | 1951         | 1960              | - 9         | - 0,46                   |
| 3. Berg.-Märk. Bahn I . . . . .      | 1075         | 1070              | + 5         | + 0,47                   |
| 4. " " " II . . . . .                | 1178         | 1177              | + 1         | + 0,08                   |
| 5. " " " II . . . . .                | 1469         | 1475              | - 6         | - 0,41                   |
| 6. Hannoversche Staatsbahn . . . . . | 1464         | 1469              | - 5         | - 0,34                   |
| 7. Profil Lazar . . . . .            | 3619         | 3388              | + 231       | + 6,38                   |
| 8. Hessische Ludwigsbahn . . . . .   | 2859         | 2827              | + 32        | + 1,12                   |
| 9. Profil nach Haarmann . . . . .    | 1252         | 1266              | - 14        | - 1,12                   |

Aus den Spannungen ersieht man aber, dass dieselben die Elasticitätsgrenze zum Theil überschreiten. In solchem Falle hat



jedoch die ganze Rechnung streng genommen keinen Sinn, weil hierfür die Elasticitäts-Theorie nicht mehr gilt. Nehmen wir die Elasticitätsgrenze für Walzeisen zu ca. 1500 an, so sind demnach in obiger Tabelle die Profile 2, 7 u. 8 überhaupt nicht brauchbar.

Damit die Spannungen nicht zu hoch werden, ist also ein grosses Widerstandsmoment wünschenswerth oder vielmehr erforderlich, während, wie nachgewiesen ist, das Trägheitsmoment für die Bodenpressungen fast gleichgültig ist.

Im Vorstehenden ist angenommen, dass der mittlere Theil der Schwelle nicht unterstopft sei. Bei System Haarmann würden z. B. 50 cm frei liegen, also beiderseits von der Mitte aus 25 cm. Da der Druck auf 50 cm Länge von der Schiene aus beinahe genau gleichförmig ist, so wird er auch auf 75 cm nach der Geleismitte hin um so weniger von dem theoretischen gleichförmigen Druck abweichen, als die entgegengesetzte Krümmung der Schwelle in der Mitte nach Vergrößerung des Drucks, d. h. in diesem Falle nach Ausgleichung strebt. Es lässt sich ohne weitere Rechnung, auf Grund der vorstehend gewonnenen Resultate und mit Rücksicht auf die analogen Verhältnisse der eisernen Langschwelen behaupten, dass auch bei ganz unterstopften Schwellen der Druck sich nahezu gleichförmig auf die untere Bettung vertheilen wird.

Man erkennt aber auch, dass bei den meisten eisernen Querswellen der specifische Druck ein grösserer ist, als bei den bewährten Holzschwellen und sogar bei den Langschwelen.

Es lässt sich hiernach behaupten, dass abgesehen von der gleichförmigeren Lagerung, welche die Querschwelle bei grösserer Länge erhält, die Länge der Querswellen bei den meisten Systemen zu gering bemessen ist. Man sollte dieselben daher wenigstens nicht kürzer als Holzschwellen machen, da auch eine zu grosse Breite wegen des in Folge der Schienendurchbiegung leicht eintretenden Schaukelns der Schwelle nicht wünschenswerth ist. (Vergl. Abschn.: Der Querswellen-Oberbau. S. 102—105 d. A.)

Im Allgemeinen kann man behaupten, dass die eisernen Querswellen, sowohl mit Rücksicht auf Pressungen als Spannungen bisher zu schwach construirt sind.

Die Hauptresultate, die wir für eiserne Querschwellen durch vorstehende Betrachtungen gewonnen haben, sind mithin

- 1) Der Druck auf die Bettung kann als gleichförmig angesehen werden, gleichviel ob die Schwellen in der Mitte unterstopft sind oder nicht.
- 2) Zur Ermittlung des absoluten Werthes der Bodenpressung kann die empirische Formel dienen:

$$p_e = \frac{P_e}{F} = G \left( n + \frac{m}{F} \right)$$

oder

$$p_e = 7500 \left( 0,0000836 + \frac{0,439}{F} \right)$$

wo  $F = 2 \cdot b \cdot t$  ist.

Der grösste Fehler beträgt 1,29% und die durchschnittliche Ungenauigkeit nur 0,73%.

- 3) Zur Berechnung der Spannungen resp. des Maximalmomentes kann die empirische Formel benutzt werden:

$$M_e = \frac{P_e t}{4} = \frac{G t}{4} (m + n F)$$

oder

$$M_e = 1875 \cdot t (0,439 + 0,0000836 F)$$

wo  $F = 2 \cdot b \cdot t$  ist.

Der grösste Fehler beträgt 1,4% und die durchschnittliche Ungenauigkeit noch nicht ganz 0,2%.

- 4) Um nicht zu grosse Bodenpressungen zu erhalten ist die Länge der eisernen Querschwellen ungefähr gleich der der Holzschwellen bei ähnlicher unterer Breite anzunehmen.
- 5) Um zu grosse Spannungen in der Schwelle zu vermeiden, ist das Widerstandsmoment des Querschnittes möglichst gross anzunehmen, wodurch die Lage der Schwelle zugleich solider wird.

---

Einen richtigen Maassstab für die Güte eines Systems können natürlich nur die capitalisirten Gesamtkosten — Anlage, Unterhaltung und Amortisation — geben, wenn man vom Betriebs-

material absieht. Nimmt man den Hoffmann'schen Satz\*) als richtig an, dass das erforderliche Stopfen eines Profils direct proportional dem von demselben auf die Bettung ausgeübten Druck ist, d. h. also, dass unter gleichen Verhältnissen die Zeitdauer, nach welcher ein Geleise wieder unterstopft werden muss, nahezu umgekehrt proportional ist dem Druck, welchen die Schwellen auf die darunter liegende Bettung ausüben, dann sind solche Rechnungen auch annähernd durchzuführen.

Bei dem enormen Kapital, welches im Eisenbahn-Oberbau steckt, sollten derartige Ermittlungen auch nicht versäumt werden, wenn auch andererseits zugegeben werden muss, dass bei der Unsicherheit der einzusetzenden Constanten und bei der Abhängigkeit der Dauer von Factoren, die sich nicht ziffermässig einführen lassen, die Resultate mit Vorsicht aufzunehmen sind.

Um einen einfacheren, wenn auch nicht so allgemein gültigen Maassstab für die Güte verschiedener Profile zu gewinnen, hat man sich damit begnügt, den Ausdruck  $\frac{\text{Gewicht}}{\text{Trägheitsmoment}} = \frac{G}{J}$  zu berechnen und betrachtet denselben speciell als Maassstab für die Güte der Materialvertheilung, indem man vermuthlich dabei hauptsächlich an eine Abhängigkeit der Bodenpressung von der Steifigkeit des Profils denkt.

Wie jedoch oben nachgewiesen ist, hängt aber der specifische Druck auf die Bettung nur in sehr geringem Maasse von der Steifigkeit des Profils ab, vielmehr innerhalb der praktischen Grenzen fast ausschliesslich von der Breite  $b$ . Es kann demnach der Ausdruck  $\frac{G}{J}$  als Gütemaassstab eines Profils, selbst hinsichtlich der Bodenpressungen, nicht betrachtet werden\*\*).

---

\*) S. Hoffmann, Der Langschwellenbau der Rheinischen Bahn Seite 56 und Lehwald, Der eiserne Oberbau S. 51 u. 53.

\*\*) Dasjenige, was auf S. 40 d. Abhandlung in der Anmerkung und an anderen Stellen, gewissermaassen noch mit Vorsicht ausgesprochen ist, kann hier nach allen erhaltenen und zusammengestellten Resultaten und Betrachtungen als definitiv hingestellt werden. Man erkennt hieraus, wie wünschenswerth, ja wie erforderlich es geradezu ist, umfangreiche und richtige Versuchsreihen sich zu verschaffen, um aus ihnen richtige Schlüsse für praktische Fälle ziehen zu können.

Ebenso wenig kann der Quotient  $\frac{G}{J}$  aber als Gütemaassstab hinsichtlich der Spannungen in den Eisentheilen dienen, da hierfür  $S = \frac{M}{W}$  gilt, wenn  $W$  das Widerstandsmoment ist, und  $M$  aus denselben Gründen wie  $p$  nur wenig vom Trägheitsmoment abhängt, dagegen  $W$  durchaus nicht proportional mit  $J$  ist.

Hieraus geht hervor, dass die Berechnung von  $\frac{G}{J}$  als annäherndes Güteverhältniss keinen richtigen Maassstab bildet und daher überhaupt keinen Zweck hat.

Will man eine Beziehung zwischen  $G$  und  $p$  herstellen, so könnte man unter der Voraussetzung, dass die Spannungen im Eisen die zulässige Grenze nirgends überschreiten, geringere Spannungen aber keine Wertherhöhung des Systems bedeuten, folgendermaassen einen Ausdruck für die capitalisirten Gesamtkosten eines Systems bilden. Unter Berücksichtigung des oben angeführten Hoffmannschen Satzes und unter fernerer Abstrahirung von der durch das Betriebsmaterial etc. erforderlich werdenden Schienen- und Schwellenerneuerung, die übrigens nur wenig ausmacht und die unter gleichen Verhältnissen für jedes System auch eine gleiche ist, kann es sich nur um eine Bestimmung des Preises für die Schienen und Schwellen und um die Capitalisirung der erforderlichen Stopfarbeiten, welche von der Bodenpressung  $p$  abhängig sind, handeln. Bezeichnet

$G$  das Gewicht des eisernen Gestänges pro lfd. m,  
 $\alpha$  die Kosten des Eisens pro kg,  
 so ist  $G \cdot \alpha$  der erste Theil der Gesamtkosten.

Werden die jährlichen Unterhaltungskosten pro lfd. m, auf die Druckeinheit reducirt, mit  $\beta$  bezeichnet, bedeutet  $p$  den specifischen Druck der Schwelle auf die Bettung in kg und  $z$  den Zinsfuss, so entsprechen die jährlichen Stopfarbeiten einem Capital von

$$\beta \cdot p \cdot \frac{100}{z}$$

so dass die capitalisirten Gesamtkosten betragen:

$$K = \alpha \cdot G + \beta \cdot p \cdot \frac{100}{z}$$

Die Gesamtkosten sollen für ein gutes System nun möglichst

klein sein. Dieser Ausdruck kann daher in Bezug auf die verschiedenen Profile als Gütemaassstab dienen.

Setzt man

$$K = \alpha \left( G + \frac{100 \cdot \beta}{\alpha \cdot z} \cdot p \right)$$

und

$$\frac{100 \beta}{\alpha \cdot z} = n$$

so ist

$$K = \alpha (G + n \cdot p)$$

und da  $\alpha$  constant anzunehmen ist\*),

$$\frac{K}{K_1} = \mathfrak{G} = \frac{G + n \cdot p}{G_1 + n \cdot p_1}$$

Dieser Ausdruck würde mithin das Güteverhältniss zweier Profile bedeuten.

Untersuchen wir nunmehr unsere Profilverihe der eisernen Langschwelen auf die Güte der Querschnitte. Zunächst sind noch einige Annahmen zu machen. Es mögen (nach Lehwald: S. 31—33) die durchschnittlichen jährlichen Unterhaltungskosten pro km Geleis 400 Mk betragen, d. h. pro lfd. m Geleis 0,40 Mk und daher pro lfd. m Schiene plus Schwelle 0,2 Mk. Der mittlere Druck beträgt für die fraglichen Profile  $p = 1,91$  kg. Ferner betrage (nach Lehwald a. a. O.) der Durchschnittspreis von 1000 kg Walzeisen resp. Stahl 175 Mk\*\*), so dass 1 kg Eisen  $\alpha = 0,175$  Mk kostet. Der Zinsfuss sei  $z = 4$ .

Dann ist

$$\beta = \frac{0,20}{p} = \frac{0,20}{1,91} = 0,10$$

und

$$n = \frac{100 \cdot 0,10}{0,175 \cdot 4} = \text{rot. } 14,29^{***}).$$

---

\*) Der Ausdruck  $\alpha (G + n p)$  stellt direct die capitalisirten Kosten eines Profils unter Berücksichtigung der gemachten Annahmen vor.

\*\*) Dieser Durchschnittspreis ergibt sich nach den Angaben in Lehwald, der eiserne Oberbau. S. 29 bis 33.

\*\*\*) Der Ausdruck von  $n$  zeigt, dass je geringer der Einheitspreis des Eisens ist, der Werth von  $n$  um so grösser wird, so dass in solchem

Mithin:

$$\mathfrak{G} = \frac{G + 14,29 p}{G_1 + 14,29 p_1}.$$

| Systeme                 | $G$   | $p$  | $G + 14,29 p$ | Güte des Profils in Bezug auf das Stadtbahnprofil als Einheit | Desgl. in %     |
|-------------------------|-------|------|---------------|---|-----------------|
| 1. Stadtbahn . . . .    | 54,52 | 1,86 | 81,10         | 1   | 0,0%            |
| 2. Moselbahn . . . .    | 58,77 | 2,06 | 88,21         | 1,088   | 8,8% schlechter |
| 3. Haarmann . . . .     | 48,70 | 2,29 | 81,42         | 1,004   | 0,4% schlechter |
| 4. Klemmhebelprofil II. | 44,4  | 1,87 | 71,12         | 0,877   | 12,3% besser    |
| 5. " III.               | 44,25 | 1,80 | 69,97         | 0,863   | 13,7% besser    |
| 6. " IV.                | 52,04 | 1,93 | 79,62         | 0,982   | 1,8% besser     |
| 7. " V.                 | 51,90 | 1,69 | 76,05         | 0,938   | 6,2% besser     |
| 8. " VI.                | 48,70 | 1,88 | 75,57         | 0,932   | 6,8% besser     |
| 9. " VII.               | 52,50 | 1,81 | 78,36         | 0,966   | 3,4% besser     |

Vergleicht man die in der letzten Columne in % ausgedrückten und gewonnenen Resultate mit den in einer früheren Tabelle (Seite 141) erhaltenen Lagerungswerthen des Gestänges und berechnet man für dieselbe Versuchsreihe, um die Güte der verschiedenen Spannungen vergleichen zu können, das Verhältniss des Gesamtgewichts eines Profils zum Gesamtwiderstandsmoment desselben, also  $\frac{G}{W}$ , so ist man nunmehr in der Lage, die Güte eines Profils nach allen erforderlichen Richtungen hin correct beurtheilen zu können. —

Auf die Querschwellen und speciell auf unsere Versuchsreihe lässt sich der als Gütemaassstab erhaltene Ausdruck nicht ohne Weiteres anwenden. Es ist nach der Lehwald'schen Berechnung

Falle die Güte eines Systems wesentlich von dem Druck  $p$  beeinflusst wird. Je höher jedoch der Preis des Eisens sich stellt, um so mehr wird auch  $G$  vorherrschen und der Druck  $p$  bei Bestimmung der Kosten nur eine untergeordnete Rolle spielen können. So ist z. B. für  $\alpha = 0,2$  Mk. pro kg,  $n = 12,5$ . Der Preis von 200 Mk. pro 1000 kg (für Stahl und Eisen zusammen) dürfte jedoch schon ein sehr hoher zu nennen sein, so dass der Durchschnittspreis von 175 Mk. pro 1000 kg sich den heutigen Verhältnissen wohl am meisten nähern dürfte.

$p$  zunächst ganz unabhängig von dem Schienenprofil. Hiernach wäre also in die Formel  $G + np$  das Schienengewicht nicht mit in Rechnung zu stellen, trotzdem es im Verhältniss zum Radgewicht fast verschwindend klein zu nennen ist (7500 kg gegen 30 kg). Eine fernere Bedingung für die Giltigkeit der Güte-Formel ist die, dass die Spannungen die zulässige Grenze nicht überschreiten, was jedoch in unserer Querschwellenversuchsreihe mehrfach der Fall ist. Dann muss auch die Quersteifigkeit der Profile derartig sein, dass der Druck auf die Bettung in Bezug auf den Querschnitt als constant angesehen werden kann. Während dies für die hier untersuchten Langschwellen wohl anzunehmen ist, ist andererseits nachgewiesen, dass die Querschwellen fast sämmtlich zu schwach construiert sind und dass obige Forderung von den meisten derselben nicht erfüllt wird. Eventuell könnten die Profile, um die nöthige Quersteifigkeit zu erlangen, durch winkel- oder T-förmige Eisen oder durch Diaphragmen ausgesteift werden. Nur, wenn alle diese Bedingungen erfüllt sind, kann der Ausdruck  $G + np$  als die theoretische Güte des Querschwellenprofils bezeichnet werden. Scheiden wir aus unserer Versuchsreihe Profil 1 (weil Holzschwelle), 2, 7 u. 8 (der zu hohen Spannungen wegen) aus, so bleiben noch 5 Profile übrig, deren Spannungen wohl noch als zulässig betrachtet werden dürften. Nehmen wir ferner an, dass die Querversteifung der qu. Profile eine genügende sei, um ein constantes  $p$  zu erzielen, abstrahiren wir ferner von dem Gewicht der Schienen und berücksichtigen, dass wenn auf 7 lfd. m Geleis 8 Querschwellen kommen, pro lfd. m Schiene ein Gewicht von  $\frac{4}{7} Q$  sich ergibt, wenn  $Q =$  Gewicht einer eisernen Querschwelle bedeutet, so können wir für die noch in der Versuchsreihe bleibenden Profile die Güte nunmehr bestimmen. Die durchschnittlichen jährlichen Unterhaltungskosten sind (nach Lehwald S. 59) pro km Geleis ebenfalls 400 Mk zu setzen, so dass pro lfd. m Schiene (d. h. auf die Schwelle bezogen) sich  $\beta \cdot p = 0,20$  Mk ergibt. Der mittlere Druck der 5 fraglichen Profile ist  $p = 2,3348$ . Der Durchschnittspreis der Schwelle ergibt sich zu 0,18 Mk pro kg. Es sei  $z = 4$ .

Dann ist

$$\beta = \frac{0,20}{2,334} = 0,0857$$

und

$$n = \frac{100 \cdot 0,0857}{0,18 \cdot 4} = 11,9$$

Mithin:

$$\mathfrak{G} = \frac{G + 11,9 p}{G_1 + 11,9 p_1}.$$

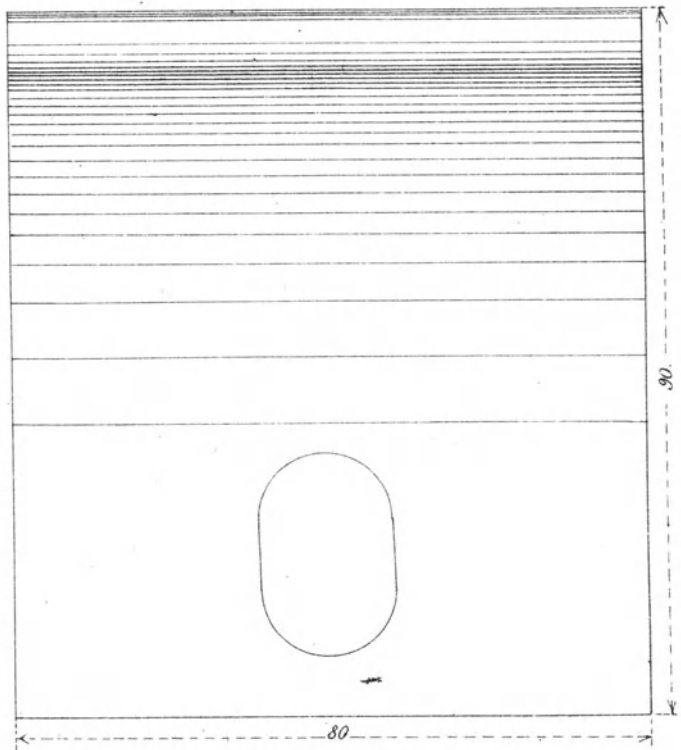
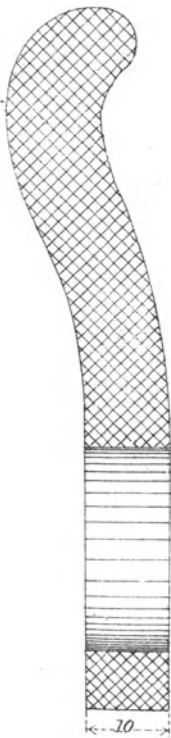
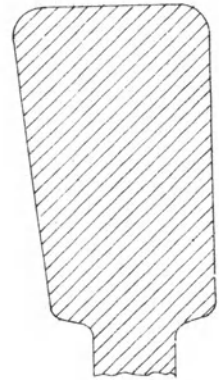
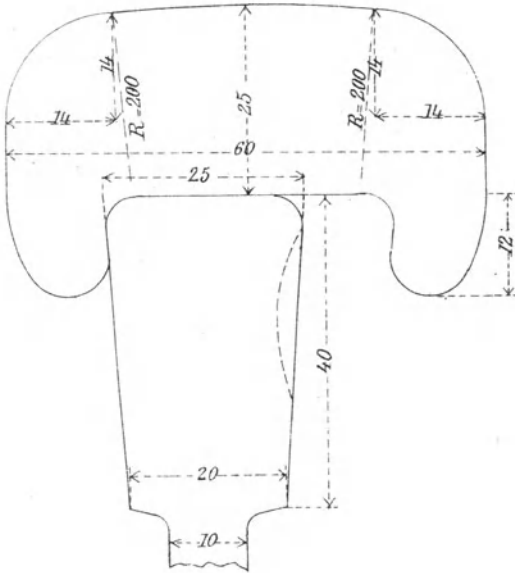
| Systeme                              | $G = \frac{4}{7} Q$ | $p$  | $G + 11,9 p$ | Güte des Profils in Bezug auf das Profil nach Haarmann als Einheit | Desgl. in %     |
|--------------------------------------|---------------------|------|--------------|--|-----------------|
| 1. Profilmach Haarmann               | 30,23               | 1,95 | 53,44        | 1  | 0 %             |
| 2. Berg.-Märk. Bahn I.               | 26,86               | 2,68 | 58,75        | 1,099  | 9,9% schlechter |
| 3. " " " II.                         | 22,7                | 2,69 | 54,71        | 1,024  | 2,4% schlechter |
| 4. " " " " "                         | 29,14               | 2,24 | 55,80        | 1,044  | 4,4% schlechter |
| 5. Hannoversche Staatsbahn . . . . . | 28,06               | 2,11 | 53,17        | 0,995  | 0,5% besser     |

Man erkennt, dass unter Berücksichtigung des Hoffmann'schen Satzes und der capitalisirten Kosten das Güteverhältniss der Profile zum Haarmann'schen sich doch wesentlich anders und wohl entschieden richtiger herausstellt, als es der Fall ist, wenn man die Werthe von  $\frac{G}{J}$  ermittelt und mit einander vergleicht. — — —

In dieser oder ähnlicher Weise lassen sich noch manche Formeln aufstellen und viele interessante Vergleiche ziehen. Sollen letztere richtig sein oder der Wirklichkeit möglichst entsprechen, so gehört vor allen Dingen eine umfassende Versuchsreihe dazu, welche auf Grund gleicher Voraussetzungen und Bedingungen gewissenhaft aufgestellt ist. Ein jeder Fachmann weiss, dass es in dieser Beziehung noch viel zu thun giebt, und wenn vorstehende Betrachtungen hier und da etwas dazu anregen würden, speciell in Bezug auf den eisenen Oberbau weitere umfangreiche praktische Versuche anzustellen und sorgfältige theoretische Untersuchungen nach allen den Seiten hin, die noch einer besseren Aufklärung bedürfen, vorzunehmen, so würde der Zweck dieser Abhandlung erfüllt sein.



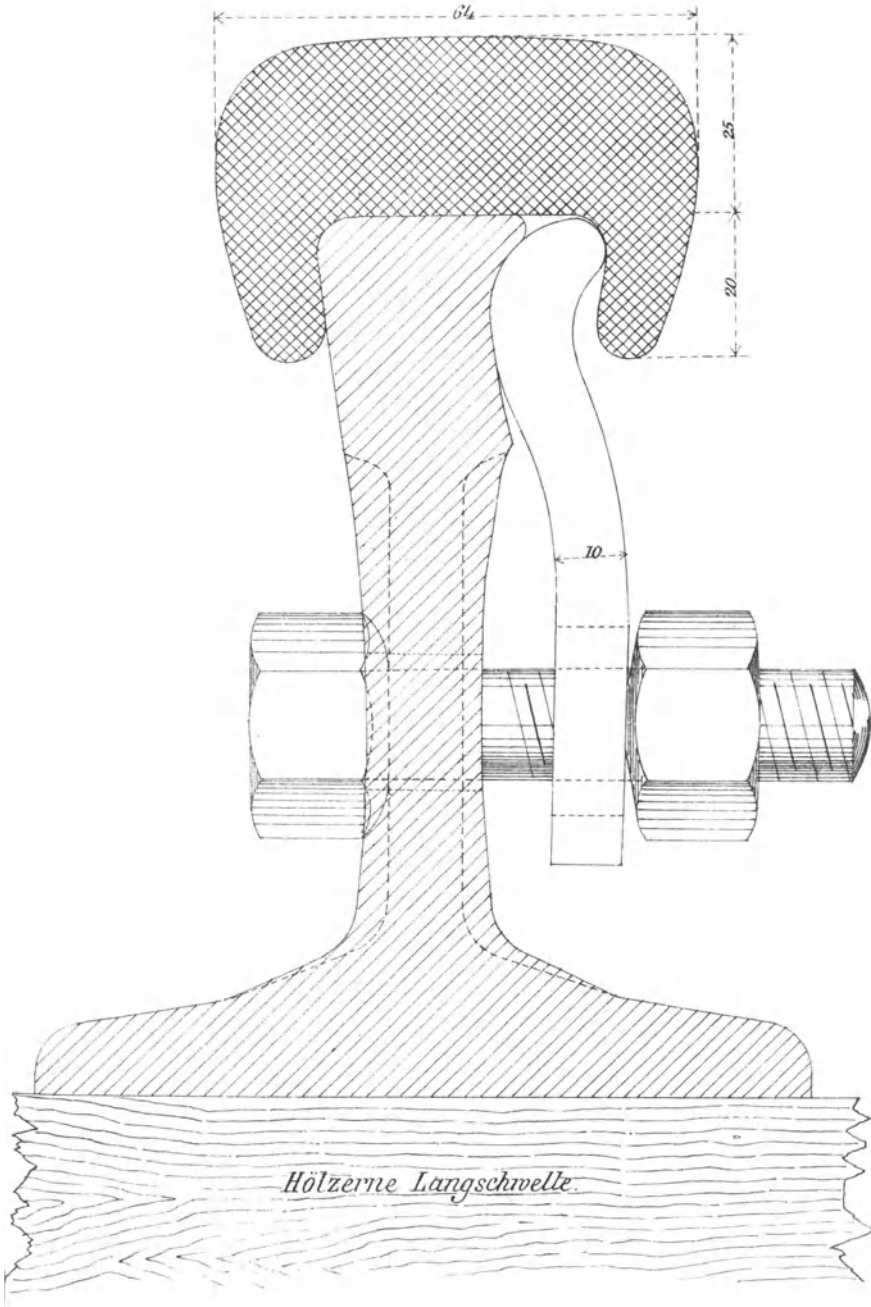
*Fahrschiene, Kopf des Steges und Klemmhebel  
des  
Klemmhebel-Systems für Langschwellen zu Seite 29.  
Maassstab: Natürl. Grösse.*



*Details des Klemmhebel-Systems auf der Probestrecke*

*der Berlin-Hamburger Bahn zu Seite 33 des Textes.*

*Maassstab: Natürl. Grösse.*



Additional material from *Der eiserne Oberbau mit besonderer Berücksichtigung einer rationellen Schienenbefestigung für Lang- und Querschwellen*, ISBN 978-3-662-38737-5, is available at <http://extras.springer.com>

