

G. 58<sup>a</sup>  
58<sup>a</sup>







# BELASTUNG

UND

# BERECHNUNG EISERNER BRÜCKEN.

Bearbeitet von

OTTO HAUGER

*großherzogl. Regierungsbaumeister*

bei der General-Direction der großherzogl. badischen Staats-Eisenbahnen in Karlsruhe.

## I. THEIL.

Vergleichende Betrachtung der in einzelnen Staaten hierfür erlassenen Vorschriften.

## II. THEIL. VORSCHLAG.

Vorschriften für die Belastung, Querschnittsbestimmung und Berechnung, sowie für das Entwerfen eiserner Brücken.

SEPARAT-ABDRUCK AUS DER „ALLGEMEINEN BAUZEITUNG“, HEFT 4, 1896.

HIERZU EINE TAFEL

und als besondere Beilage die Textfiguren 2, 3, 5, 6, 7, 8 und 9 in größerem Maßstabe in Farbendruck.



WIEN 1896.

IM SELBSTVERLAGE DES VERFASSERS.

*G 58-58a*



IV-301106 (+ dod.)

# INHALTS-VERZEICHNIS.

## I. THEIL.

Vergleichende Betrachtung der in den einzelnen Staaten für die Belastung und Berechnung eiserner Brücken erlassenen Vorschriften.

A. EISENBAHNBRÜCKEN	Seite	3
I. Einleitung	"	3
II. Verkehrsbelastung	"	4
1. Für Hauptträger	"	4
2. " Fahrbahnträger	"	5
3. " außergewöhnliche Belastung	"	6
III. Maximalmomente und Belastungsgleichwerte für frei aufliegende Träger von 1 <sup>m</sup> bis 100 <sup>m</sup> Stützweite	"	6
IV. Belastung und erforderliche Maximalmomente der Fahrbahnträger	"	7
V. Zulässige Beanspruchung	"	7
1. Schweißeisen	"	7
a) Beanspruchung der Hauptträger	"	7
b) dto. insbesondere der Gurtung frei aufliegender Träger	"	10
c) " der Fahrbahnträger	"	10
d) " für außergewöhnliche Belastung	"	11
e) " auf Abscherung	"	11
f) " der Nietverbindungen	"	11
g) " mit Rücksicht auf Knicksicherheit	"	13
h) " der Horizontalverbände	"	15
2. Flusseisen	"	15
3. Gusseisen	"	17
VI. Erforderliche Widerstandsmomente für frei aufliegende Träger	"	17
1. Für Hauptträger	"	17
2. " Fahrbahnträger	"	18
VII. Horizontalkräfte	"	18
1. Winddruck	"	18
2. Centrifugalkraft	"	20
3. Seitenstöße der Fahrzeuge	"	20
VIII. Einfluss der Temperatur	"	20
IX. Zusatzkräfte und Nebenspannungen	"	20
X. Constructive Vorschriften und Verschiedenes	"	21
XI. Nebeneisenbahnen	"	22
B. STRASSENBRÜCKEN	"	23

## II. THEIL: VORSCHLAG.

Vorschriften für die Belastung, Querschnittsbestimmung, sowie für das Entwerfen eiserner Brücken.

A. EISENBAHNBRÜCKEN	Seite	27
I. Belastungsvorschriften	"	27
II. Querschnittsbestimmung	"	28
III. Allgemeine Bestimmungen und constructive Vorschriften	"	29
B. STRASSENBRÜCKEN	"	30
I. Belastungsvorschriften	"	30
II. Querschnittsbestimmung	"	30
III. Allgemeine Bestimmungen und constructive Vorschriften	"	30
Nachtrag — Ungarn und Russland betreffend	"	31

Hierzu: a) eine Tafel: Belastungszüge,

b) eine besondere Beilage in Farbendruck, enthaltend:

Textfigur 2: Belastungsgleichwerte für Brücken von 1 bis 25<sup>m</sup> Stützweite,

" 3: " " " " 25 " 100<sup>m</sup> "

" 5: zulässige Beanspruchungen für Spannungen von gleichem und entgegengesetztem Sinne,

" 6: " " " die Gurtung frei aufliegender Träger von 1 bis 100<sup>m</sup> Stützweite,

" 7: Belastung, Momente und Widerstandsmomente für Querträger von 4,5<sup>m</sup> Stützweite,

" 8: Werte  $\frac{W}{l} = \frac{\text{Widerstandsmoment}}{\text{Stützweite}}$  für die Verkehrslast frei aufliegender Träger von 1 bis 30<sup>m</sup> Stützweite,

" 9: " " " " " " " " " 25 " 100<sup>m</sup> "

# I. THEIL.

## Vergleichende Betrachtung der in einzelnen Staaten für die Belastung und Berechnung eiserner Brücken erlassenen Vorschriften.

### A. EISENBAHNBRÜCKEN.

#### I. Einleitung.

Die in den letzten Jahrzehnten der Berechnung eiserner Brücken zu Grunde gelegten Belastungen haben sich infolge der bedeutenden Betriebssteigerung, die ihrerseits schwerere Maschinen und größere Wagenbelastungen bedingte, als unzulänglich erwiesen, und eine große Reihe der in früheren Jahren gebauten Brücken zeigt unter den jetzigen thatsächlichen Belastungen Inanspruchnahmen des Materials, welche bis an die zulässige Grenze reichen, ja diese sogar überschreiten und hierdurch die erforderliche Betriebssicherheit in Frage stellen. Fast in allen Ländern ist daher in den letzten Jahren den eisernen Brücken erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt worden, und eine große Zahl älterer Brücken wurde theils verstärkt, theils vollständig umgebaut.

Es ist anzunehmen, dass die weitere Entwicklung des Eisenbahnverkehrs auch eine weitere Steigerung der Verkehrsbelastungen nöthig machen wird, wobei jetzt schon auf die bedeutend höheren Achsbelastungen amerikanischer Locomotiven verwiesen werden kann; auch wird als schwerer Missstand empfunden, dass bei außergewöhnlichen Belastungen, sowie bei Beschaffung neuer schwererer Maschinen immer und immer wieder die Frage aufgeworfen und Controlrechnungen darüber angestellt werden müssen, ob die bestehenden eisernen Brücken imstande sind, diese Lasten mit genügender Sicherheit zu tragen.

Für die Berechnung neuer und die Verstärkung vorhandener Brücken ist es daher unerlässlich, Belastungen zu Grunde zu legen, die über die dermaligen größten Belastungen hinausgehen, um so für absehbare Zeit den weitgehendsten Anforderungen zu genügen.

Eine große Zahl von Staaten und Eisenbahnverwaltungen haben daher in den letzten Jahren neue Bestimmungen über die Belastung und Berechnung eiserner Brücken erlassen, und es soll Gegenstand dieser Zeilen sein, diese vergleichend einander gegenüber zu stellen.

Der Vergleich soll für die von nachverzeichneten Staaten und Eisenbahnverwaltungen erlassenen, nachstehend genannten Belastungs- und Berechnungsvorschriften durchgeführt werden.

#### 1. Baden.

Bestimmungen der Großherzoglich Badischen General-Direction über die Aufstellung der statischen Berechnungen, sowie Bestimmung der Querschnitte eiserner Brücken vom Jahre 1883, und zwar:

- a) mit Belastungszug von 1883,
- b) mit Belastungszug nach dem Stande der im Jahre 1893 vorhandenen Locomotiven,
- c) mit Belastung durch Krupp'sche Kanonentransportwagen.

#### 2. Württemberg.

Bestimmungen der Königlich Württembergischen General-Direction der Staatseisenbahnen für die statische Berechnung

und die Construction neuer eiserner Bahnbrücken für Hauptbahnen vom October 1889 mit Belastungsschema vom November 1891 nebst Tabelle der zulässigen Inanspruchnahme des Eisens vom April 1893.

#### 3. Bayern.

Belastungsvorschriften zu den 1888 erlassenen besonderen Bedingungen für die Ausführung eiserner Brückenüberbauten der Königlich Bayerischen Staatseisenbahnen mit Belastungsprogramm von 1894 \*).

#### 4. Elsaß-Lothringen.

Bestimmungen der Kaiserlichen General-Direction der Eisenbahnen in Elsaß-Lothringen über das bei dem Entwerfen von Eisenconstructions für Brücken und Hochbau zu beachtende Verfahren — erlassen im März 1892.

#### 5. Preußen.

Vorschriften für die Berechnung der eisernen Brücken — erlassen vom Minister der öffentlichen Arbeiten im September 1895.

#### 6. Königliche Eisenbahn-Direction Elberfeld\*\*)

Daten über die Berechnung der eisernen Brücken beim Düsseldorfer Bahnhofumbau (1887 bis 1890) — veröffentlicht in der »Zeitschrift für Bauwesen«, 1894, Heft IV—VI, S. 251 ff.

#### 7. Sachsen.

Besondere Bedingungen der Königlich Sächsischen Staatseisenbahnen für die Lieferung von Eisenconstructions zu Brücken und Hochbauten vom Jahre 1893, verfasst in der Form von Zusatzbestimmungen zu den vom Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine etc. etc. aufgestellten Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenconstructions für Brücken- und Hochbau, vom Jahre 1893.

#### 8. Oesterreich.

Verordnung des k. k. Handels-Ministeriums vom 15. September 1887, betreffend die Sicherheitsrücksichten, welche bei Eisenbahnbrücken, Bahnüberbrückungen und Zufahrtsstraßenbrücken zu beachten sind, — mit Zusatzbestimmungen vom Jahre 1892 (Flusseisen betreffend). (»Österreichische Eisenbahn-Zeitung«, Nr. 12, 1893) vergl. auch »Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines« von 1893, S. 139.

8 a. Bezüglich der in Ungarn bestehenden Verhältnisse wird auf den am Schlusse dieses Artikels enthaltenen »Nachtrag« hingewiesen. (Zu I, 1.)

\*) Zur Zeit sind vorerst versuchsweise neue »Grundlagen für die Herstellung eiserner Brücken und Hochbau-Constructions«, 1895, im Gebrauche — unter Beibehaltung des Belastungs-Programmes von 1894 — vergl. Abhandlung: »Über zulässige Beanspruchung von Eisenconstructions«, von Bezirks-Ingenieur E. Ebert in München — »Deutsche Bauzeitung« Nr. 2, 4, 6, 8, von 1896.

\*\*\*) Bis zur Einführung der unter 5. genannten »Vorschriften« der preussischen Staatseisenbahn-Verwaltung bestanden keine einheitlichen Vorschriften für die Berechnung und Belastung der eisernen Brücken, vielmehr rechnete jede Eisenbahn-Direction nach eigenen Normen, von welchen obige hier Aufnahme finden soll.

## 9. Schweiz.

Verordnung des schweizerischen Bundesrathes, betreffend die Berechnung und Prüfung der eisernen Brücken und Dachconstructions auf den schweizerischen Eisenbahnen vom 19. August 1892, sowie das Belastungsschema der Gotthardbahn vom 30. October 1895.

## 10. Frankreich.

Vorschriften über den Bau und die Prüfung eiserner Brücken vom 29. August 1891 — veröffentlicht in der »Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure« Nr. 23, und »Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens« 1893, Heft IV, und 1892, S. 237.

## 11. Russland.

Circular des Communications-Ministeriums:

- vom 18. Juli 1875, Nr. 54, betreffend die zulässige Beanspruchung für Schweißisen,
- vom 5. Januar 1884, Nr. 60, betreffend die Verkehrsbelastung \*) und technischen Vorschriften für das Entwerfen des Überbaues von Eisenbahnbrücken,
- vom 13. April 1888, Nr. 3809, betreffend die Auflagertheile der Hauptträger, und
- Vorschriften, erlassen am 25. August 1888, des gleichen Ministeriums über die Benützung des Flusseisens für Brückenbauten.

## 12. Pennsylvania-Eisenbahn (Nordamerika).

Vorschriften für Berechnung eiserner Brücken vom Jahre 1884 und 1888.

Ferner wurde in Vergleich gezogen:

- Die Generalspecification für Eisen- und Stahleisenbahnbrücken und Viaducte von Consulting-Engineer Theodor Cooper in New-York \*\*) 1890, und zwar entspricht:

Cooper I der schwersten Belastung einer Gebirgsbahn, Cooper II der Belastung einer normalen Hauptbahn.

- Vorschlag von Professor Baurath Engesser in Karlsruhe.

Vergl. »Zusatzkräfte und Nebenspannungen« von 1892/93, giltig als größte Belastungen von Hauptbahnen erster Ordnung und Brücken von besonderer Bedeutung; es wurde deshalb die Bezeichnung Engesser I gewählt.

- Vorschlag des Verfassers — als II. Theil dieser Abhandlung besonders zusammengefasst.

\* \* \*

## II. Verkehrsbelastung.

## 1. Für Hauptträger.

Von den in Rede stehenden Eisenbahnverwaltungen rechnet nur Oesterreich und Russland \*\*\*) in der Regel mit Belastungsgleichwerten, alle übrigen Verwaltungen in der Regel mit Einzellasten. Engesser schlägt ebenfalls vor, mit stetig ausgeglichenen Belastungsgleichwerten, die auf Grund des aus angeschlossener Tafel ersichtlichen Belastungszuges bestimmt sind, zu rechnen und mit den Einzellasten nur in besonderen Fällen. Die amerikanischen Vorschriften geben den Wagenzug stets als gleichmäßig vertheilte Last an. Die einzelnen Belastungszüge sind in der angeschlossenen Tafel zusammengestellt und ist zugleich das Gewicht der Maschinen, sowie des Wagenzuges per lauf. Meter beigesetzt und zur besseren Beurtheilung graphisch aufgetragen. Ungarn und Russland 1896 s. Nachtrag. (Zu II, I.)

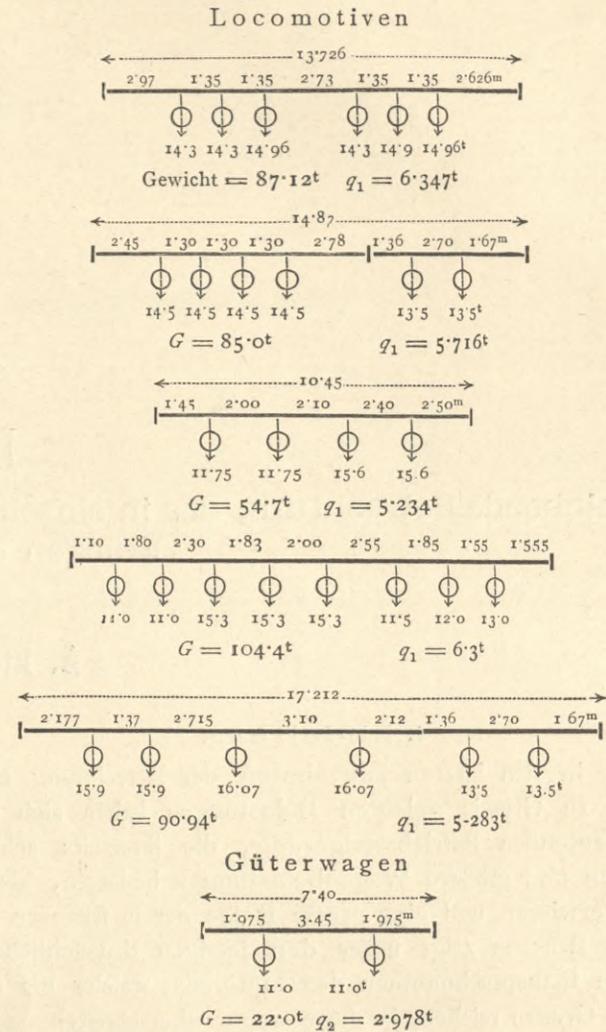
Die Gotthardbahn besitzt zum Theile schwerere Locomotiven und Güterwagen, als in den schweizerischen Vorschriften vorgesehen sind. Diese sind als »Grundlage für die statische Berechnung der eisernen Brücken vom 30. October 1895« besonders zusammengestellt und ergeben von 10, beziehungsweise 11<sup>m</sup> Stützweite an grössere Schubkräfte und Momente, wie der

\*) Das Circular vom 5. Januar 1884, Nr. 60, wurde bezüglich der Verkehrsbelastung durch das Circular vom 15. Januar 1896, Nr. 753, ersetzt.

\*\*) Hierzu wird bemerkt, dass in den Vereinigten Staaten keine allgemein gültigen Normen bestehen; vielmehr wurden von mehreren hervorragenden Brücken-Ingenieuren Vorschriften über die Belastung und Berechnung eiserner Brücken ausgearbeitet, auf Grund deren die Brückenlieferungen von den Eisenbahngesellschaften vergeben werden; unter diesen finden die Cooper'schen Vorschriften die meiste Anwendung.

\*\*\*) Seit 1896 mit Einzellasten.

Normalzug. Die in Frage kommenden Fahrzeuge sind nachstehend skizziert:



Hiermit sind für die verschiedenen Stützweiten die ungünstigsten Belastungsfälle für die größten Momente und Schubkräfte zusammengestellt und die entsprechenden Belastungsgleichwerte berechnet.

Die Zahl der Maschinen des Belastungszuges beträgt in Baden (1883 und 1893), Württemberg, Elsaß-Lothringen, Eisenbahn-Direction Elberfeld, Oesterreich, Schweiz und Russland \*) je drei, während die preussischen, bayerischen, sächsischen, französischen, ungarischen und sämtliche amerikanischen Normen, sowie der Engesser'sche Vorschlag nur zwei Locomotiven annehmen.

Bayern und Sachsen haben Tendermaschinen, und zwar ersteres zwei fünfsachsige \*\*, letzteres zwei sechssachsige (Meyer-Tender-Locomotiven), alle übrigen Belastungszüge zeigen Locomotiven mit getrennten Tenders.

Die Stellung der einzelnen Maschinen ist verschieden. Die meisten Vorschriften bestimmen allgemein: Maschinen in ungünstigster Stellung, worunter auch die Stellung Kopf gegen Kopf verstanden werden kann. Die preussischen, ungarischen und schweizerischen Vorschriften lassen letztere Stellung zu. Württemberg schließt dies (seit 1893) ausdrücklich aus und stellt stets sämtliche Maschinen vorwärts; das gleiche Verfahren gilt auch für Elsaß-Lothringen, ist in Amerika gleichfalls das üblichste und wird auch von Prof. Engesser vorgeschlagen. Für Bayern und Sachsen kommt die Stellung der Maschinen überhaupt nicht in Frage, da die angenommenen Tender-Locomotiven symmetrische Anordnung und einheitliche Achsdrücke besitzen. Die Eisenbahn-Direction Elberfeld lässt die erste Maschine gedreht — Tender voran — zu; auch kann hier an Stelle der ersten Maschine mit getrenntem Tender eine Tenderlocomotive mit gleichen Achsenabständen und Radrücken, wie die übrigen Locomotiven treten, wenn sich hieraus größere Beanspruchungen ergeben. Russland stellt bei Bestimmung der Momente zwei Maschinen Kopf gegen Kopf, für die Schubkräfte sämtliche Maschinen vorwärts \*\*\*). Oesterreich und Frankreich bestimmen hierüber nichts.

\*) Seit 1896 nur zwei Locomotiven.

\*\*) Das Belastungsprogramm von 1892 zeigte drei vierachsige Tender-Locomotiven von gleicher Gesamtlänge, gleicher Achsbelastung und Achsentfernung, wie die Maschine 1894.

\*\*\*) Russland 1896, s. Nachtrag.

Sämtliche Vorschriften bestimmen einseitig anschließenden (nachfolgenden) Wagenzug mit Ausnahme der bayerischen, ungarischen und russischen, welche vor- und rückwärts anschließende beladene Güterwagen in beliebiger Zahl zulassen; kommen für Bayern zwei Maschinen in Betracht, so müssen diese sich stets unmittelbar folgen.

Soll eine Norm sich den thatsächlichen Betriebsvorschriften möglichst anschließen, so verdient jedenfalls ein Zug mit zwei vorwärtsstehenden Locomotiven und nur mit nachfolgenden beladenen Wagen den Vorzug. Der selten vorkommende Fall von drei oder mehr Maschinen, oder von vor- und rückwärts anschließenden Wagen ist gerade so, wie der durch Drehen einer Maschine hervorgerufene größere Einfluss der Einzellasten als außergewöhnliche Belastung anzusehen und hiernach zu behandeln. Der beigefügte Vorschlag weist daher nur zwei Maschinen mit nachfolgendem Wagenzuge auf.

Die Rechnung mit Einzellasten wird wesentlich erleichtert und vereinfacht, wenn die einzelnen Achsbelastungen und ebenso die Achsentfernungen möglichst gleich und symmetrisch angeordnet sind. Dies ist bei Zugrundelegung bestehender Maschinen in der Regel nicht möglich, wohl aber bei Annahme besonderer (ideeller) Belastungszüge, wie solche jetzt fast allgemein üblich sind.

Die bayerische Norm nimmt hierauf ganz besonders Rücksicht, indem sie alle Achsdrücke zu  $14^t$  annimmt und die Achsentfernungen stets  $1.4^m$ , beziehungsweise  $3 \cdot 1.4 = 4.2^m$  betragen. Nach Bayern kommt dies im sächsischen und sodann im württembergischen Belastungszug am meisten zum Ausdruck und ebenso im Engesser'schen Vorschlage. Das schweizerische, österreichische, französische und russische Belastungsschema haben drei, das preußische fünf verschiedene Achsdrücke und verschiedene, unregelmäßige Achsabstände; auch die amerikanischen Normen können hier nicht als Muster dienen.

Für kleinere Brücken tritt vielfach eine Erhöhung der Achsdrücke ein, um dem größeren Einflusse der Stöße und der ungleichen Lastvertheilung auf die einzelnen Achsen Rechnung zu tragen.

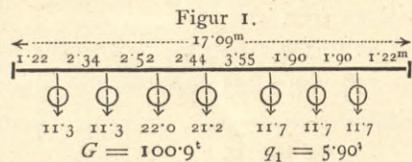
Sachsen und Frankreich\*) nehmen eine Einzellast von  $20^t$  an, Württemberg eine vierachsige Locomotive mit zwei mittleren Triebachsen von je  $18^t$  und zwei äußeren Laufachsen von  $14^t$  Achsdruck; Bayern erhöht für solche Constructionstheile, zu deren Berechnung eine Normalmaschine ausreicht, einen beliebigen Achsdruck auf  $16^t$ . Preußen berücksichtigt bei Berechnung kleinster Brücken ( $l < 3.3^m$ ) eine einzelne Achse mit  $16^t$  Belastung, sowie zwei Achsen mit je  $14^t$  Belastung und einer gegenseitigen Entfernung von  $1.4^m$ , insoweit sich hieraus höhere Beanspruchungen ergeben. Cooper wählt zwei Achsen von  $22.7^t$ , beziehungsweise  $18.2^t$  (deutsche Tonnen) in  $2.13^m$  Abstand, und die Pennsylvania-Eisenbahn verlangt für Blechträger bis zu  $6^m$  Stützweite eine Erhöhung der Verkehrslast um  $25\%$  und bei  $30^m$  Stützweite eine solche von  $10\%$ ; für Brücken von  $6^m$  bis  $30^m$  ist der Zuschlag der Stützweite entsprechend zu interpolieren. Die Schweiz und Ungarn bestimmen für Brücken unter  $15^m$  Stützweite ( $l$ ) einen Zuschlag der Belastung von  $2(15 - l)\%$ ; Russland erhöht die Achsenbelastung der Locomotiven für Stützweiten bis  $l = 6.4^m$  auf  $15^t$  und für  $l = 6.4^m$  bis  $8.53^m$  auf  $13.75^t$ ). Engesser schlägt vor, die ungünstigste Achse auf  $24^t$  zu erhöhen. Die österreichische Vorschrift schreibt nur entsprechende Erhöhung der Einwirkung des Zuges vor.

Auf der angeschlossenen Tafel sind die Einzellasten und Maschinen für Berechnung kleinerer Brücken beigelegt. Diese kommen jedoch nur insoweit in Betracht, als die gewöhnlichen Belastungen keine höheren Werte ergeben; es tritt hierdurch beim Übergang eine Unstetigkeit ein, die bei neuen Vorschriften thunlichst zu vermeiden wäre. Der Engesser'sche Vorschlag sucht auch dem dynamischen Einflusse der Fahrzeuge bei größeren Brücken dadurch Rechnung zu tragen, dass allgemein die jeweils ungünstigste Achse auf  $24^t$  erhöht wird. In ähnlicher Weise verlangen die Vorschriften der Pennsylvanischen Eisenbahn einen Zuschlag von  $25\%$  der größten, auf ein Feld entfallenden

\*) Seit 1896 nimmt Russland, wie Sachsen und Frankreich, eine Einzellast von  $20^t$  an.

Last zu den in den Verticalen herrschenden Kräften und ebenso entsprechende Zusätze für die Diagonalen und Endständer. Der am Ende beigefügte Vorschlag zeigt Achsdrücke von  $15^t$  und  $12^t$ , wovon die ungünstigste Achse jeweils um  $5^t$  zu erhöhen ist. Die für die Rechnung in der Regel zu benützcnden Belastungsgleichwerte  $q$  wurden — um Unstetigkeiten zu vermeiden — ausgeglichen.

Wiewohl die Betriebsordnung für die Haupteisenbahnen Deutschlands nur einen größten Raddruck von  $14^t$  zulässt, dürfte es doch unbedingt angezeigt sein, bei Aufstellung neuer Normen jetzt schon weiter zu gehen, um für absehbare Zeit den weitgehendsten Ansprüchen des Betriebes zu genügen, zumal thatsächlich jetzt schon Maschinen mit größerem Raddruck (Baden besitzt solche von  $15.2^t$ ) im Betrieb sind; auch soll hier besonders auf die im Betrieb befindlichen Locomotiven der Gotthardbahn verwiesen werden. Bezüglich der zu  $20^t$  (eventuell  $17^t$ ) angenommenen Belastung der ungünstigsten Achse sei erwähnt, dass auf der Pennsylvania-Eisenbahn zur Zeit schon vierachsige Schnellzugmaschinen mit zwei



## 2. Fahrbahnträger.

Unter »Fahrbahnträger« sind die Quer- und Längsträger, sowie solche Hauptträger zu verstehen, welche das Geleise, beziehungsweise die das Geleise tragenden Schwellen unmittelbar aufnehmen. Dem dynamischen Einflusse der Fahrzeuge\*) und der möglichen ungleichen Lastvertheilung auf die einzelnen Räder wird auch hier durch die für »Berechnung kleinerer Brücken« maßgebenden Einzellasten, erhöhten Achsbelastungen und beziehungsweise durch bestimmte Zuschläge zu den Verkehrslasten Rechnung getragen.

In Preußen gelten hierfür ohne Rücksicht auf die Stützweite der Fahrbahnträger die gleichen Belastungen wie für kleinste Brücken ( $l < 3.3^m$ ).

Die Pennsylvania-Eisenbahn verlangt für die Fahrbahnträger ohne Rücksicht auf die Stützweite eine Erhöhung der Verkehrslast um  $25\%$ .

Russland erhöht den Achsdruck der Locomotiven um  $20\%$ , nämlich auf  $15^t$ \*\* und Österreich für Constructionstheile, welche den Stößen der Fahrzeuge ohne Vermittelung eines elastischen Zwischentheiles ausgesetzt sind, um  $10\%$ .

Die größten Achsdrücke, der kleinste Achsabstand, sowie das Gewicht der Locomotiven und Wagen per lauf. Meter ist ersichtlich aus folgender Tabelle 1:

Tabelle 1.

Ordnungs-Zahl	Eisenbahn-Verwaltung	Größter Achsdruck für Berechnung der		Kleinste Achsentfernung für Berechnung der		Gewicht per lauf. Meter der	
		Hauptträger	Fahrbahnträger	Hauptträger	Fahrbahnträger	Maschinen $q_1$	Wagen $q_2$
1	Baden 1883 ...	12.4	14.0	1.31	1.70	4.65	2.13
	" 1893 ...	14.0	15.0	1.75	2.30	5.36	2.13
	Kanonen-transport ...	14.0	14.0	1.25	1.25	8.47	2.13
2	Württemberg ...	14.0	18.0	1.30	1.80	5.76	3.58
3	Bayern ...	14.0	16.0	1.40	1.40	7.14	3.33
4	Elsaß-Lothringen	19.5	19.5	1.40	1.40	6.51	4.00
5	Preußen ...	14.0	16.0	1.35	1.35	5.70	3.64
6	E.-D. Elberfeld	14.0	14.0	1.50	1.50	5.65	2.67
7	Sachsen ...	15.0	20.0	1.50	—	6.43	2.67
8	Schweiz ...	15.0	19.5-0.3 l	1.30	1.30	5.61	2.67
	Gotthardbahn ...	16.07	—	—	—	6.35	2.98
8a	Ungarn ...	16.0	20.8-0.3 l	1.20	1.20	6.32	2.80
			14.0	—	—	—	—
			15.4	1.20	1.20	5.25	2.28
9	Österreich ...	13.0	20.0	1.20	—	5.22	2.67
10	Frankreich ...	14.0	20.0	1.20	—	5.22	2.67
11	Russland 1884 ...	12.5	15.0	1.32	1.32	5.03	2.18
	" 1896 ...	15.0	20.0	1.30	1.30	6.06	2.60
12	Pennsylvania ...	13.6	17.0	1.32	1.32	5.71	6.00
13	Cooper I. ...	18.2	22.7	1.37	2.13	7.03	6.00
	II. ...	13.6	18.2	1.37	2.13	5.77	4.50
14	Engesser I. ...	18.0	24.0	1.30	1.30	8.08	5.50
						(8.27)	
15	Vorschlag ...	15.0	20.0	1.50	1.50	6.17	4.00
						(6.30)	

\*) Vergl. hierzu die Mittheilungen in der »Zeitschr. d. ö. Ing.- u. Arch.-V.« Nr. 30, 1896 über die vom französischen Ingenieur C. Rabut gemachten Versuche und Messungen.

\*\*) Seit 1896 eine Einzellast von  $20^t$ .

3. Außergewöhnliche Belastung.

Baden berücksichtigt seit 1887 als außergewöhnliche Belastung einen Krupp'schen Kanonen-Transportwagen mit beiderseits angehängten beladenen Güterwagen, erhöht aber hierfür die zulässige Beanspruchung; das Zusammentreffen mit Locomotiven wird hierbei nicht angenommen.

Den Gurtungsquerschnitt frei aufliegender Träger erhält man hieraus größer als aus dem Maschinenzug:

a) von 1883 für Stützweiten

$$l = 10.5 \text{ bis } 40.5 \text{ m,}$$

b) von 1893 für Stützweiten

$$l = 10.5 \text{ bis } 17.5 \text{ m.}$$

Die Bestimmungen für Elsaß-Lothringen verlangen, dass jede (größere) Brücke noch für eine nur aus Locomotiven bestehende Belastung berechnet wird, und lässt hierfür sodann eine um 20% höhere Beanspruchung zu. Für die Gurtungen frei aufliegender Träger ergibt sich hieraus erst für Träger  $l > 96 \text{ m}$  ein größerer Querschnitt.

In Frankreich ist für die Verwendung von Fahrzeugen mit einem Achsdruck von mehr als  $18^t$  oder mit einem Gewicht per lauf. Meter, das den Wert  $\frac{56^t}{8.8}$  um mehr als 10% überschreitet, besondere Genehmigung erforderlich.

Die übrigen Vorschriften enthalten hierüber keine Bestimmungen.

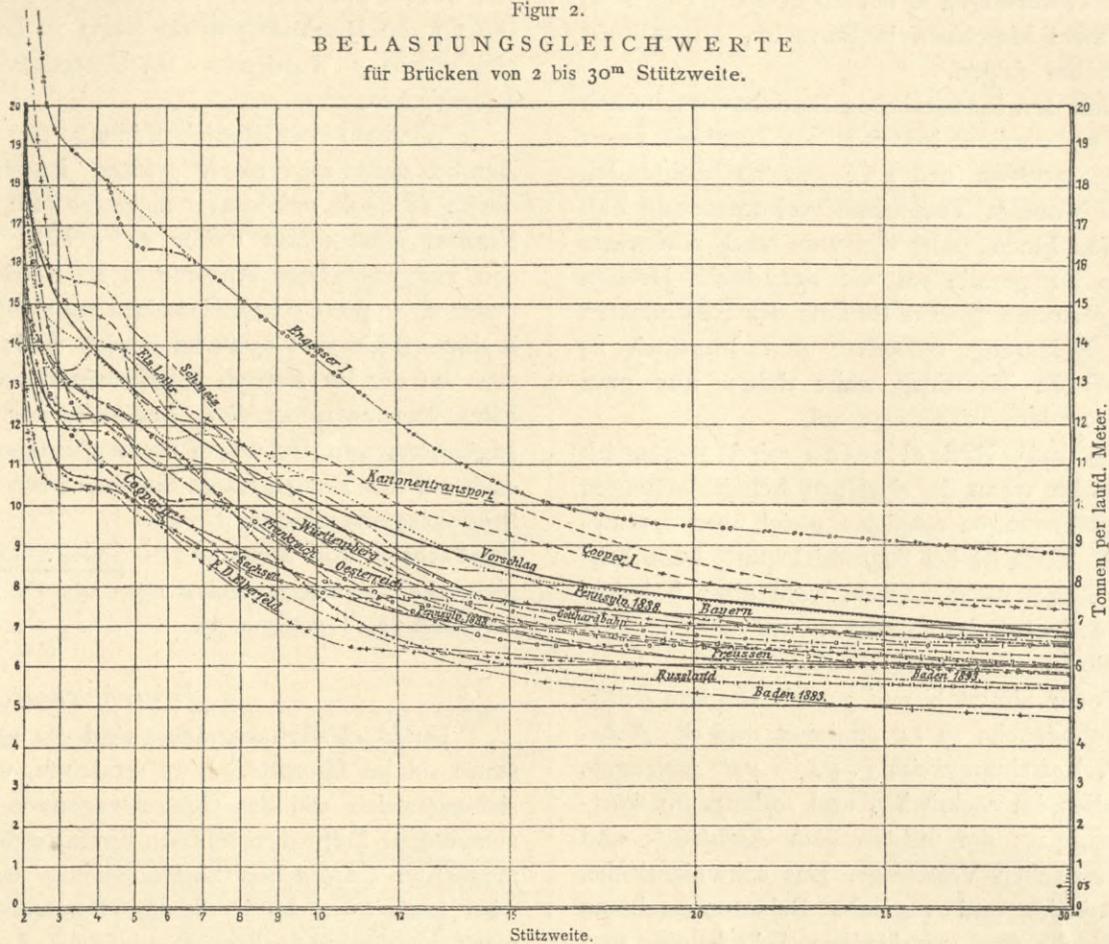
\* \* \*

III. Maximalmomente und Belastungsgleichwerte für frei aufliegende Träger von 1<sup>m</sup> bis 100<sup>m</sup> Stützweite.

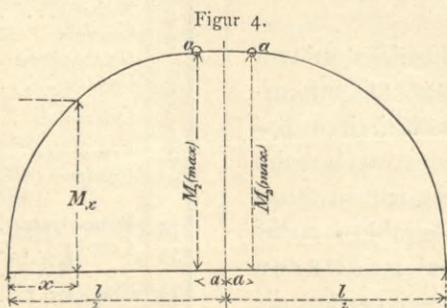
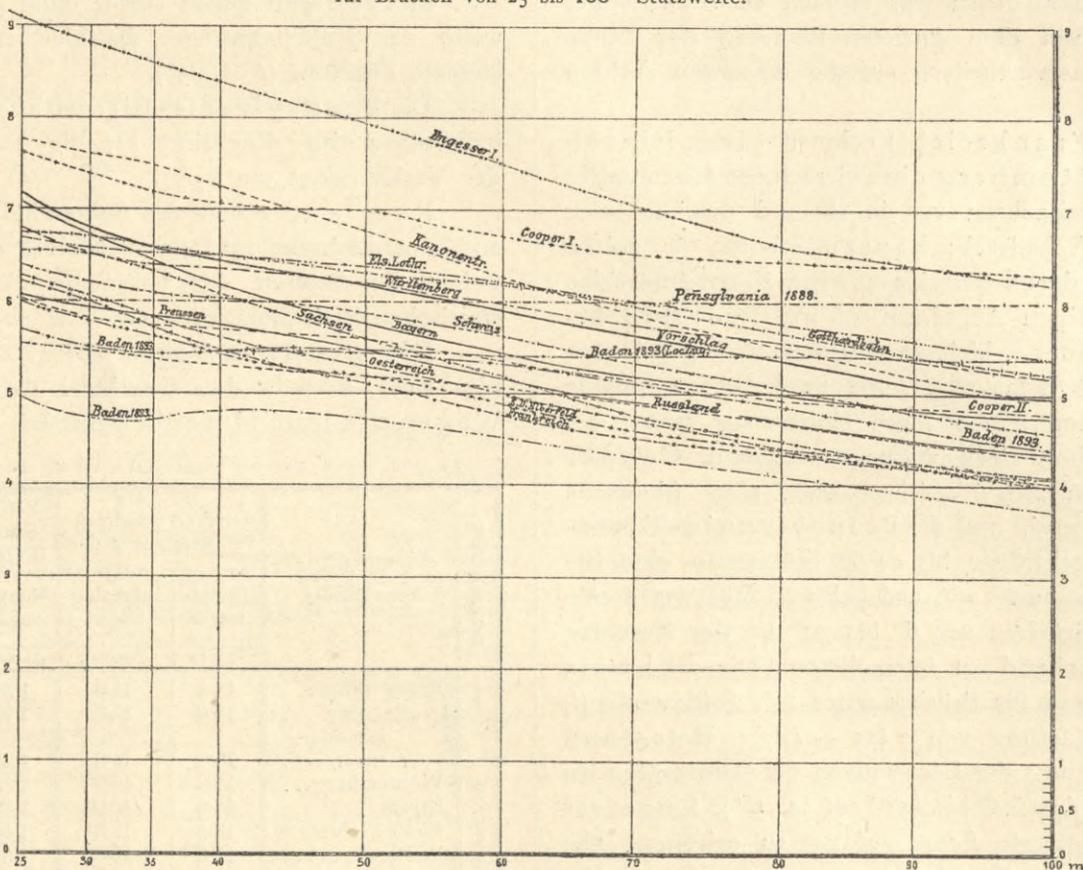
Die vorstehenden Angaben liefern nur eine ganz allgemeine Übersicht über die Höhe der einzelnen Belastungsnormen. Um jedoch die tatsächliche Wirkung der einzelnen Belastungszüge mit einander vergleichen zu können, wurden hierfür die sich ergebenden Maximalmomente ( $M_2$ ) für frei aufliegende Träger von 1<sup>m</sup> bis 100<sup>m</sup> Stützweite ermittelt und zum Zwecke bequemerer graphischer Darstellung (ohne zu große Unterschiede der Grenzwerte) aus diesen die Belastungsgleichwerte  $q = \frac{8 M_2}{l^2}$

gebildet und in den Textfiguren 2 und 3 aufgezeichnet — und zwar in Textfigur 2 für Stützweite von 1<sup>m</sup> bis 30<sup>m</sup>, in Textfigur 3 von 25<sup>m</sup> bis 100<sup>m</sup>. Ungarn s. Nachtrag. (Zu III.) Russland 1896 s. S. 7.

Figur 2.  
BELASTUNGSGLEICHWERTE  
für Brücken von 2 bis 30<sup>m</sup> Stützweite.



Figur 3.  
BELASTUNGSGLEICHWERTE  
für Brücken von 25 bis 100<sup>m</sup> Stützweite.



Figur 4.

wert, entsprechend dem Maximalmoment, beziehungsweise der Maximalschubkraft beim Auflager frei aufliegender Träger,  $l =$  Stützweite bedeutet.

Für den praktischen Gebrauch kann mit genügender Genauigkeit  $a = \frac{(q_0 - q) l}{2 q_0} l = 0.06 l$  gesetzt werden, wie dies in den preussischen Vorschriften geschehen ist. Diese Annahme ermöglichte es auch, in den letztgenannten Vorschriften

für verschiedene Werte  $\frac{x}{l}$  die zugehörigen Verhältniszahlen  $\frac{M_x}{M_{max}}$  allgemein anzugeben, womit für jedes beliebige  $x$  das entsprechende  $M_x$  leicht erhalten wird, und zwar ist für:

Als außergewöhnliche Belastungen wurden Transporte von Krupp'schen Kanonen, sowie ganze Maschinenzüge (Baden 1893 und die Elsaß-Lothringen'schen Maschinen) mit in Vergleich gezogen.

In Baden wird seit 1876 nach einem von Baurath Gernet angegebenen Verfahren die Momentencurve frei aufliegender Träger dadurch gebildet, dass im Abstände  $a$  beiderseits der Brückenmitte das für Stützweiten bis 100<sup>m</sup> zum voraus bestimmte Maximalmoment aufgetragen, die Punkte  $a$  (s. Textfigur 4) durch eine Gerade verbunden und in  $a$  Halbparabeln angeschlossen werden, die durch die Stützpunkte gehen und  $a$  zum Scheitel haben. Die so erhaltene Momentencurve umfasst die Maximalmomente in jedem Punkte mit genügender Genauigkeit.

Das gleiche Verfahren kommt nun auch in Preußen zur Anwendung.

In den badischen Vorschriften ist  $a$  für die aufgeführten Stützweiten einzeln bestimmt; Engesser setzt:

$$a = \frac{(q_0 - q) l}{2 q_0},$$

wenn:

$q =$  Belastungsgleichwert, entsprechend dem Maximalmoment in der Nähe der Brückenmitte,

$q_0 =$  Belastungsgleich-

wert, entsprechend dem Maximalmoment, beziehungsweise der Maximalschubkraft beim Auflager frei aufliegender Träger,  $l =$  Stützweite bedeutet.

Für den praktischen Gebrauch kann mit genügender Genauigkeit  $a = \frac{(q_0 - q) l}{2 q_0} l = 0.06 l$  gesetzt werden, wie dies in den preussischen Vorschriften geschehen ist. Diese Annahme ermöglichte es auch, in den letztgenannten Vorschriften

für verschiedene Werte  $\frac{x}{l}$  die zugehörigen Verhältniszahlen  $\frac{M_x}{M_{max}}$  allgemein anzugeben, womit für jedes beliebige  $x$  das entsprechende  $M_x$  leicht erhalten wird, und zwar ist für:

$\frac{x}{l}$	= 0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32
$\frac{M_x}{M_{max}}$	= 0.000	0.089	0.174	0.254	0.331	0.403	0.471	0.535	0.595	0.651	0.703	0.750	0.793	0.833	0.868	0.899	0.926
$\frac{x}{l}$	= 0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	0.50	für dazwischen liegende Werte $\frac{x}{l}$ ist geradlinig einzuschalten.							
$\frac{M_x}{M_{max}}$	= 0.948	0.967	0.981	0.992	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000								

Zu bemerken ist hier noch, dass für Österreich zur Berechnung der Wandglieder je nach der Länge des belasteten Brückentheiles ohne Rücksicht auf die Stützweite der Brücke folgende Belastungsgleichwerte mit geradliniger Einschaltung gelten:

Länge des belasteten Brückenanteiles: 1.0 2.0 2.5 5 10 15 20 40 60 80 100 120 160<sup>m</sup>

Verkehrslast für den lauf. Meter belastete Brückenlänge für ein Geleise in Tonnen.

Österreich.....	$q_0 = 30.0$	20.0	18.00	14.00	10.00	8.50	7.60	6.20	5.50	4.80	4.40	4.00	3.50
entsprechend setzt Russland 1884....	$q_0 = 30.0$	20.1	17.66	14.56	8.72	7.40	6.81	5.89	5.27	4.80	4.45	4.16	3.76
„ 1896....	$q_0 = 40.0$	20.4	17.80	14.64	10.60	8.68	7.88	6.74	5.76	5.10	4.69	4.39	4.00
Engesser setzt.....	$q_0 = 48.0$	30.3	21.80	20.00	14.70	11.90	11.00	9.50	8.60	7.70	7.30	—	—
Schweiz.....	$q_0 = 38.4$	24.5	—	17.60	11.10	8.90	8.10	6.90	6.00	5.50	5.00	4.70	4.30
für die Gotthardbahn ist.....	$q_0 = 41.1$	25.5	22.20	17.50	11.00	8.90	8.20	7.09	6.37	5.80	—	—	—
in Vorschlag gebracht wird.....	$q_0 = 40.0$	24.0	21.25	15.00	11.50	9.60	8.60	7.20	6.66	6.12	5.58	—	—

In Russland sind zur Berechnung der Curve der größten Momente und Schubkräfte folgende Belastungsgleichwerte (in deutsche Maße umgerechnet) vorgeschrieben, wenn  $q$  den Belastungsgleichwert in Tonnen, entsprechend dem Maximalmoment, in der Nähe der Mitte der Stützweite  $l$ ,  $q'$  in der Nähe des Auflagers bedeutet und mit  $q_0$  der Belastungsgleichwert, entsprechend der Maximalschubkraft beim Auflager, mit  $q_0'$  derjenige in der Mitte der Stützweite  $l$  bezeichnet wird.

stetig verglichener Belastungsgleichwerte  $q$  und  $q_0$  bestimmt und die in die Momentcurven einzuschaltende Gerade  $2a$ , wie in Preußen, zu 0.12  $l$  angenommen, um für gegebene Werte  $\frac{x}{l}$  die zugehörigen Verhältniszahlen  $\frac{M_x}{M_{max}}$  bestimmen zu können.

IV. Belastung und erforderliche Maximalmomente der Fahrbahnträger.

Die Belastung und erforderlichen Maximalmomente ( $M_2$ ) der secundären Längsträger (Schienen- und Schwellenträger) ergibt sich ohne weiteres aus den Daten für Hauptträger mit kleinen Stützweiten.

Der Einfluss der Verkehrslast auf die Querträger soll jedoch in der Weise näher geprüft werden, dass für Querträgerabstände von 1<sup>m</sup> bis 6<sup>m</sup> (von 0.5<sup>m</sup> zu 0.5<sup>m</sup>) die auf einen Querträger treffende Belastung  $P$  ermittelt und sodann durchweg für eine Querträgerstützweite von 4.5<sup>m</sup> die auftretenden größten Momente ( $M_2$ ) der Verkehrslast berechnet werden. Die Werte von  $P$  und  $M_2$  sind auf Textfigur 7 (links) aufgetragen; für Österreich sind auch die Werte mit 10% Zuschlag beigesetzt. Ungarn s. Nachtrag. (Zu IV.)

Der russische Belastungszug von 1896 liefert hierfür fast durchweg die gleichen Werte wie der schweizerische ohne 2 (15 -  $l$ )% Zuschlag.

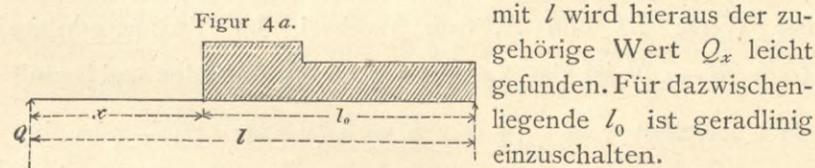
$l$	$q_0 = q'$	$q$	$q_0'$	$l$	$q_0 = q'$	$q$	$q_0'$
2.13	19.40	14.05	28.10	42.67	5.80	5.26	6.50
4.27	15.40	12.40	19.35	53.34	5.48	5.15	6.23
6.40	12.95	11.35	16.50	64.00	5.15	5.00	6.02
8.53	9.93	9.01	13.80	74.67	4.89	4.78	5.85
10.67	8.16	7.15	11.80	85.34	4.72	4.56	5.75
12.80	7.68	6.39	10.80	96.00	4.51	4.40	5.69
14.93	7.41	6.02	9.77	106.67	4.35	4.24	5.54
17.07	7.14	5.74	9.07	117.34	4.19	4.08	5.43
19.20	6.87	5.64	8.54	128.00	4.08	3.97	5.31
21.34	6.71	5.58	8.21	138.67	3.92	3.86	5.15
25.60	6.39	5.53	7.68	149.34	3.81	3.76	5.05
32.00	6.17	5.42	7.04	160.00	3.76	3.70	4.94
Meter	Tonnen			Meter	Tonnen		

Für zwischenliegende Stützweiten ist zu interpolieren.

Zur Berechnung der Curve der Maximalmomente ist für Stützweite  $l > 75^m$  ein Belastungsgleichwert  $= \frac{1}{2} (q + q')$  zu benutzen; kleinere Stützweiten theilt man in 6 bis 12 Theile und nimmt als Verkehrslast den dem Grenzüerschnitt jeder Abtheilung entsprechenden Belastungsgleichwert, der für jeden beliebigen Querschnitt durch Interpolation zwischen  $q$  und  $q'$  gefunden wird.

Zur Berechnung der Schubkräfte werden die Werte  $q_0$  und  $q_0'$  benutzt, die Stützweite ebenfalls in 6 bis 12 Theile eingetheilt und analog wie bei Bestimmung der Momente verfahren.

Die preußischen Vorschriften enthalten zur Bestimmung der Querkräfte  $Q_x$  eine Tabelle, aus der für jede beliebige Belastungslänge  $l_0$  der von der Stützweite  $l$  unabhängige Wert  $Q.l$  entnommen werden kann. (Textfigur 4 a.) Durch Division



mit  $l$  wird hieraus der zugehörige Wert  $Q_x$  leicht gefunden. Für dazwischenliegende  $l_0$  ist geradlinig einzuschalten.

Baden besitzt eine Tabelle der Schubkräfte für frei aufliegende Träger bis 100<sup>m</sup> Stützweite, und zwar für  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  und volle Belastung. Diese Punkte, durch eine stetige Curve verbunden, liefern die Maximalschubkräfte an jeder Stelle.

Das in Baden übliche, sehr zweckmäßige Verfahren zur Bestimmung der Curven der größten Momente und Schubkräfte frei aufliegender Träger wurde auch in den Vorschlag aufgenommen, die Maximalmomente und Schubkräfte aber auf Grund

V. Zulässige Beanspruchung.

1. Schweißseisen.

a) Beanspruchung der Hauptträger.

Wiewohl die einzelnen Staaten und Eisenbahnverwaltungen an die Güte des Materials ungefähr die gleichen Anforderungen stellen, sind doch die für zulässig erklärten Beanspruchungen des Materials sehr verschieden, woraus sich unter sonst gleichen Verhältnissen und für gleiche äußere Kräfte ganz verschiedene erforderliche Nutzquerschnitte ergeben. Es ist daher nöthig, — um ein klares Bild über die Wirkung der einzelnen Belastungsarten zu erhalten — zunächst die von den einzelnen Verwaltungen für zulässig erklärten Inanspruchnahmen ( $K$ ) der Querschnittsflächeneinheit einander gegenüber zu stellen.

Die Ausdrücke, nach welchen die zulässigen Beanspruchungen zu bestimmen sind, zerfallen im wesentlichen in drei Gruppen.

Gruppe I. Gleiche Beanspruchung für sämtliche Constructionstheile ohne Rücksicht auf die Art der Belastung (ob ruhende oder bewegte Last) und ohne Berücksichtigung des Spannungswechsels.

Gruppe II. Verschiedene Beanspruchung der einzelnen Glieder unter Berücksichtigung des Spannungswechsels (auf Grund der Versuche von Wöhler und anderen), jedoch ohne besondere Beachtung der dynamischen Einwirkung der Verkehrslast (Launhardt-Weyrauch'sche Formel).

Gruppe III. Verschiedene Beanspruchung der Constructionsglieder unter Rücksichtnahme auf den Spannungswechsel und die dynamische Einwirkung der Verkehrslast (Stoßwirkung, ungleiche Lastvertheilung etc. (nach Gerber, Winkler, Engesser und anderen).

\*) Der Belastungszug von 1896 liefert folgende Belastungsgleichwerte  $q$  für  $l = 1 \ 2 \ 4 \ 6 \ 10 \ 15 \ 20 \ 30 \ 40 \ 60 \ 80 \ 100^m$   
 $q = 40.0 \ 20.0 \ 12.8 \ 11.6 \ 9.0 \ 6.9 \ 6.7 \ 6.4 \ 6.1 \ 5.5 \ 4.8 \ 4.4^t$

Zur I. Gruppe gehört:

1. Elsaß-Lothringen,

das unabhängig von dem Verhältnisse zwischen ruhender Belastung und Verkehrslast allgemein setzt:

für Hauptträger  $K = 750^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter

„ Fahrbahnträger  $K = 600^{\text{kg}}$  „ „

und bei außergewöhnlicher Belastung — ganzer Locomotivzug —  
 $K = 900^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter.

Die Vernachlässigung des Spannungswechsels ist besonders auf die Stärke der Wandglieder von Fachwerkträgern von großem Einflusse.

2. Russland setzt\*):

a) für vollwandige Balkenbrücken

$K = 600^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter für Stützweiten  $l < 15^{\text{m}}$   
und  $K = 700^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter für  $l > 15^{\text{m}}$ ;

b) für Fachwerk und Gitterträger

$K = 725^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter

Streben und Ständer auf Druck

$K = 700^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter.

Bei Wechsel von Zug und Druck wird bisweilen auch die Weyrauch'sche Formel angewendet.

3. Österreich.

Hier wird die Größe der Beanspruchung ausschließlich von der Stützweite der Brücke abhängig gemacht und der Einfluss des Spannungswechsels ebenfalls vollständig vernachlässigt.

Dem Umstande, dass im allgemeinen mit wachsender Stützweite das Verhältnis des Eigengewichtes zur Verkehrslast abnimmt, wird dadurch Rechnung getragen, dass die für alle Glieder ein und derselben Brücke (Fahrbahn ausgeschlossen) gültige zulässige Beanspruchung mit der Stützweite der Brücke in bestimmtem Verhältnisse wächst, wodurch der höhere Einfluss der Verkehrslast mit circa 50% derselben berücksichtigt erscheint.

Die zulässigen Beanspruchungen betragen, wenn  $l =$  Stützweite in Meter bedeutet, für Brücken:

bis zu 40 <sup>m</sup> Stützweite	$K = (700 + 2l)^{\text{kg}}$	per Quadr.-Ctm.
von 40 bis 80 <sup>m</sup> „	$K = 780 + 1.5l^{\text{kg}}$	„ „ „
„ 80 „ 120 <sup>m</sup> „	$K = 840 + 1.0l^{\text{kg}}$	„ „ „
„ 120 „ 160 <sup>m</sup> „	$K = 880 + 0.5l^{\text{kg}}$	„ „ „
für größere Stützweiten	$K = 900$	„ „ „

Die größte Beanspruchung darf einschließlich der Einwirkung des Windes nie mehr betragen als  $K = 1000^{\text{kg}}$ .

4. Preußen

gibt ähnliche Vorschriften, wie Österreich und lässt für sämtliche Glieder der Hauptträger folgende, nur von der Stützweite der Brücke abhängige Beanspruchungen zu, und zwar für Stützweiten über:

$l = 10$	20	40	80	120	150 <sup>m</sup>
$K = 720$	765	810	855	900	945 <sup>kg</sup> per Quadr.-Ctm.
ohne Rücksicht auf Winddruck.					
$K = 900$ bis				1170 <sup>kg</sup>	„ „ „
mit Rücksicht auf Winddruck.					

Für vollwandige Hauptträger ist eine Beanspruchung bis zu  $700^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter zugelassen.

5. Württemberg.

Bezeichnet  $l =$  Stützweite,  $S_{\text{min}}$  die kleinste,  $S_{\text{max}}$  die größte Stabspannung,  $\psi = \frac{S_{\text{min}}}{S_{\text{max}}}$ , so ist zu setzen:

für Stützweiten  $l = 2$  bis  $6^{\text{m}}$   $K = 500$  bis  $600^{\text{kg}}$  per Quadr.-Ctm.  
„ „ „  $l = 6$  „  $16^{\text{m}}$   $K = 600$  „  $700^{\text{kg}}$  „ „  
und für Träger über  $16^{\text{m}}$  Stützweite (gewöhnlich wohl Grenze für vollwandige Träger)

$$K = 700 \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{S_{\text{min}}}{S_{\text{max}}} \right) = 700 \left( 1 + \frac{1}{2} \psi \right).$$

(Launhardt-Weyrauch'sche Formel) jedoch unter Beschränkung auf eine höchste Beanspruchung von  $K = 800^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter. Für ruhende Belastung ergibt sich hieraus  $K_1 = 1050$ , für Verkehrslast  $K_2 = 700^{\text{kg}}$  (unter Beschränkung auf  $= 800$ ). Diese Vorschrift ist für  $l = 2^{\text{m}}$  bis  $16^{\text{m}}$  ziemlich unbestimmt und die Wahl von  $K$  dem Gefühle des Constructeurs überlassen; bei  $16^{\text{m}}$  Stützweite tritt eine unvermittelte Steigerung der zulässigen Beanspruchung ein, die für die Gurtung frei auf-

\*) Demnächst sollen für Russland neue Vorschriften hierfür erscheinen vergl. »Flusseisen« S. 17.

liegender Träger schon bei  $l = 30^{\text{m}}$  bis  $35^{\text{m}}$  den Höchstbetrag von  $800^{\text{kg}}$  erreicht und für größere Stützweiten constant bleibt.

Die Curve der zulässigen Beanspruchung verläuft daher vollständig unstetig (s. Textfigur 6). Der Spannungswechsel findet im II. Gliede der Formel  $\left( \frac{700}{2} \frac{S_{\text{min}}}{S_{\text{max}}} \right)$  Berücksichtigung.

6. Schweiz.

Die Gleichung der zulässigen Beanspruchung ist hier, wie für Frankreich, der Form nach der Launhardt-Weyrauch'schen gleich, jedoch mit andern Einzelwerten. Die schweizerische Verordnung schreibt vor:

$$K = 700 + 200 \frac{S_{\text{min}}}{S_{\text{max}}} = 700 \left( 1 + \frac{2}{7} \psi \right),$$

wobei (wie auch bei 5) das Vorzeichen von  $S_{\text{min}}$  und  $S_{\text{max}}$  zu beachten ist. Hier wird somit  $K_1 = 900$ ,  $K_2 = 700^{\text{kg}}$  gesetzt. Zu bemerken ist hierzu noch, dass für Träger bis zu  $15^{\text{m}}$  Stützweite die Belastungen um  $2(15 - l)\%$  erhöht werden. (Vergl. II, 1.)

7. Frankreich setzt:

$$K = 600 + 300 \frac{S_{\text{min}}}{S_{\text{max}}} = 600 \left( 1 + \frac{1}{2} \psi \right),$$

somit:

$K_1 = 900$ ,  $K_2 = 600^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter.

Statt dieser Werte kann aber auch allgemein gesetzt werden: für nur Zug, Druck oder Biegung  $K = 650^{\text{kg}}$  per Quadr.-Ctm., bei Wechsel von Zug und Druck  $K = 450^{\text{kg}}$  „ „ „

Stäbe mit geringen Spannungsänderungen und Hauptträger von Brücken über  $30^{\text{m}}$  Stützweite dürfen auch stärker beansprucht werden, jedoch nicht über  $K = 850^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter.

8. Die Pennsylvania-Eisenbahn

benützt nach den Normalbedingungen vom Jahre 1884 folgende Gleichungen, wenn nur Spannungen im gleichen Sinne auftreten:

$K = 525 \left( 1 + \frac{S_{\text{min}}}{S_{\text{max}}} \right) = 525 (1 + \psi)$ , also  $K_1 = 1050$ ,  $K_2 = 525^{\text{kg}}$ ;

bei Wechsel von Zug- und Druckspannungen:

$K = 525 \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{S_{\text{min}}}{S_{\text{max}}} \right) = 525 \left( 1 - \frac{1}{2} \psi \right)$ , also  $K_1 = 788$ ,  $K_2 = 525^{\text{kg}}$ .

$S_{\text{min}}$  und  $S_{\text{max}}$  sind hier die Absolutwerte der größten Zug-, beziehungsweise Druckspannungen\*). Die neueren Vorschriften vom Jahre 1888 geben die zulässige Beanspruchung für die einzelnen Constructionstheile an, und zwar:

a) Zugfestigkeit für Gurtung und Hauptdiagonalen zu	per Quadr.-Ctm.	630 <sup>kg</sup>
„ „ Hängestäbe und Gegendiagonalen	„	490 <sup>kg</sup>
Wind- und Querverbände zu	„	840 <sup>kg</sup>
b) Druckfestigkeit für Flanschen gewalzter Träger zu	„	630 <sup>kg</sup>
„ „ von Blechträgern zu	„	560 <sup>kg</sup>

Zur III. Gruppe sind zu zählen:

9. Bayern

nimmt als Spannungsgrenze (größte zulässige Beanspruchung) für ruhende Belastung  $K_1 = 1600^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter und setzt zur Berücksichtigung der Stöße etc. die Verkehrslast in 1.5fachem Betrage in Rechnung. Um auch dem Einflusse des Spannungswechsels Rechnung zu tragen, werden für jedes Trägerglied die eingrenzenden Spannungen bestimmt, und zwar wird die oberste Spannkraft  $M = E + 1.5 V_{\text{max}}$  und die unterste  $N = E + 1.5 V_{\text{min}}$  gesetzt, wenn  $E$  die von der ruhenden Last,  $V_{\text{max}}$  und  $V_{\text{min}}$  die von der Verkehrslast herrührende größte und kleinste Stabspannung bedeuten. Die Zugkräfte sind hierbei positiv, die Druckkräfte negativ einzuführen. Aus der Differenz der Werte  $M$  und  $N$ , dem Wechsel der Spannungenkräfte  $U = M - N$  ist das Verhältnis  $\varphi = \frac{N}{U}$  zu bilden und hiermit

ein Coefficient  $\tau = \frac{1}{4} [3 + \sqrt{9 + 4(2\varphi + 1)^2}] - \varphi$  zu berechnen, mit welchem  $U$  multipliciert und zu  $N$  addiert werden muss, um dieselbe Spannkraft zu erhalten, welche, ständig und ruhend in dem betrachteten Stabe wirkend, diese bis zur Spannungsgrenze ( $K_1$ ) anstrengen dürfte. Diese Spannkraft  $(N + \tau U)$  die für  $\varphi + \tau = \sigma = \frac{1}{4} [3 + \sqrt{9 + 4(2\varphi + 1)^2}]$  auch gleich  $\sigma U$  gesetzt werden kann und die gleiches Vorzeichen

\*) Die gleichen Formeln finden sich auch in anderen amerikanischen Brückenvorschriften, so in den General-Specificationen von Edwin Thacher in Louisville 1893, und werden auch von J. B. Johnson, Professor und Civil-Ingenieur an der Universität in Washington, in seinem Werke »The theory and practice of modern framed Structures« 1893, empfohlen.

wie  $\varphi$  besitzt, ist daher mit  $K_1 = 1600$  zu dividieren, um den erforderlichen Stabquerschnitt zu erhalten. Zur Vereinfachung der Rechnung sind für eine Reihe Werte von  $\varphi$  die zugehörigen  $\sigma$  tabellarisch zusammengestellt.

Für Glieder, welche nur in gleichem Sinne beansprucht werden, deren wechselnde Spannungen somit nicht durch den Wert Null gehen, ist  $V_{\min}$  oder  $V_{\max} = 0$ , daher kann hier einfach  $\varphi = \frac{E}{1.5 V}$  gesetzt werden.

Die zulässige Beanspruchung ergibt sich aus Obigem zu  $K = \frac{K_1}{1.5 \sigma (1 - \psi)}$ , worin  $\sigma$  dem Werte  $\varphi = \frac{3\psi - \psi_0}{3(1 - \psi)}$  entsprechend zu wählen ist und  $\psi_0 = \frac{E}{S_{\max}}$ ,  $\psi = \frac{S_{\min}}{S_{\max}}$  und  $S_{\min}$  und  $S_{\max}$  die größte und kleinste Stabspannung unter Berücksichtigung der Vorzeichen bedeuten\*).

#### 10. Sachsen.

Die Gleichungen der zulässigen Beanspruchungen besitzen die von Prof. Winkler angegebene Form. Die Verkehrslast wird auch hier zur Berücksichtigung der dynamischen Einflüsse um 50% erhöht. Die Grundspannungen für ruhende und bewegte Last betragen:

$$K_1 = 1050^{\text{kg}} \text{ per Quadrat-Centimeter,}$$

$$K_2 = 700^{\text{kg}} \text{ " " " "}$$

Bezeichnet

$E =$  größte Stabspannung durch ruhende Last,  
 $V_1 =$  " " durch die Verkehrslast  
im gleichen Sinne wie  $E$ ,  
 $V_2 =$  " " im entgegengesetzten Sinne wie  $E$ ,  
 $F =$  erforderlichen Nutzquerschnitt,

so wird verlangt, wenn  $E > \frac{3}{2} V_2$ , das heißt

für Stäbe mit nur Zug- oder nur Druckspannungen

$$F = \frac{E}{1050} + \frac{V_1}{700} \text{ oder auch } W = \frac{M_1}{1050} + \frac{M_2}{700}$$

$K = \frac{6300}{9 - 3\psi}$ , wenn  $M_1 =$  größtes Moment der ruhenden Last,  
 $M_2 =$  " " " " Verkehrslast,  
 $W =$  Widerstandsmoment

$$\text{und hieraus auch } K = \frac{K_1}{1 + \frac{1}{2} \frac{M_2}{M_1 + M_2}} = \frac{1050}{1 + \frac{1}{2} \frac{M_2}{M_1 + M_2}}$$

$$E < \frac{3}{2} V_2,$$

das heißt für Stäbe bei Wechsel von Zug und Druck ist zu setzen:

$$F = \frac{E}{1575} + \frac{V_1}{700} + \frac{V_2}{2100}, \text{ wenn } E > \frac{3}{4} (V_2 - V_1)$$

$$F = -\frac{E}{1575} + \frac{V_1}{2100} + \frac{V_2}{700}, \text{ wenn } E < \frac{3}{4} (V_2 - V_1),$$

$$\text{hieraus wird } K = \frac{6300}{9 - 3\psi - 2\psi_0}.$$

Es kommt also hier die Kraft  $V_2$  nur dann in Betracht, wenn die resultierenden Grenzspannungen unter Berücksichtigung der 1.5fachen Verkehrslast tatsächlich ungleiches Vorzeichen haben, während die Minimalstabskräfte mit gleichem Vorzeichen unberücksichtigt bleiben.

11. Die königl. Eisenbahn-Direction Elberfeld rechnet für die Brücken des Bahnhof-Umbaues in Düsseldorf ebenfalls mit Beanspruchungen, die nach Winkler bestimmt sind, unter Beibehaltung der von Winkler vorgeschlagenen Unterscheidung zwischen Zug- und Druckbeanspruchungen und setzt:

$$\text{für Zug } F = \frac{E}{1400} + \frac{V_1}{600} + \frac{V_2}{1300},$$

$$\text{hieraus ist } K = \frac{54600}{91 - 42\psi - 10\psi_0},$$

\*) Die neuen »Grundlagen von 1895« bestimmen versuchsweise folgende einfachere Berechnungsart. Spannungsgrenze nur  $K_1 = 1200^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter, Nutzquerschnitt: a) für Stäbe mit nur Zug- oder nur Druckspannungen  $F = \frac{E + 1.5 V}{1200}$ , wenn  $V$  größte mit  $E$  gleichgerichtete Stabspannung aus der Verkehrslast, b) für Wechselstäbe (in welchen abwechselnd Zug und Druck auftreten)  $F = \frac{1.5(V_z + V_d)}{1200}$ , wenn  $V_z$  und  $V_d$  die größte Zug-, beziehungsweise Druckkraft aus der Verkehrslast ohne Rücksicht auf das Vorzeichen bedeuten. Die Eigen- gewichtsspannung  $E$  soll nicht weiter berücksichtigt werden, da sie in den ihr entgegengesetzt wirkenden Spannungen  $V_z$  und  $V_d$  enthalten erscheint.

$$\text{für Druck } F = \frac{E}{1300} + \frac{V_1}{550} + \frac{V_2}{1400},$$

$$\text{hieraus ist } K = \frac{100100}{182 - 71.5\psi - 33.5\psi_0};$$

für gewöhnliche Blechträger ist zu setzen:

$$W = \frac{M_1}{1300} + \frac{M_2}{550} \text{ oder } K = \frac{1300}{1 + \frac{15}{11} \frac{M_2}{M_1 + M_2}}.$$

Die Grundspannungen sind:

$$K_1 = 1300 \text{ beziehungsweise } 1400^{\text{kg}}$$

$$K_2 = 550 \text{ " " " } 600^{\text{kg}}.$$

#### 12. Engesser

schlägt vor, die Grundspannung

$$K_1 = 1000^{\text{kg}} \text{ per Quadrat-Centimeter}$$

zu setzen (für gewöhnliche Fälle) und die Verkehrslast zur Berücksichtigung der dynamischen Einflüsse zu erhöhen, und zwar bei Spannungen in einem Sinne und für Träger mit gewöhnlicher Fahrbahnordnung um  $\frac{2}{3} = 66\frac{2}{3}\%$  ( $K_2 = 600$ ), bei Überführung des Schotterbettes nur um  $\frac{1}{2} = 50\%$  ( $K_2 = 666\frac{2}{3}^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter; — für Stützweiten (Belastungslängen)

unter  $20^{\text{m}}$  sind diese Procentsätze noch um  $\left(\frac{20-l}{10}\right)^2$  beziehungsweise

$\left(\frac{20-l}{12}\right)^2$  zu erhöhen. Für Stäbe mit wechselnder Zug-

und Druckspannung ist außerdem noch der Absolutwert der größten negativen Stabkraft der Verkehrslast, jedoch nur mit  $\frac{1\frac{2}{3}}{3} = \frac{5}{9}$ , beziehungsweise  $\frac{1\frac{1}{2}}{3} = \frac{1}{2}$  in Rechnung zu bringen.

Hiernach soll sein für gewöhnliche Fahrbahnordnung

$$F = \frac{E}{1000} + \frac{V_1}{600} + \frac{V_2}{1800}, \text{ woraus } K = \frac{1800}{3 - \psi - 0.2\psi_0}.$$

Als höchste zulässige Grundspannung  $K$  bei außerge- wöhnlicher Belastung etc. setzt Engesser

$$K = 1500^{\text{kg}} \text{ per Quadrat-Centimeter.}$$

#### 13. Baden.

Hier wird im Gegensatze zu den übrigen Vorschriften zwischen vollwandigen und gegliederten Trägern unterschieden und gesetzt:

für vollwandige Träger:

$$K_1 = 1100^{\text{kg}} \text{ per Quadrat-Centimeter}$$

$$K_2 = 600 + 10l \text{ für } l < 10^{\text{m}}$$

$$K_2 = 700 \text{ " " } l > 10^{\text{m}}$$

für Fachwerkträger:

$$K_1 = 1000^{\text{kg}} \text{ per Quadrat-Centimeter}$$

$$K_2 = 500 + 10l \text{ für } l < 10^{\text{m}}$$

$$K_2 = 600 \text{ " " } l > 10^{\text{m}}.$$

Für Schotterbett-Überführungen werden die Werte von  $K_2$  um je  $50^{\text{kg}}$  erhöht.

Die Bestimmung der Querschnitte erfolgt nach der Formel

$$F = \frac{S_{\min}}{K_1} + \frac{S_{\max} - S_{\min}}{K_2};$$

$S_{\min}$  wird hierbei, wenn Wechsel von Zug und Druck stattfindet, mit negativen Vorzeichen eingeführt. Die Verkehrslast ist hier für vollwandige Träger um  $\frac{5}{6}$  bis  $\frac{4}{7}$  oder 83 bis 57%, bei Fachwerkträgern um  $\frac{5}{5}$  bis  $\frac{4}{6}$  oder 100 bis  $66\frac{2}{3}\%$  erhöht.

Die resultierende Beanspruchung ergibt sich zu

$$K = \frac{K_1}{1 + \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max}} \cdot \left(\frac{K_1 - K_2}{K_2}\right)} = \frac{K_1}{1 + (1 - \psi) \frac{K_1 - K_2}{K_2}};$$

der Spannungswechsel findet hier (wie bei Engesser) auch dann Berücksichtigung, wenn nur Spannungen in einem Sinne auftreten.

#### 14. Cooper

nimmt bei genieteten Trägern (somit unseren Verhältnissen entsprechend) als Grundbeanspruchung:  $K_1 = 1050^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter und  $K_2 = 525^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter. Die resultierende Beanspruchung wird:

$$K = \frac{1050}{2 - \frac{S_{\min}}{S_{\max}}} = \frac{1050}{2 - \psi}.$$

Der Querschnitt für Constructionstheile mit Zug- und Druckspannungen ist zu berechnen, wenn

Zugspannung > als Druckspannung

für eine Zugspannung = Zugspannung + 0.80 Druckspannung oder  
für eine Druckspannung = Druckspannung + 0.80 Zugspannung,

Druckspannung > als Zugspannung

für eine Druckspannung = Druckspannung + 0.80 Zugspannung;  
hiernach ist:

$$K = \frac{525}{1 - 0.8 \psi - 0.1 \psi_0}$$

Der Spannungswechsel findet also hier (wie bei Sachsen) nur Berücksichtigung, wenn Spannungen mit entgegengesetzten Vorzeichen auftreten.

Dem Vergleiche über die zulässigen Beanspruchungen sollen noch die Vorschläge von Winkler, Launhardt-Weyrauch und Tetmajer beigelegt werden.

15. Winkler (zu Gruppe III gehörend)

setzt die dynamische Einwirkung der bewegten Last mit 30% der Verkehrslast in Rechnung, berücksichtigt dann Spannungswechsel und unterscheidet zwischen Zug- und Druckspannungen.

Nach Winkler soll betragen,

wenn die größte Stabspannung Zug bedeutet:

$$F = \frac{E}{1400} + \frac{V_1}{590} + \frac{V_2}{1300},$$

hieraus ergibt sich für Zug:

$$K = \frac{770}{1.3 - 0.585 \psi - 0.165 \psi_0};$$

wenn die größte Stabspannung Druck bedeutet

$$F = \pm \frac{E}{1200} + \frac{V_1}{720} + \frac{V_2}{1800},$$

oder für Druck:

$$K = \frac{720}{1.3 - 0.52 \psi - 0.18 \psi_0}.$$

Hiernach ist:

für Zug  $K_1 = 1400$   $K_2 = 590^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter

„ Druck  $K_1 = 1200$   $K_2 = 720^{\text{kg}}$  „ „ „

Die verschiedene Behandlung von Zug und Druck führt zu Inconsequenzen, wie sich dies für  $\psi = -1$ , für welchen Wert beide Gleichungen dieselben Größen von  $K$  ergeben sollten, zeigt. Winkler lässt daher auch für Druck die für Zug angegebenen Formeln zu, wenn, wie jetzt allgemein üblich, auch in den gedrückten Gliedern die Nietverschwächungen berücksichtigt werden.

16. Launhardt-Weyrauch (Gruppe II)

setzen auf Grund der Wöhler'schen Versuche, jedoch ohne Berücksichtigung der dynamischen Wirkungen der Fahrzeuge,  $K = 700 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{S_{\min}}{S_{\max}}\right)$ , somit  $K_1 = 1050^{\text{kg}}$ ,  $K_2 = 700^{\text{kg}}$  per Quadr.-Cm., unter Berücksichtigung der Vorzeichen von  $S_{\min}$  und  $S_{\max}$ .

17. Prof. Tetmajer in Zürich setzte (Gruppe II)

$$K = 600 + 350 \psi + 80 \psi^2$$

bei Annahme eines Sicherheits-Coefficienten = 3.5 (vergl. »Schw. Bauzeitung« 1886, VII).

Endlich sei hier (nach der »Österreichischen Eisenbahn-Zeitung« Nr. 12 von 1893) noch beigelegt, dass

18. Belgien (zu Gruppe I)

die größte Inanspruchnahme des Eisens allgemein zu  $K = 600^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter und

19. England (zu Gruppe I)

zu  $K = 787^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter festsetzt, und dass

20. Prof. Melan an der technischen Hochschule zu Brünn empfiehlt:

für Zugstäbe  $F = \frac{E + \mu V}{1000}$ , worin  $\mu = 1.2 + \frac{8}{x + 10}$ , wenn  $x$  = Belastungslänge in Meter, vergl.: »Ö. Monatsschr. f. d. öff. Baudienst«, Heft VI v. 1896.

21. In Vorschlag gebracht wird zu setzen:

a) bei gewöhnlicher Fahrbananordnung:

$$K = \frac{1000}{1 + \frac{1}{2} \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max}}} = \frac{6000}{9 - 3 \psi},$$

b) bei Überführung des Schotterbettes:

$$K = \frac{1000}{1 + \frac{1}{3} \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max}}} = \frac{6000}{8 - 2 \psi}.$$

Das Vorzeichen von  $S_{\max}$  und  $S_{\min}$  ist hierbei zu berücksichtigen; hieraus ergibt sich  $K_1 = 1000^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter,  $K_2 = 666\frac{2}{3}$ , für  $a, 750^{\text{kg}}$  für  $b$  per Quadrat-Centimeter.

Um die nach den vorbesprochenen Vorschriften sich ergebenden zulässigen Beanspruchungen direct vergleichen zu können, wurden diese für bestimmte Verhältnisse zwischen kleinster und größter Stabspannung ( $\psi = \frac{S_{\min}}{S_{\max}}$ ) berechnet und

tabellarisch zusammengestellt. Die zulässigen Beanspruchungen nach dem Verfahren für Bayern, Sachsen und der Eisenbahn-Direction Elberfeld (Winkler), nach Engesser und Cooper sind außerdem vom Verhältnisse des Eigengewichtes zur Verkehrslast abhängig  $\psi_0 = \frac{E}{S_{\max}}$ .

Die Werte für  $\psi_0 = \psi = 0$ , für welche somit das Eigengewicht = 0 ist, geben die zulässige Beanspruchung für Verkehrslast allein;  $\psi = 1$  gibt die Werte für ruhende Belastung allein. Für  $\psi = -1$  sind die Grenzspannungen gleich, aber entgegengesetzten Sinnes, in welchem Falle — nach den Wöhler'schen Versuchen — die Widerstandsfähigkeit des Eisens am geringsten ist; wir finden hier die kleinste zulässige Beanspruchung. Als

Zwischenwerte wurden gewählt  $\psi = \pm \frac{1}{4} \pm \frac{1}{2} \pm \frac{3}{4}$ .

Da nach den österreichischen Vorschriften die Beanspruchungen sich nur nach der Stützweite richten und von  $\psi$  unabhängig sind, liegen diese für alle Werte von  $\psi$  zwischen 700 und  $1000^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter. Für Pennsylvania (1888) richtet sich die zulässige Beanspruchung nur nach dem Constructionsgliede ohne Rücksicht auf  $\psi$ . Die Größe der zulässigen Beanspruchungen zeigen nachstehende Tabellen 2, 3 und 4; außerdem sind diese auf Textfigur 5 graphisch dargestellt, für die von  $\psi_0$  abhängigen Beanspruchungen jedoch nur die größten und kleinsten Werte für  $\psi_0 = \psi$  und  $\psi_0 = 1$ .

b) Beanspruchung insbesondere für die Gurtung frei aufliegender Träger.

Für die Gurtung frei aufliegender Träger, für welche nur Spannungen von gleichem Sinne auftreten, ist die zulässige Beanspruchung nur von dem Momente des Eigengewichtes  $M_1$  und dem der Verkehrslast  $M_2$  abhängig.

Dem Vergleiche wurde das Eigengewicht eiserner Brücken nach den badischen Vorschriften von 1883 zu Grunde gelegt und angenommen, dass für die nach den übrigen Belastungsschemen berechneten Brücken das Verhältniss zwischen  $M_1$  und  $M_2$  das gleiche ist, wie für Baden. Das Verhältniss  $\frac{M_2}{M_1 + M_2}$  wurde der Einfachheit wegen auch für Kanonentransport gleich angenommen, die wirklichen zulässigen Werte von  $K$  sind etwas kleiner, jedoch nur bis zu 4%. Im gleichen Verhältniss erhöhen sich auch die erforderlichen Widerstandsmomente. Die stetig verglichenen Verhältnisszahlen sind aus nachstehender Tabelle 5 ersichtlich.

Die unter Zugrundelegung dieser Verhältnisszahlen sich ergebenden zulässigen Gurtbeanspruchungen frei aufliegender Träger sind für Stützweiten bis zu 100m auf Textfigur 6 graphisch aufgetragen.

c) Beanspruchung der Fahrbananträger.

Dem Einfluss der Stöße der Fahrzeuge und der ungleichen Lastvertheilung auf die einzelnen Achsen oder Räder wird außer durch die unter II. 2 besprochene Erhöhung der Belastungen auch durch Ermäßigung der zulässigen Beanspruchungen Rechnung getragen; so setzt

Preußen

für Längs- und Querträger, wenn die Schienen unmittelbar aufliegen,  $K$  bis zu  $600^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter, wenn zwischen Schienen und Längsträger Querschwellen sich befinden,  $K$  bis zu  $650^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter und bei Überführung des Schotterbettes  $K$  bis zu  $700^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter.

Elsaß-Lothringen

ohne Rücksicht auf die Stützweite allgemein  $K = 600^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter.

Russland (1875)  
für vollwandige Träger unter 15<sup>m</sup> Stützweite und für alle Theile, die dem Stöße unmittelbar unterworfen sind (Fahrbahnträger), ebenfalls  $K = 600^{kg}$  per Quadrat-Centimeter.

Württemberg

für Fahrbahntheile  $K = 500 - 600^{kg}$  per Quadrat-Centimeter.

Frankreich  $K = 550^{kg}$  per Quadrat-Centimeter.

Eisenbahn-

Direct. Elberfeld

für ruhende Last:

$$K_1 = 1300^{kg}$$

für bewegte Last:

$$K_2 = 500^{kg}$$

per Quadr.-Centimet.

Baden

für Stützweite  $l < 10^m$

für vollwandige

Träger:

$$K_1 = 1100^{kg}$$

$$K_2 = 600 + 10 l$$

für Fachwerkträger:

$$K_1 = 1000^{kg}$$

$$K_2 = 500 + 10 l$$

Engesser

erhöht für Stützweiten  $l < 20^m$  die Verkehrs-

last um weitere

$$\left(\frac{20-l}{10}\right)^2 \% \text{ bei gewöhnlicher Fahr-}$$

bahnordnung, um

$$\left(\frac{20-l}{12}\right)^2 \% \text{ bei Schotterbett-Überführung}$$

was ebenfalls einer Ermäßigung der Beanspruchung gleich-

kommt.

Bayern, Sachsen,

Schweiz, Öster-

reich, Pennsylva-

nia und Cooper

lassen die gleichen

Beanspruchungen wie

für Hauptträger zu,

jedoch unter Berücksichtigung

der Stützweite der Quer- und

Längsträger (als frei

aufliegende Träger).

In Vorschlag

gebracht wird, für

Fahrbahnträger die

gleichen Beanspruchungen wie für Haupt-

träger zuzulassen, da

dem dynamischen Ein-

flusse der Fahrzeuge

durch Erhöhung des

ungünstigsten Achs-

druckes um 5<sup>t</sup> reich-

lich Rechnung getra-

gen ist.

Die zulässigen Beans-

pruchungen sind ebenfalls aus Textfigur 5 und 6 ersichtlich.

d) Beanspruchung für außergewöhnliche Belastung.

Elsaß-Lothringen

lässt für außergewöhnliche Belastung (Locomotivzug) eine 20% höhere Beanspruchung zu, somit für Hauptträger  $K = 900$ , für

Fahrbahnträger  $K = 720$ .

Baden

setzt  $K_1 = 1700$ , beziehungsweise  $1500^{kg}$ ;  $K_2 = 1020$ , beziehungsweise  $900^{kg}$  für vollwandige, beziehungsweise Fachwerkträger.

Engesser

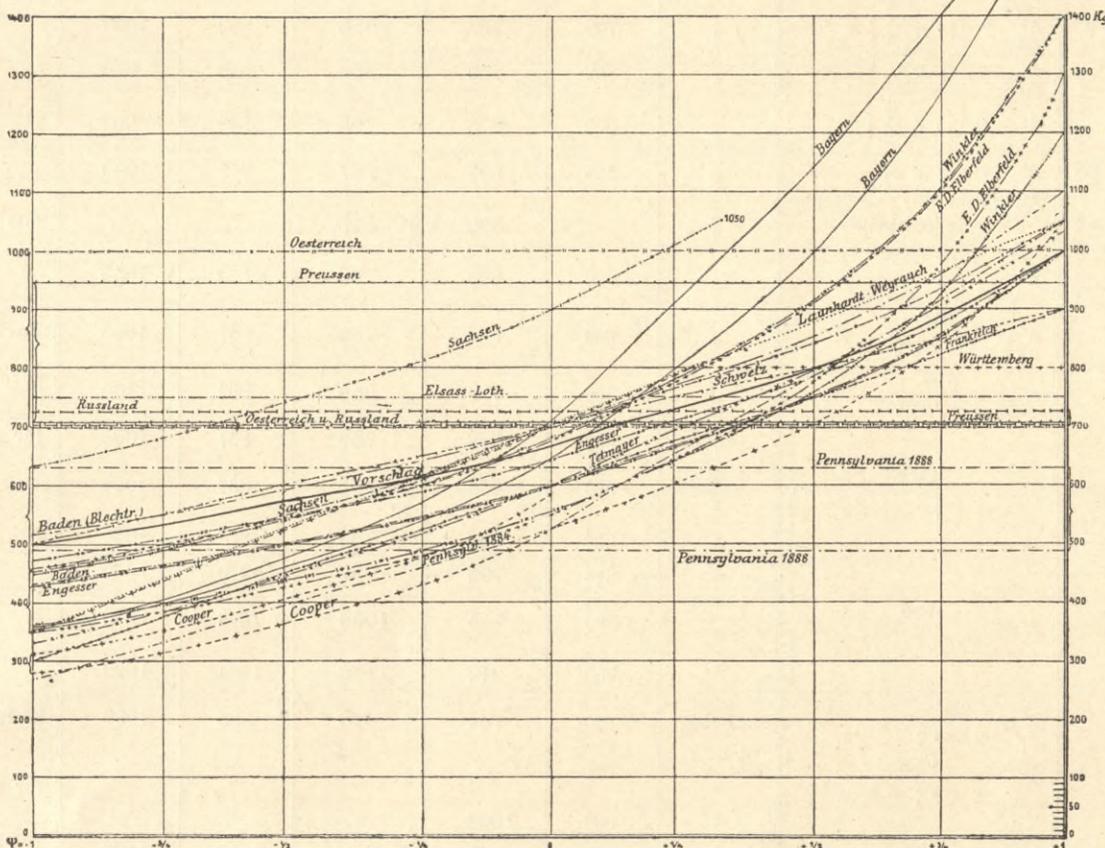
erhöht die Grundspannung  $K_1$  auf  $1500^{kg}$  per Quadrat-Centimeter. Die übrigen Vorschriften enthalten hierüber nichts.

Vorgeschlagen wird, hier 1.2  $K$  zuzulassen.

Figur 5.

ZULÄSSIGE BEANSPRUCHUNG

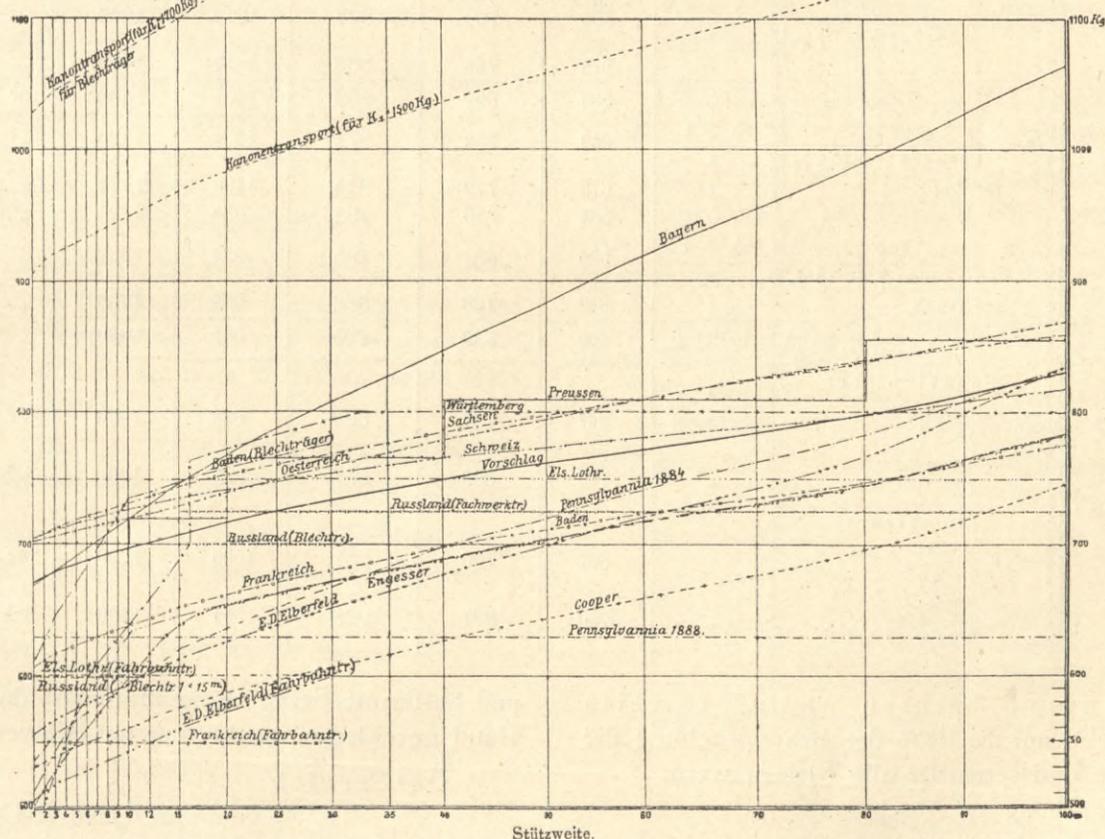
a) für Spannungen von gleichem und entgegengesetztem Sinne;  $\psi$  = Verhältnis der Grenzspannungen.



Figur 6.

ZULÄSSIGE BEANSPRUCHUNG

b) für die Gurtungen frei aufliegender Träger von 1 bis 100<sup>m</sup> Stützweite.



e) Beanspruchung ( $\sigma$ ) auf Abscherung.

Preußen, Elsaß-Lothringen und die Schweiz geben für die Beanspruchung der Constructionstheile auf Abscherung keine Vorschriften.

Württemberg setzt die Schubspannung des Stehbleches vollwandiger Träger  $\sigma = 350^{kg}$  per Quadrat-Centimeter.

Österreich für Abscheren in der Faserrichtung  $\sigma = 500^{kg}$ .

Sachsen und Frankreich verlangen  $\sigma = 0.8 K$  (und senkrecht zur Walzfaser nur  $\frac{2}{3} K$ ).

Baden setzt senkrecht zur Walzfaser:

$\sigma = 0.8 K$ ,  
parallel zur Walzfaser:  
 $\sigma = 0.7 K$  für Bleche,  
 $\sigma = 0.6 K$  „ Stab-

eisen.  
Bayern berechnet die Schubbeanspruchung nach den gleichen Formeln, wie die Zugbeanspruchung.

Russland setzt als Schubspannung der Stehbleche  $\sigma = 350^{kg}$  künftig soll  $\sigma = 0.75 K$  sein.

Pennsylvania setzt die Scherfestigkeit von Walzblechen quer zur Walzrichtung =  $350^{kg}$  per Quadrat-Centimeter, mit der Walzrichtung =  $280^{kg}$  per Quadrat-Centimeter.

In Vorschlag werden die in »Baden« giltigen Spannungen  $\sigma$  gebracht.

f) Beanspruchung der Nietverbindungen.

Die Niet- und Schraubenlöcher werden bei der Berechnung der Nutzquerschnitte in allen hier besprochenen Staaten in gezogenen und gedrückten Theilen abgezogen, nur in Russland (1875) kommt für gedrückte Theile nur der halbe Nietquerschnitt in Abzug\*).

\*) In Bayern ist nach den »Grundlagen von 1895« die Nietverschwächung in nur gedrückten Stäben in der Regel nicht in Betracht zu ziehen. In Russland soll künftig stets der ganze Nietquerschnitt abgezogen werden.

Tabelle 2.  
Zulässige Beanspruchungen: a) für Zug allein oder Druck allein.

Nach den Bestimmungen von:	Formel für $K$	$\psi_0$ Kilogr.	$\psi = 0$ Kilogr.	$\psi = 1/4$ Kilogr.	$\psi = 1/2$ Kilogr.	$\psi = 3/4$ Kilogr.	$\psi = 1$ Kilogr.	Bemerkung							
Elsaß-Lothringen...	$K$ constant .....	beliebig	750 600	750 600	750 600	750 600	750 600	für Hauptträger „ Fahrbahnträger							
Russland *) .....	$K$ constant .....	„		700 bezw. 725 600 „ 700				für Hauptträger „ Fahrbahnträger							
Österreich .....	$K = 700 + \alpha l$ .....	„		700 bis 1000				} nur von der Stützweite der Brücke abhängig							
Preußen .....	—	„		700 bis 945											
Württemberg .....	$K = 700 (1 + \frac{\psi}{2})$ .....	„	700	787	800	800	800	größte zulässige Beanspruchung — 800							
Launhardt-Weyrauch	$K = 700 (1 + \frac{\psi}{2})$ .....	„	700	787	875	962	1050	—							
Schweiz .....	$K = 700 (1 + \frac{2}{7} \psi)$ .....	„	700	750	800	850	900	—							
Frankreich .....	$K = 600 (1 + \frac{\psi}{2})$ .....	„	600	675	750	825	900	—							
Pennsylvania..	1884 $K = 525 (1 + \psi)$ .....	„	525	656	787	918	1050	—							
	1888 $K$ constant für bestimmte Constructionstheile .....								„	490 bis 840				unabhängig von $\psi$	
Cooper .....	$K = \frac{1050}{2 - \psi}$ .....	„	525	600	700	840	1050	—							
Baden .....	$K = \frac{600}{1 - 0.4 \psi}$ .....	„	600	666	750	857	1000	Fachwerkträger Blechträger für $l < 10 m$ ist $K$ kleiner							
	$K = \frac{700}{1 - \frac{3}{11} \psi}$ .....								700	770	853	962	1100		
Engesser .....	$K = \frac{1800}{3 - \psi - 0.2 \psi_0}$ .....	$\frac{\psi + 1}{2}$	600	666	750	857	1000	für $l < 20 m$ sind die Werte von $K$ kleiner							
		1	620	686	766	867	1000								
Bayern **) .....	$K = \frac{1600}{1.5 \sigma (1 - \psi)}$ .....	$\frac{\psi + 1}{2}$	646	795	997	1270	1600	$\sigma = \frac{1}{4} (3 + \sqrt{9 + 4(2\varphi + 1)^2})$ $\varphi = \frac{3\psi - \psi_0}{3(1 - \psi)}$							
		1	680	845	1066	1328	1600								
Sachsen .....	$K = \frac{6300}{9 - 3\psi}$ .....	beliebig	700	764	840	933	1050	} hierfür ist $E > \frac{3}{2} \sqrt{}$ für diese Werte ist $E < \frac{3}{2} \sqrt{}$							
	$K = \frac{6300}{9 - 3\psi - 2\psi_0}$ .....	$\frac{\psi + 1}{2}$ 1	787 900	— 1008	— —	— —	— —								
Eisenbahn-Direction Elberfeld .....	für Zug: $K = \frac{54600}{91 - 42\psi - 10\psi_0}$ für Druck: $K = \frac{200200}{364 - 143\psi - 67\psi_0}$	$\frac{\psi + 1}{2}$	600	700	840	1050	1400	für Zugspannungen							
		1	635	735	873	1076	1400	„ „							
		$\frac{\psi + 1}{2}$	674	775	910	1103	1400	„ „							
		1	550	643	774	970	1300	„ Druckspannungen							
Winkler .....	$K = \frac{770}{1.3 - 0.585\psi - 0.165\psi_0}$ für Zug $K = \frac{720}{1.3 - 0.52\psi - 0.18\psi_0}$ für Druck	$\frac{\psi + 1}{2}$	592	692	832	1044	1400	für Zugspannungen							
		1	632	733	871	1074	1400	„ „							
		$\frac{\psi + 1}{2}$	678	779	914	1106	1400	„ „							
		1	554	640	758	930	1200	„ Druckspannungen							
Tetmajer .....	$K = 600 + 350\psi + 80\psi^2$	beliebig	600	692	795	907	1030	—							
Vorschlag .....	Schweißeisen: $K = \frac{6000}{9 - 3\psi}$ .....	beliebig	667	727	800	888	1000	für gewöhnliche Fahrbahn- Anordnung							
								$K = \frac{6000}{8 - 2\psi}$ .....	750	800	857	923	1000	Schotterbett-Überführung	
								Flusseisen: $K = \frac{6000}{9 - 4\psi}$ .....	„	667	750	857	1000	1200	für gewöhnliche Fahrbahn- Anordnung
															$K = \frac{6000}{8 - 3\psi}$ .....

Elsaß-Lothringen, Sachsen und Österreich nehmen keine Rücksicht auf die Höhe der Beanspruchung der zu vernietenden Theile und setzen für alle Niete, wenn

$K'$  = Nietbeanspruchung auf Abscherung

$K''$  = Beanspruchung der Nietlochwandung auf Druck

bedeuten:

Elsaß-Lothringen:

$K' = 600^{kg}$ ,  $K'' = 1000^{kg}$  per Quadrat-Centimeter.

Sachsen:

$K' = 500^{kg}$  per Quadrat-Centimeter

\*) Vergl. Flusseisen S. 17 \*).

\*\*) Vergl. hierzu S. 9 \*).

und bestimmt bezüglich des Materials, dass alle Niete, die von Hand geschlagen werden, nur aus Schweißeisen bestehen dürfen.

Österreich:

$K' = 600^{kg}$  per Quadrat-Centimeter,

wenn der Niet nur in einer, und

$K' = 500^{kg}$  per Quadrat-Centimeter,

wenn er in mehreren Richtungen beansprucht wird;

$K'' = 1400^{kg}$  per Quadrat-Centimeter.

Preußen lässt als Scherspannung der Nietverbindungen in Hauptträgertheilen die für diese unter  $Va_4$  genannten Beanspruchungen zu, für die Befestigungsniete der Quer- und Längsträger die für die Fahrbahnträger nach  $Vc$  erlaubten

Tabelle 3.  
Zulässige Beanspruchung: b) für Wechsel von Zug und Druck.

Nach den Bestimmungen von:	Formel für $K$	$\psi_0$	$\psi = 0$ Kilogr.	$\psi = -1/4$ Kilogr.	$\psi = -1/2$ Kilogr.	$\psi = -3/4$ Kilogr.	$\psi = -1$ Kilogr.	Bemerkung
Elsaß-Lothringen ..	$K = \text{constant}$ .....	beliebig	750	750	750	750	750	für Hauptträger
Russland .....	$K = \text{constant}$ .....	"	700 bezw. 725					vergl. hiezu S. 17*)
Österreich .....	$K = 700 + \alpha l$ .....	"	700 bis 1000					} nur von der Stützweite abhängig
Preußen .....	$K = \text{constant}$ für bestimmte $l$	"	700 bis 945					
Württemberg und Launhardt-Weyrauch....	$K = 700(1 + 1/2 \psi)$ .....	"	700	612	525	437	350	—
Schweiz .....	$K = 700(1 + 2/7 \psi)$ .....	"	700	650	600	550	500	—
Frankreich .....	$K = 600(1 + 1/2 \psi)$ .....	"	600	525	450	375	300	—
Pennsylvania .....	$K = 525(1 + 1/2 \psi)$ .....	"	525	460	394	328	262	—
1884 } 1888 }	$K = \text{constant}$ für bestimmte Constructionstheile .....	"	490 bis 630					unabhängig von $\psi$
Cooper .....	$K = \frac{525}{1 - 0.8\psi - 0.1\psi_0}$ .....	$\psi$	525	429	362	314	276	—
		$\frac{\psi}{2}$	525	433	368	320	284	
		0	525	437	375	328	292	
		$1/2$	553	457	389	339	300	
		1	584	477	404	350	309	
Baden .....	$K = \frac{600}{1 - 0.4\psi}$ .....	beliebig	600	545	500	462	428	für $l < 10^m$ kleinere Werthe
	$K = \frac{700}{1 - 4/11\psi}$ .....	—	700	642	592	550	513	"
Engesser .....	$K = \frac{1800}{3 - \psi - 0.2\psi_0}$ .....	$\psi$	600	545	500	462	428	für $l < 20^m$ kleinere Werthe
		$\frac{\psi}{2}$	600	550	507	470	439	"
		0	600	553	514	480	450	"
		$1/2$	621	572	530	494	461	"
		1	643	590	546	507	471	"
Bayern .....	$K = \frac{1600}{1.5\sigma(1-\psi)}$ .....	$\psi$	646	538	459	399	351	$\sigma = 1/4[3 + \sqrt{9 + 4(2\varphi + 1)^2}]$ $\varphi = \frac{3\psi - \psi_0}{3(1-\psi)}$
		$\frac{\psi}{2}$	646	543	464	403	354	
		0	646	547	468	405	356	
		$1/2$	680	562	473	406	354	
		1	703	570	474	404	351	

Spannungen. Der Laibungsdruck darf höchstens den doppelten Wert erreichen.

Russland \*) setzt die Scherfestigkeit der Niete:

$$K' = 600^{\text{kg}} \text{ per Quadrat-Centimeter}$$

und für die Befestigungsniete der Querträger an die Hauptträger und der Längsträger an die Querträger:

$$K' = 500^{\text{kg}} \text{ per Quadrat-Centimeter;}$$

Niete in Horizontal- und Verticalverbänden:

$$K' = 750^{\text{kg}} \text{ per Quadrat-Centimeter.}$$

Schweiz und Baden (auch Engesser) lassen allgemein  $K' = 0.9 K$  zu, wenn  $K =$  Beanspruchung der zu vernietenden Constructionsglieder.  $K''$  darf in der Schweiz nicht mehr als  $3 K$  betragen; in Baden  $K'' = 2.5$  bis  $3 K$ , jedoch nicht über  $2000^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter.

Württemberg setzt  $K' = 0.8 K$  (für Fahrbahnträger also nur  $K' = 400$  bis  $480^{\text{kg}}$ )  $K'' = 1400^{\text{kg}}$  per Quadr.-Centim.

Frankreich ebenfalls  $K' = 0.8 K$ ,  $K''$  unbestimmt. Nietköpfe dürfen nicht höher als mit  $300^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter beansprucht werden.

Bayern setzt ebenfalls  $K' = 0.8 K$ ;  $K'' = 2.5 K$ .

Pennsylvania-Eisenbahn verlangt für Niete und Gelenkbolzen eine Scherfestigkeit von höchstens  $K' = 490^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter und einen Wandungsdruck  $K'' = 840^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter und eine größte Biegungsspannung von  $1050^{\text{kg}}$  per Quadrat-Centimeter.

Cooper lässt für Fabrikniete eine Beanspruchung  $K' = 0.75 K$ , für Feldniete nur  $K' = 0.66$  bis  $0.75 K$  zu, wenn  $K$  die zulässige Zugspannung bedeutet.

Vorschlag:  $K' = 0.9 K$ ,  $K'' = 2.5 K$  hat sich als genügend erwiesen, doch empfiehlt es sich, mindestens den Nutzerschnitt des anzuschließenden Stabes zu ersetzen und ins-

\*) Vergl. S. 17.

besondere bei kleiner erforderlichen Nietzahl einen Zuschlag (von etwa zwei Niete) zu machen, da hier das Losewerden nur einer oder zweier Niete die Beanspruchung der übrigen sehr bedeutend steigert.

g) Zulässige Beanspruchung mit Rücksicht auf Knicksicherheit.

Sachsen und Österreich verlangen nur, dass (längere) gedrückte Stäbe auf Knicksicherheit untersucht werden, ohne über den Sicherheitsgrad, noch über die Art der Berechnung Bestimmungen zu treffen.

Von Frankreich und Eisenbahn-Direction Elberfeld liegen keine Angaben vor.

Die Formeln, nach denen die zulässigen Beanspruchungen  $K_0$  gedrückter Stäbe mit Rücksicht auf ihre Knicksicherheit zu bestimmen sind, zerfallen in zwei Classen.

a) Unabhängig von der Druckbeanspruchung  $K$ . Es bezeichnen:

- $E =$  Elasticitätsmodul,
- $l =$  Knicklänge des Stabes,
- $F =$  voller Stabquerschnitt,
- $\mathcal{F} =$  dessen kleinstes Trägheitsmoment,
- $D =$  Druckkraft,

$$\rho = \sqrt{\frac{\mathcal{F}}{F}} \text{ Trägheitsradius, } \lambda = \frac{l}{\rho},$$

$i =$  Sicherheitsgrad gegen Ausknicken.

Elsaß-Lothringen verlangt mindestens  $i = 4$  bis  $5$  und für außerordentliche Belastung (Locomotivzug)  $i = 3.5$ . Formeln für die Berechnung werden keine angegeben, im Gebrauch ist (dem Vernehmen nach) die Euler'sche Knickformel:

$$i = \frac{10 E \mathcal{F}}{D l^2} \text{ oder } K_0 = \frac{10 E}{i^2 \lambda^2}$$

diese Formel gilt allgemein ohne Rücksicht auf die absolute Festigkeit des Materials, jedoch nur so lange, als die resultierende

Tabelle 4.  
c) Für Wechsel von Zug und Druck.

Nach den Bestimmungen von:	Formel für K	$\psi_0$	$\psi = 0$ Kilogr.	$\psi = -1/4$ Kilogr.	$\psi = -1/2$ Kilogr.	$\psi = -3/4$ Kilogr.	$\psi = -1$ Kilogr.	Bemerkung
Sachsen.....	$K = \frac{6300}{9 - 3\psi - 2\psi_0}$	$\psi$	700	615	548	494	450	
		$\frac{\psi}{2}$	700	630	573	525	485	
		0	700	646	600	560	525	
		$1/2$	788	720	664	615	573	
		1	900	812	741	680	630	
Eisenbahn-Direction Elberfeld.....	für Zug: $K = \frac{54600}{91 - 42\psi - 10\psi_0}$	$\psi$	600	525	466	420	382	für Zugspannungen
		$\frac{\psi}{2}$	600	531	477	432	396	" "
		0	600	538	488	445	410	" "
		$1/2$	635	566	510	465	426	" "
		1	675	597	535	485	444	" "
	für Druck: $K = \frac{200200}{364 - 143\psi - 67\psi_0}$	$\psi$	550	480	426	384	349	für Druckspannungen
		$\frac{\psi}{2}$	550	490	442	403	370	" "
		0	550	500	460	425	394	" "
		$1/2$	606	546	498	457	423	" "
		1	675	600	543	495	455	" "
Winkler.....	für Zug: $K = \frac{770}{1.3 - 0.585\psi - 0.165\psi_0}$	$\psi$	592	518	460	413	376	für Zugspannungen
		$\frac{\psi}{2}$	592	525	471	428	391	" "
		0	592	532	483	443	408	" "
		$1/2$	632	565	510	465	427	" "
		1	678	600	540	489	448	" "
	für Druck: $K = \frac{720}{1.3 - 0.52\psi - 0.18\psi_0}$	$\psi$	554	488	436	395	360	für Druckspannungen
		$\frac{\psi}{2}$	554	495	448	410	377	" "
		0	554	504	462	426	396	" "
		$1/2$	595	537	490	450	416	" "
		1	624	576	522	477	439	" "
Tetmajer.....	$K = 600 + 350\psi + 80\psi^2$	beliebig	600	518	445	383	330	
Vorschlag.....	Schweißisen $K = \frac{6000}{9 - 3\psi}$	beliebig	667	615	571	533	500	gewöhnliche Fahrbahnordnung
	$K = \frac{6000}{8 - 2\psi}$	"	750	705	667	631	600	Schotterbett-Überführung
	Flusseisen $K = \frac{6000}{9 - 4\psi}$	"	667	600	545	500	462	gewöhnliche Fahrbahnordnung
	$K = \frac{6000}{8 - 3\psi}$	"	750	686	632	585	546	Schotterbett-Überführung

Tabelle 5.  
Verhältnis von Eigengewicht und Verkehrslast zur Gesamtlast.

Stützweite l	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
$\frac{M_1}{M_1 + M_2}$	0.02	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.54	0.59
$\frac{M_2}{M_1 + M_2}$	0.98	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.87	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73	0.70	0.67	0.63	0.59	0.55	0.51	0.46	0.41

Knickfestigkeit ( $i K_0$ ) innerhalb der Elasticitätsgrenze liegt und gibt, sobald diese überschritten wird, zu hohe Werte für  $i$ . Die größte zulässige Beanspruchung  $K = 750^{kg}$  per Quadrat-Centimeter tritt ein für:

$$K_0 = K = 750 = \frac{10 E}{i \lambda^2} \text{ somit für } i = 4, \lambda = 81;$$

$$i = 5, \lambda = 73;$$

$$K_0 = K = 900 = \frac{10 E}{i \lambda^2} \text{ " " } i = 3.5, \lambda = 80;$$

für größere Werte von  $\lambda$  gilt hier die Euler'sche Formel, für kleinere Werte ist  $K_0 = 750$ , beziehungsweise  $900^{kg}$  per Quadrat-Centimeter zu setzen.

Preußen lässt für gedrückte Theile die gleichen Beanspruchungen zu wie für gezogene, nur ist für die Druckglieder nach der Euler'schen Formel eine fünffache Sicherheit gegen Knicken nachzuweisen. Als Grenzwerte erhalten wir hieraus für Schweißisen:

$$K_0 = K = 720 = \frac{10 E}{5 \lambda^2}, \text{ somit } \lambda = 74.5,$$

$$K_0 = K = 900 = \frac{10 E}{5 \lambda^2} \text{ " } \lambda = 65.$$

Für kleinere Werte von  $\lambda$  ist die zulässige Zugspannung maßgebend.

Schweiz unterscheidet für Werthe  $\lambda < 110$  und  $\lambda > 110$  ( $\lambda = 110$  entspricht etwa der Streck- oder Quetschgrenze) und verlangt für:

$$\lambda = 10 \text{ bis } 110 \text{ höchstens } K_0 = 750 - 3 \lambda,$$

$$\lambda > 110 \text{ " } K_0 = \frac{5000000}{\lambda^2}.$$

Diese Formel entspricht etwa vierfacher Knicksicherheit.

Cooper setzt für ruhende Last für Verkehrslast für Gurtungen  $K_0 = 1120 - 4.2 \lambda$ ,  $K_0 = 560 - 2.1 \lambda$ ,  
" Ständer  $K_0 = 980 - 5.6 \lambda$ ,  $K_0 = 490 - 2.8 \lambda$ ,  
hieraus wird  $K_0 = 0$  für  $\lambda = 252$ , beziehungsweise  $\lambda = 175$ ,

β) Abhängig von der Druckbeanspruchung K.

Württemberg schreibt in den Bestimmungen von 1889  $K_0 = \frac{K}{1 + 0.0001 \lambda^2}$  vor. Diese Formel wird jedoch zur Zeit

nicht mehr angewendet, sondern entweder  $K_0 = \frac{K}{1 + 0.00015 \lambda^2}$

oder die neuesten Tetmajer'schen Formeln, wornach für  $\lambda = 15$  bis  $110$   $K_0 = (0.82 - 0.0032 \lambda) K$

$$\text{für } \lambda \geq 110 \quad K_0 = \frac{5520 K}{\lambda^2}$$

Bayern setzt für das Ende (Anschluss) gedrückter Stäbe  $K_0 = K$ , für die Stabmitte nur gedrückter Stäbe:

$$K_0 = \frac{K}{1 + 0.0001 \lambda^2}$$

Für die Füllungsglieder von Fachwerkträgern kann die Knicklänge  $l$  zu  $\frac{4}{5}$  der geometrischen Länge angenommen werden, wenn die Knotenpunkte als steif verbunden zu betrachten sind.

Bei Wechsel von Zug und Druck, das heißt für Stäbe, deren eingrenzende Spannkraft  $M$  und  $N$  verschiedenes Vorzeichen haben, bestimmt sich der erforderliche Stabquerschnitt  $F$  aus  $F = \frac{\sigma}{1600} (U - 0.0001 \lambda^2 N)$ , worin  $\sigma$  entsprechend dem Werte  $\varphi = \frac{N(1 + 0.0001 \lambda^2)}{U - 0.0001 \lambda^2 N}$  zu bilden ist; hieraus ergibt sich

$$K_0 = \frac{1600}{1.5 \sigma [(1 - \psi) - 0.0001 \lambda^2 (\psi - 0.5 \psi_0)]}$$

$$\varphi = \frac{(1 + 0.0001 \lambda^2) (3 \psi - \psi_0)}{3 (1 - \psi) - 0.0001 \lambda^2 (3 \psi - \psi_0)}$$

Pennsylvania (1884) setzt:

$$K_0 = \frac{K}{1 + \frac{\lambda^2}{1800}} = \frac{K}{1 + 0.00056 \lambda^2}$$

Die Normen von 1888 bestimmen als Druckfestigkeit für die Flanschen von Blechträgern  $K_0 = 560^{kg}$  per Quadrat-Centimeter (gegenüber  $630^{kg}$  auf Zug). Bei Fachwerken ist die zulässige Druckbeanspruchung von dem Verhältnis  $\frac{l}{h}$  abhängig, wenn  $l =$  Stablänge bedeutet und  $h =$  kleinste Seite (Breite des Stabes). Es ist zu setzen bei:

$\left[ \begin{array}{l} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \end{array} \right]$	förmigem Querschnitt	$K_0 = 588 - 5.88 \frac{l}{h}$ ,
	" "	$K_0 = 588 - 6.16 \frac{l}{h}$ ,
	" "	$K_0 = 588 - 7.70 \frac{l}{h}$ .

Russland. Das Circular Nr. 60 von 1894 besagt nur: Für gedrückte Glieder der Hauptträger ändern sich die nach Circular Nr. 54 von 1875 zulässigen Beanspruchungen entsprechend dem Verhältnis der Länge zum kleinsten Querschnitt \*\*).

Prof. Belebubsky in St. Petersburg, der seit Anfang der Siebziger-Jahre die größeren Brücken in Russland gebaut hat, setzt

$$K_0 = \frac{K}{1 + 0.00008 \lambda^2}$$

In neuerer Zeit wird bisweilen die zulässige Beanspruchung unter Berücksichtigung fünffacher Knicksicherheit nach den von Prof. Jasinsky in St. Petersburg auf Grund der den schweizerischen Formeln ähnlichen Ausdrücken

$$K_0 = \frac{1}{5} (3387 - 14.38 \lambda) \text{ für } \lambda < 110,$$

$$K_0 = \frac{21276000}{5 \lambda^2} \text{ „ } \lambda > 110,$$

aufgestellten Tabellen berechnet.

Engesser setzt allgemein  $K_0 = K \cdot \left(1 + \frac{(K) \lambda^2}{\pi^2 \varepsilon}\right)$  oder  $K_0 = \frac{K}{1 + 0.00012 \lambda^2}$ , wenn  $(K) =$  Beanspruchung an der Quetschgrenze; zur bessern Berücksichtigung langer Stäbe empfiehlt

Engesser für den praktischen Gebrauch:  $K_0 = \frac{K}{1 + 0.00015 \lambda^2}$ , oder auch für:

$$\lambda = 0 \text{ bis } 65 \text{ (bis zur Elasticitätsgrenze) } K_0 = \frac{2350}{i}$$

$$\lambda = 65 \text{ „ } 110 \text{ („ „ Quetschgrenze) } K_0 = \frac{3455 - 17 \lambda}{i}$$

$$\lambda = > 115 \dots \dots \dots K_0 = \frac{20000000}{i \lambda^2}$$

Die Sicherheit gegen Ausknicken soll betragen:

für ruhende Belastung  $i = 2.4$  bis  $3.5$ ,

„ bewegte Last  $i = 4$  „  $7$ .

Längere Stäbe (größere  $\lambda$ ) sollen höhere Sicherheit haben.

Baden schreibt in den Bestimmungen von 1883 die Berechnung der Knicksicherheit nach der Euler'schen Formel

\*) Nach den »Grundlagen von 1895« ist für Wechselstäbe der Nutzquerschnitt (nach Abzug der Nietverschwächung)  $F = \frac{1.5 (Vz + Vd) + 0.0001 \lambda^2 N}{1200}$

\*\*\*) Die in Aussicht genommenen Vorschriften verlangen nur Berücksichtigung von  $\lambda$ .

vor  $i = \frac{\alpha E \mathcal{F}}{D l^2}$  und verlangt für Eisenbahnbrücken  $i = 5$ ;  $\alpha$  ist in der Regel  $= 10$ , kann aber auch je nach der Steifigkeit der Knotenpunkte bis 20 wachsen. Seit 1892 rechnet Baden nach den obigen Engesser'schen Werten.

Die Knicksicherheit offener Brücken wird ebenfalls nach von Engesser 1884 entwickelten Formeln berechnet. Hiernach muss, um ein Ausknicken der ganzen Trägerwand senkrecht zur Trägerebene zu verhindern, sein:

$$\mathcal{F}_1 \geq \frac{i D_1 h^2}{6 E} + \frac{i^2 D^2 h^3 l}{10 E^2 \mathcal{F}}$$

wenn bedeuten:

$\mathcal{F}_1 =$  Trägheitsmoment des Ständers in Centimetern,

$\mathcal{F} =$  „ der Gurtung „ „

$h =$  Länge des Ständers (bei vorhandenen Eckblechen entsprechend verkürzt),

$D_1 =$  Druckkraft im Ständer,

$D =$  „ in der Gurtung, in dem dem Ständer entsprechenden Querschnitt,

$l =$  mittlere Länge der an den Ständer anschließenden Gurtstäbe.

Für die Endständer gilt die Gleichung:

$$\mathcal{F}_1 \geq \frac{i D_1 l^2}{6 E} + \frac{i^2 D^2 h^3 l}{2.5 E^2 \mathcal{F}}$$

In Vorschlag wird gebracht  $K_0 = \frac{K}{1 + 0.00015 \lambda^2}$ .

In der folgenden Tabelle 6 sind für verschiedene Werte von  $\lambda$  die zugehörigen Werte von  $K_0$  berechnet: Hierbei ist für Pennsylvania (1888)  $\lambda = \frac{l}{h}$  gesetzt; es können daher diese Werte nicht direct mit den übrigen verglichen werden.

*b) Beanspruchung der Horizontalverbände.*

In Elsaß-Lothringen, Österreich, Frankreich und der Schweiz gelten für die Horizontalverbände die gleichen zulässigen Beanspruchungen, wie für die Haupttragwände.

In Preußen dürfen Glieder der Wind- und Eckverbände die unter *V a 4* für Hauptglieder bei Berücksichtigung des Winddruckes angegebenen Werte ( $K = 900$  bis  $1170^{kg}$  per Quadrat-Centimeter) erreichen; doch müssen bei Windverbänden Flacheisen mindestens  $80/10^{mm}$ , Winkeleisen mindestens  $70/70/10^{mm}$  stark sein.

Bayern lässt  $K = 800$  bis  $1200^{kg}$  per Quadrat-Centimeter für Windverbände zu.

Württemberg  $K = 800$  bis  $1200^{kg}$  per Quadrat-Centimeter, je nachdem etwaige excentrische Befestigung berücksichtigt oder vernachlässigt wird.

Baden setzt  $K = 700 + 2 l$ , höchstens aber  $K = 900^{kg}$  per Quadrat-Centimeter.

In Sachsen darf die größte zulässige Beanspruchung  $K = 1050^{kg}$  per Quadrat-Centimeter erreicht werden.

Pennsylvania setzt für Wind- und Querverbände  $K = 840^{kg}$  per Quadrat-Centimeter und

Russland für Horizontal- und Verticalverbände (auf Zug)  $K = 900^{kg}$ . In Aussicht genommen ist zu setzen  $K = 700 + 4 l$  für Flusseisen.

*2. Flusseisen.*

Die Verwendung von Flusseisen für Brücken-Constructionen ist zur Zeit in Preußen, Elsaß-Lothringen, Württemberg, Bayern, Sachsen, der Schweiz, Österreich, Frankreich und Russland zugelassen. In Amerika findet weicher Stahl (Bruchfestigkeit  $Z = 3800$  bis  $4300^{kg}$  per Quadrat-Centimeter Dehnung mindestens  $25\%$ ) — ein unserem Flusseisen in der Hauptsache gleichkommendes Material — schon seit Jahren in ausgedehntem Maße Anwendung; für sehr große Brücken und für einzelne Theile kleiner Brücken wird auch Mittelstahl ( $Z = 4300^{kg}$  bis  $4800^{kg}$  per Quadrat-Centimeter kleinste Dehnung  $20\%$ ) verwendet. Es steht zu erwarten, dass das Schweißeisen nach und nach von dem weichen Stahl verdrängt wird, doch verhalten sich manche Bahngesellschaften und Brücken-Ingenieure in dieser Hinsicht zur Zeit noch etwas zurückhaltend (vergl. Ritter 1894: »Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerikas«). In Baden ist zur Zeit die Verwendung von Flusseisen für Eisenbahnbrücken nicht gestattet.

Tabelle 6.  
Zulässige Beanspruchung mit Rücksicht auf Knicksicherheit.

$\lambda =$	0	20	40	60	80	100	120	150	200	250	300	Bemerkung
Elsaß-Lothringen.....	750 900	750 900	750 900	750 900	750 900	500 572	347 397	222 254	125 143	80 91	56 64	für $i = 4$ $K = 750$ " $i = 3.5$ $K = 900$
Preußen.....	720 bis 945				625	400	278	178	100	64	45	Euler'sche Formel $i = 5$
Schweiz.....	750	690	630	570	510	450	347	222	125	80	56	$K_0 = 750 - 3\lambda$ für $\lambda = 10$ bis 110 $K_0 = 5,000,000 : \lambda^2$ für $\lambda > 110$
Cooper, Gurtung ruhende Last... Verkehrslast....	1120 560	1036 518	952 476	868 434	784 392	700 350	616 308	490 245	280 140	70 35	0 0	$K_0 = 0$ für $\lambda = 266^{2/3}$
Ständer ruh. Last Verkehrslast....	980 490	868 434	756 378	644 322	532 266	420 210	308 154	140 70	0 0	0 0	0 0	$K_0 = 0$ für $\lambda = 175$
Württemberg	1000 K	0.945 K	0.806 K	0.650 K	0.510 K	0.400 K	0.366 K	0.288 K	0.143 K	0.096 K	0.069 K	für $K_0 = K : (1 + 0.00015 \lambda^2)$
	350	330	281	228	178	140	128	80	50	34	24	Grenzwerte für $\psi = +1$
	800	754	645	520	408	320	293	182	114	77	55	$\psi = -1$
	1000 K	0.76 K	0.69 K	0.63 K	0.56 K	0.50 K	0.38 K	0.25 K	0.14 K	0.09 K	0.06 K	Tetmajer'sche Coefficienten
Bayern.....	350	302	271	231	192	158	129	97	63	43	31	Grenzwerte für $\psi = +1$
	1600	1538	1380	1176	976	800	656	492	320	220	160	$\psi = -1$
	1000 K	0.961 K	0.862 K	0.735 K	0.610 K	0.500 K	0.410 K	0.308 K	0.200 K	0.138 K	0.100 K	—
Russland....	1000 K	0.968 K	0.886 K	0.777 K	0.728 K	0.611 K	0.465 K	0.393 K	0.238 K	0.167 K	0.122 K	$K_0 = K : (1 + 0.00008 \lambda^2)$ $K = 700$
Pennsylvania 1884	700	678	620	544	509	428	326	275	167	117	85	$K_0 = K : (1 + 0.000056 \lambda^2)$
	1000 K	0.978 K	0.920 K	0.834 K	0.737 K	0.641 K	0.555 K	0.444 K	0.308 K	0.224 K	0.167 K	Grenzwerte für $\psi = -1$
	268	262	246	223	197	172	148	118	83	60	45	$\psi = +1$
	1050	1027	966	876	774	676	582	466	322	235	175	hier ist $\lambda = \frac{l}{h}$
Tetmajer....	1000 K	0.76 K	0.69 K	0.63 K	0.56 K	0.50 K	0.38 K	0.25 K	0.14 K	0.09 K	0.06 K	Grenzwerte für $\psi = +1$
	330	240	228	208	185	165	125	83	46	30	20	$\psi = -1$
	1030	783	711	649	577	515	391	258	144	93	62	—
Engesser...	1000 K	0.945 K	0.806 K	0.650 K	0.510 K	0.400 K	0.316 K	0.228 K	0.143 K	0.096 K	0.069 K	für $K_0 = K : (1 + 0.00015 \lambda^2)$
	428	404	345	278	218	171	135	98	61	41	30	Grenzwerte für $\psi = -1$
	1000	945	806	650	510	400	316	228	143	96	69	$\psi = +1$
$i = 4$	588	588	588	588	524	440	347	222	125	80	56	$\lambda = 0 - 65 K_0 = 2350 : i$ $\lambda = 65 - 115 K_0 = (3455 - 17\lambda) : i$ $\lambda > 115$ $K_0 = 5000000 : \lambda^2 i$
	Baden ..1883 1892	K 588	K 588	K 588	K 588	$\leq 625$ 524	400 440	278 347	178 222	100 100	64 64	45 45
Vorschlag...	1000 K	0.945 K	0.806 K	0.650 K	0.510 K	0.400 K	0.316 K	0.228 K	0.143 K	0.096 K	0.069 K	$K_0 = K : (1 + 0.00015 \lambda^2)$
	500	473	403	325	255	200	158	114	72	48	35	Grenzwerte für $\psi = -1$
	1000	945	806	650	510	400	316	228	143	96	69	$\psi = +1$

In Elsaß-Lothringen, Württemberg, Bayern und Österreich gelten für Flusseisen die gleichen zulässigen Beanspruchungen wie für Schweißisen.

In Preußen\*) sind die für Flusseisen zulässigen Beanspruchungen um ein Neuntel höher, wie für Schweißisen. Für Fahrbahnträger und vollwandige Hauptträger sind die für Schweißisen gestatteten Spannungen je um 50<sup>kg</sup> zu erhöhen.

Württemberg lässt seit 1892 weiches basisches Martin-Flusseisen und seit 1894 auch Thomas Flusseisen zu. Auch die Verwendung beider Sorten für ein und dieselbe Brücke ist nach einem gewissen Systeme (alle Bleche in Martineisen, alle Universal- und Profleisen aus Thomaseisen) neuerdings gestattet; doch müssen hierbei die chemischen Analysen beigebracht werden, um weitere Anhaltspunkte für die Gleichwertigkeit des Materials zu erhalten.

(Die 1883 aufgestellten zulässigen Beanspruchungen, nämlich für Fahrbahntheile und für Brücken von Stützweiten:

$$l = 2 \text{ bis } 6^m \quad K = 550 \text{ bis } 650^{kg} \text{ per Quadr.-Cm.,}$$

$$l = 6 \text{ " } 16^m \quad K = 650 \text{ " } 750^{kg} \text{ " " " "}$$

$$l > 16^m \quad K = 850 (1 + \frac{1}{2} \psi)^{kg} \text{ " " " "}$$

jedoch höchstens  $K = 900^{kg}$  per Quadrat-Centimeter für Druck und  $K = 950$  für Zug, sodann Schubspannung für Stehbleche  $\sigma = 450$  und Druck auf die Nietlochwand  $K'' = 1600^{kg}$  per Quadrat-Centimeter — wurden 1895 wieder fallen gelassen.)

Bayern lässt ebenfalls Thomas- und Martin-Siemenseisen zu. Die Lieferungsbedingungen entsprechen für Württemberg und Bayern im allgemeinen den Normalbedingungen. Die

\*) In den preußischen Vorschriften sind die zulässigen Beanspruchungen in erster Reihe für Flusseisen angegeben, wird Schweißisen verwendet, so sind diese (für Hauptträger) um 10% zu ermäßigen.

zulässigen Beanspruchungen sind die gleichen wie für Schweißisen\*).

Österreich schreibt in der Verordnung vom 29. Jänner 1892 basisches Martin-Flusseisen vor. Die Festigkeit soll betragen  $Z = 3500$  bis  $4500^{kg}$  per Quadrat-Centimeter, die Dehnung 28 bis 22%, wobei für die Dehnung geradlinig, der Festigkeit entsprechend, zu interpolieren ist. In der Querrichtung wird gleiche Festigkeit, jedoch um 2% niedere Dehnung verlangt. Bei ein und derselben Brücke darf die Bruchfestigkeit  $Z$  um höchstens  $700^{kg}$  schwanken. Für Nietflusseisen ist  $Z = 3500$  bis  $4000^{kg}$  per Quadrat-Centimeter bei 32 bis 26% Dehnung vorgeschrieben; alle Nietlöcher müssen gebohrt sein und die Vernietungen, soweit möglich, maschinell erfolgen. Die zulässige Beanspruchung des Flusseisens ist vorläufig die gleiche, wie für Schweißisen.

Sachsen lässt sowohl basisches Martin- wie Thomas-Flusseisen zu und verlangt die in den Normalbedingungen bezeichneten Eigenschaften. Die Verkehrslast ist mit Rücksicht auf den größeren Einfluss der Stöße mit dem 1.8 fachen Betrage in Rechnung zu bringen. Die erforderlichen Nutzquerschnitte und die zulässigen Beanspruchungen ergeben sich aus folgenden Daten:

$$\text{für } E > \frac{1}{5} V_2 \quad F = \frac{E}{1530} + \frac{V_1}{850} \text{ (nur Zug oder nur Druck).}$$

$$\text{" } E > \frac{1}{10} (V_2 - V_1) \quad F = \frac{E}{2295} + \frac{V_1}{850} + \frac{V_2}{2550} \left. \begin{array}{l} \text{Wechsel von} \\ \text{Zug und} \end{array} \right\}$$

$$\text{" } E < \frac{1}{10} (V_2 - V_1) \quad F = -\frac{E}{2295} + \frac{V_1}{2550} + \frac{V_2}{850} \left. \begin{array}{l} \\ \text{Druck.} \end{array} \right\}$$

\*) Ausser der eigenen Erprobung des Materials verlangt Bayern vom Lieferanten eine Bestätigung des Hüttenwerkes, dass die angelieferten Materialsorten den vorgeschriebenen Bedingungen entsprechend erzeugt und satzweise geprüft wurden. Die Nummern dieser Sätze und die bei der Prüfung derselben ermittelten Güterwerte sind beizufügen. Dieses Verfahren ist sehr zu empfehlen.

Es ist hier  $K_1 = 1530$ ,  $K_2 = 850^{kg}$  per Quadr.-Ctm.  
Die größte zulässige Beanspruchung ist  $K_{max} = 1530^{kg}$ .

Schweiz gestattet die Verwendung von Herd- oder Converter-Flusseisen (Martin- oder Thomas-Verfahren) von einem Güterwert (Zugfestigkeit mal Dehnung) von mindestens 900, bei einer Zugfestigkeit  $Z = 3600$  bis  $4500^{kg}$  per Quadrat-Centimeter. Die zulässige Beanspruchung beträgt  $K = 800 (1 + \frac{5}{16} \psi)$  und mit Rücksicht auf die Knicksicherheit,

$$\text{für } \lambda = 10 \text{ bis } 110 \quad K_0 = 800 - 3 \lambda,$$

$$\text{„ } \lambda > 110 \quad K_0 = \frac{5500000}{\lambda^2},$$

für genietete Flusseisenträger ist die Biegungsspannung nur  $= 0.9 K$  (für Zug und Druck).

Frankreich schreibt für Flusseisen eine Festigkeit von mindestens  $Z = 4200^{kg}$  per Quadr.-Ctm. bei 22% Dehnung, für Nieteisen:  $Z = 3800^{kg}$  „ „ „ „ 28% „ vor; die Streckgrenze soll größer als  $\frac{1}{2} Z$  und kleiner als  $\frac{2}{3} Z$  sein.

Als Beanspruchungen sind zugelassen für Zug und Druck allein . . . . .  $K = 850^{kg}$  per Quadr.-Ctm., bei Wechsel von Zug und Druck .  $K = 600^{kg}$  „ „ „ für Fahrbahntheile . . . . .  $K = 750^{kg}$  „ „ „ allgemein kann auch gesetzt werden:  $K = 800 (1 + \frac{1}{2} \psi)$ , jedoch höchstens  $K_{max} = 1150^{kg}$  per Quadrat-Centimeter.

Sämmtliche Nietlöcher müssen gebohrt sein.

Russland \*) lässt folgende Beanspruchungen für Flusseisen zu:

- |  |                  |
|--|------------------|
|  | per Quadr.-Cent. |
| a) für Brücken $l < 15^m$ und Fahrbahntheile . . | $K = 650^{kg}$   |
| Schubspannung des Stehbleches . . . . .          | $\sigma = 375$ „ |
| b) für Brücken $l = 15$ bis $32^m$ Hauptträger . | $K = 725$ „      |
| Schubspannung des Stehbleches . . . . .          | $\sigma = 425$ „ |
| Horizontal- und Verticalverbände für Zug, .      | $K = 900$ „      |
| „ „ „ „ Druck                                    | $K = 800$ „      |
| c) für Brücken $l > 32^m$ ,                      |                  |
| Hauptträger: Gurtung . . . . .                   | $K = 775$ „      |
| Streben und Ständer . . . . .                    | $K = 750$ „      |
| Schubspannung der Verticalwand . . . . .         | $\sigma = 475$ „ |
| Horizontal- und Verticalverbände für Zug .       | $K = 959$ „      |
| „ „ „ „ Druck                                    | $K = 850$ „      |

In gedrückten Stäben ist nur der halbe Nietquerschnitt abzuziehen. Bei gleichzeitiger Benützung von Schweiß- und Flusseisen an demselben Bauwerke müssen ganze Theile, nämlich Ober- und Untergurt, Streben und Ständer, Längs- und Querträger, Querverbände vollständig aus demselben Materiale hergestellt sein.

In Amerika wird nach Cooper für Flusseisen verlangt  $Z = 3780$  bis  $4340^{kg}$  bei 25% Dehnung, und die zulässige Beanspruchung  $= 1.2 K$  gesetzt.

Engesser empfiehlt für Flusseisen allgemein als Grundspannung zu setzen  $K_1 = 400 + 0.2 Z$ ; hieraus folgt für weiches Material von  $Z = 3500^{kg}$  und mindestens 25% Dehnung  $K_1 = 1100^{kg}$ ; für  $Z = 4000^{kg}$   $K_1 = 1200$ ; für  $Z = 6000^{kg}$   $K_1 = 1600^{kg}$ ; für das in gewöhnlichen Fällen zu verwendende weiche Material ( $Z < 4400^{kg}$  per Quadrat-Centimeter) kann  $K_1 = 1200^{kg}$  gesetzt werden. Die Bestimmung der zulässigen Beanspruchung erfolgt im übrigen wie für Schweißisen; auch soll die Knicksicherheit die gleiche sein. Für härtere Sorten ( $Z > 4400$ ) sind die dynamischen Wirkungen der Verkehrslast in höherem Maße zu berücksichtigen, wie bei Schweißisen.

\*) Nach Mittheilung des Prof. Belubsky in Petersburg in der russischen Zeitschrift „Ingenieur“ in Kiew, Nr. 5, vom Mai 1896, S. 238, ist in Aussicht genommen, die neuen Vorschriften über die zuverlässigen Beanspruchungen vorerst nur für Flusseisen festzusetzen und zu bestimmen.

Bruchfestigkeit mindestens  $3500^{kg}$ , Dehnung mindestens 20%, Güterwert mindestens 900.

Zulässige Beanspruchung für Zug und Druck . . . . .  $K = 700 + 2 l$   
Wird der Einfluss des Windes zugerechnet . . . . .  $K = 700 + 4 l$   
 $l =$  Stützweite in Meter.

Für gedrückte Theile sind diese Werte noch unter Berücksichtigung von  $\lambda$  zu reducieren und außerdem bei Stäben mit Zug und Druck noch obige Werte von  $K$  um  $100^{kg}$  zu verkleinern.

Für Fahrbahnträger ist  $K = 700^{kg}$  zu wählen.

Nietbeanspruchung  $K' = 0.8 K$ , jedoch höchstens  $700^{kg}$  (bezw.  $800^{kg}$  bei Windberücksichtigung; für Stäbe mit nur Zug oder Druck und nur  $600^{kg}$  für Wechselstäbe; für Horizontalverbände  $K = 700 + 4 l$ .)

Tetmajer empfiehlt für Flusseisen zu setzen:

$$K = 700 + 430 \psi + 100 \psi^2.$$

In Vorschlag wird gebracht Flusseisen, das den Normalbedingungen für die Lieferungen von Eisenconstructions, aufgestellt vom Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, etc. (1893) entspricht, im Brückenbau zuzulassen. Die zulässige Beanspruchung kann für ruhende Belastung auf  $K_1 = 1200^{kg}$  per Quadrat-Centimeter festgesetzt werden; dagegen soll trotz der größeren absoluten Festigkeit für die Verkehrslast keine höhere Beanspruchung wie für Schweißisen ( $K_2 = 666 \frac{2}{3}^{kg}$  bei gewöhnlicher Fahrbahnordnung,  $750^{kg}$  bei Schotterbettüberführung zugelassen werden, um der größeren Empfindlichkeit dieses Materials gegen Stöße etc. Rechnung zu tragen.

Die Formel für die zulässige Beanspruchung ist analog jener für Schweißisen gebildet und lautet:

für Träger mit gewöhnlicher Fahrbahnordnung  $K = \frac{6000}{9 - 4 \psi}$ ,  
„ „ „ Schotterbett-Überführung . . . .  $K = \frac{6000}{8 - 3 \psi}$ ;

für negative  $\psi$  (das heißt bei Wechsel von Zug und Druck) ergeben diese Formeln kleinere Werte, wie für Schweißisen, was in der größeren Empfindlichkeit des Flusseisens gegen Spannungswechsel wohl begründet ist. Für Fahrbahnträger, für welche  $\psi$  stets klein ist, geht die zulässige Beanspruchung nur unwesentlich über jene für Schweißisen hinaus. (Vergl. Tabelle 2 und 4.)

3. Gusseisen.

Für freitragende Constructiontheile ist die Verwendung von Gusseisen im Allgemeinen ausgeschlossen. Theile, für welche Gusseisen zulässig ist, dürfen per Quadrat-Centimeter beansprucht werden.

	auf Zug:	auf Druck
in Elsaß-Lothringen . . . . .	250	750
in Sachsen . . . . .	250	750
Eisenbahn-Direction Elberfeld für Säulen und Lager . . . . .	250	500
in Oesterreich (Zug bei Biegung bis 300) sonst . . . . .	200	700
in der Schweiz . . . . .	250	700
(für Säulen $K_0 = \frac{700}{1 + 0.0006 \lambda^2}$ )		
in Baden . . . . .	$\left\{ \begin{matrix} K_1 = 300, \\ K_2 = 150 \end{matrix} \right.$	$\left\{ \begin{matrix} K_1 = 1500 \\ K_2 = 750 \end{matrix} \right.$
in Frankreich (Biegung 250) . . . . .	150	600
in Bayern . . . . .	$\left\{ \begin{matrix} \text{keine Be-} \\ \text{stimmung} \end{matrix} \right.$	$\left\{ \begin{matrix} K_2 = 1000 \\ K_1 = 666 \end{matrix} \right.$
Vorschlag . . . . .	250	750

VI. Erforderliche Widerstandsmomente für frei aufliegende Träger.

1. Für Hauptträger.

Die erforderlichen Nutzquerschnitte der einzelnen Brückentheile sind einerseits von der Größe der Belastung, andererseits von der zugelassenen Beanspruchung abhängig. Beide Werte sind, wie dies besonders aus den graphischen Darstellungen auf Textfiguren 2, 3, 5 und 6 hervorgeht, in den einzelnen Berechnungsvorschriften sehr verschieden. Den Vergleich für erforderliche Querschnitte durchzuführen, empfiehlt sich nicht.

Es werden deshalb als einheitliche Grundlagen für den Vergleich der Tragfähigkeit der nach den einzelnen Vorschriften berechneten und gebauten Brücken die für die Verkehrslast erforderlichen Widerstandsmomente freiaufliegender Träger  $W = M_2 : K$  gewählt.

Diese wurden auf Grund der in den Textfiguren 2, 3 und 6 enthaltenen Werthe berechnet, zur bequemeren graphischen Darstellung aber die Widerstandsmomente noch durch die Stützweite getheilt und  $\frac{W}{l} = \frac{\text{Widerstandsmoment}}{\text{Stützweite}}$  in den Textfiguren 8 und 9 aufgetragen, und zwar getrennt für Stützweiten von 2 bis  $30^m$  und von 25 bis  $100^m$ .

In Textfigur 8 ist hierbei zu unterscheiden:

- a) für Baden und Pennsylvania zwischen Blechträgern und Fachwerkträgern;
- b) für Elsaß-Lothringen, Eisenbahn-Direction Elberfeld und Frankreich zwischen Fahrbahnträgern und Hauptträgern.

Diese Darstellungen in Fig. 8 und 9 zeigen deutlich, wie erheblich der Unterschied der Stärke von Brücken gleicher Stützweite in den einzelnen Ländern ist.

2. Für Fahrbahnträger.

Die Stärke des Einbaues (Querträger und secundärer Längsträger) soll auf der gleichen Grundlage wie die Hauptträger verglichen werden. Für die Fahrbahnlängsträger gelten unmittelbar die für Hauptträger ohne Einbau (Fahrbahnträger) gegebenen Werte.

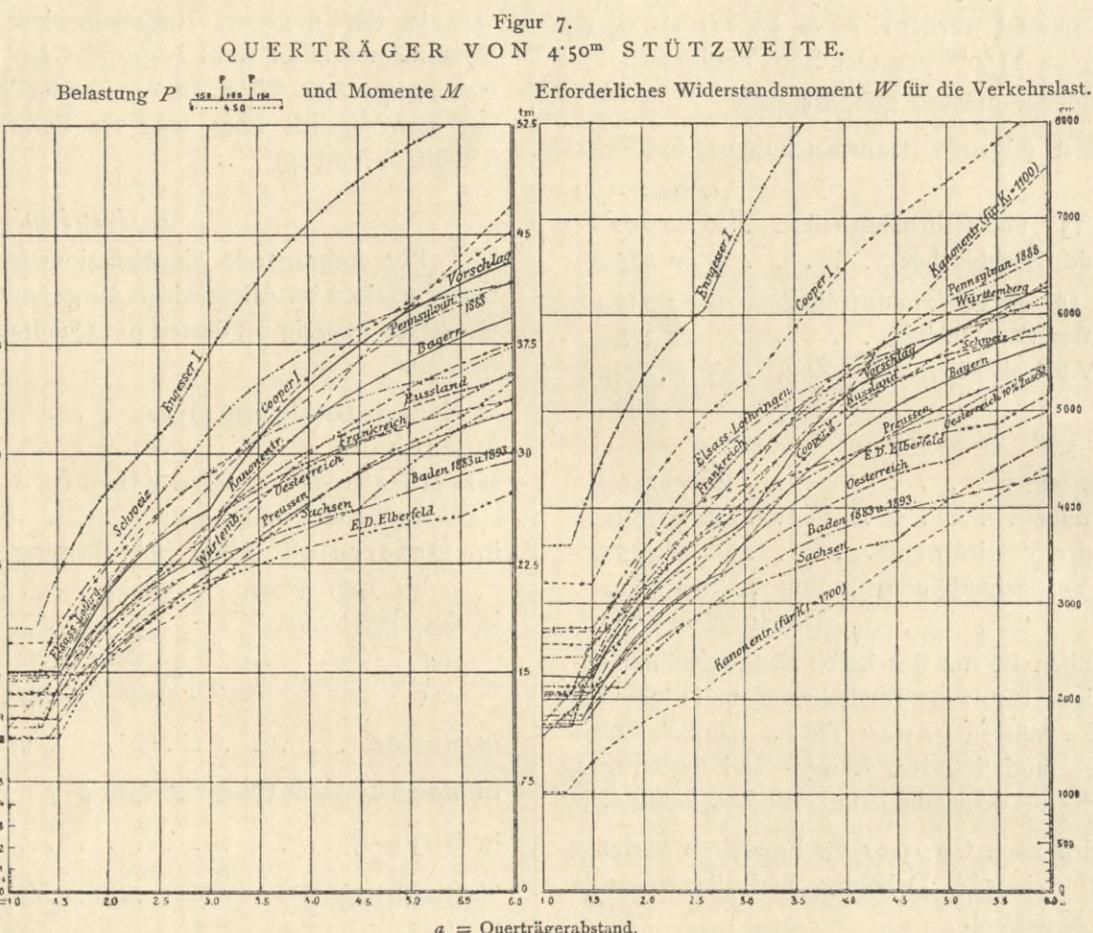
Für die Querträger sollen die für die Verkehrslast erforderlichen Widerstandsmomente  $W$ , und zwar für eine Stützweite von  $4.50^m$ , besonders berechnet werden. Als zulässige Beanspruchung wird hierbei jeweils derjenige Wert von  $K$  eingeführt, der dem zugehörigen Fahrbahnlängsträger (Querträgerabstand) zukommt.

Die resultierenden Werte  $W$  sind aus Textfigur 7 ersichtlich. Die höchsten Werte erreichen hier ungefähr den doppelten Betrag der niedersten.

Für Baden wurden Blechträger vorausgesetzt und für Kanonentransporte die Widerstandsmomente bei normaler Beanspruchung, sowie für die bei außergewöhnlicher Belastung zulässige ( $K_1 = 1700$ ,  $K_2 = 1020^{kg}$ ) berechnet.

Für Österreich ist auch die Curve mit  $10\%$  Zuschlag (vergl. II. 2) beigelegt.

Für Preußen sind die Fahrbahnträger unter Annahme unmittelbarer Schienenauflagerung ( $K = 600^{kg}$  per Quadrat-Centimeter) berechnet. Sind Querschwellen vorhanden, so sind die Widerstandsmomente um ein Dreizehntel und bei Schotterbett-Überführung um ein Siebentel zu ermäßigen.



Figur 7. QUERTRÄGER VON 4.50<sup>m</sup> STÜTZWEITE.

	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$h$	$a$
	Kilogramm			Meter	
4. Württemberg	150	250	420	2.80	1.95
5. Baden					
(Engesser) ..	150	250	450	3.00	2.00
6. Sachsen.....	150	250	480	3.20	2.00
7. Bayern.....	150	300	525	3.50	1.75
8. Österreich..	170	270	425	2.50	1.75
9. Frankreich .	170	270	510	3.00	2.00
10. Russland ...	132	264	—	—	—

11. Cooper setzt für Brücken mit unten liegender Fahrbahn (in Amerika gebräuchlichste Construction) für den lauf. Meter Obergurt und Untergurt je  $225^{kg}$  und für den lauf. Meter Eisenbahnzug  $450^{kg}$ .

12. Pennsylvania für den Windverband in der Ebene der Fahrbahn  $300^{kg}$  per lauf. Meter, für den andern  $185^{kg}$  per lauf. Meter. Winddruck auf den Zug  $W_3 = 450^{kg}$  per lauf. Meter. Bei Blechträgern wird ein Winddruck von  $150^{kg}$  per Quadrat-Meter angenommen, die Träger- und Fahrbahnfläche aber  $1\frac{1}{3}$  fach in Rechnung gesetzt, was einem  $W_1 = 200^{kg}$  per Quadrat-Meter gleichkommt.

Der Wind wird stets senkrecht auf die Träger wirkend angenommen und der erste dem Winde direct ausgesetzte Träger mit seiner tatsächlichen Ansichtfläche in Rechnung gesetzt; für den oder die zurückliegenden Träger kommt die vom Zuge, für den Zug bei zwischen den Trägern liegender Fahrbahn die von den davorstehenden Trägern gedeckte Fläche in Abzug.

In Elsaß-Lothringen und Bayern wird der zweite Träger mit seiner ganzen Fläche, — soweit nicht vom Zuge gedeckt — berücksichtigt,

in Württemberg nur mit halber Fläche.

Baden verlangt nur Berücksichtigung der zurück liegenden Träger, ohne Bestimmungen über die Art der Berechnung zu treffen.

In Preußen ist die Angriffsfläche nach den wirklichen Abmessungen der Theile schätzungsweise zu bestimmen.

Die sächsische Verordnung erwähnt diesen Punkt nicht.

In Amerika wird (nach Cooper) keine Rücksicht auf die windabwärts liegenden Träger genommen.

In der Schweiz ist die wirksame Ansichtfläche  $F$  zu ermitteln aus:

$$F = (Fg' - Fm') + (Fg'' - Fm'') \frac{Fm'}{Fg'} + (Fg''' - Fm''') \frac{Fm'}{Fg'} \cdot \frac{Fm''}{Fg''} + \dots$$

wenn  $Fg, Fg', Fg'' \dots$  die ganze Umrissfläche und  $Fm, Fm', Fm'' \dots$  die Maschenfläche der hintereinanderstehenden Tragwände bedeuten.

Die vom Zuge gedeckte Fläche kommt in Abzug, ebenso die von den Trägern gedeckte Zugfläche.

Für nur zwei Träger erhält man  $F = Fg - \frac{Fm^2}{Fg}$ .

VII. Horizontalkräfte.

1. Winddruck.

Bezeichnet  $W_1 =$  Winddruck für den Quadrat-Meter getroffene Fläche bei belasteter Brücke,

$W_2 =$  dto. bei unbelasteter Brücke,

$W_3 =$  Winddruck für den lauf. Meter Eisenbahnzug, letzteren als fortschreitendes Rechteck gedacht und:

$h =$  Höhe dieses Rechteckes,

$a =$  Abstand des Schwerpunktes über dem Geleise,

dann setzen für:

	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$h$	$a$
	Kilogramm			Meter	
1. Schweiz.....	100	150	300	3.00	2.00
2. Preußen ....	150	250	450	3.00	1.50
3. Elsaß-Lothringen.	150	250	400	—	—



der Hauptträger durch den Winddruck nur dann zu untersuchen, wenn zu erwarten ist, dass diese mehr betragen als 20% der durch die ruhende und bewegte Last hervorgerufenen Kräfte. Die zulässige Beanspruchung soll dann 1.2  $K$  betragen dürfen.

### 2. Centrifugalkraft.

Durch die Bahncurven wird außer der ungleichen Kraftvertheilung auf die Hauptträger noch die Centrifugalkraft bedingt, die den Wert  $C = \frac{Pv^2}{9.81 R}$  besitzt, wenn  $P$  die Verkehrslast,  $v$  die Geschwindigkeit und  $R$  den Radius der Bahn in Meter bezeichnen.

Baden setzt allgemein  $C = \frac{1800}{R} \%$  der Verkehrslast (Schubkräfte). Die Vertheilung der Verkehrslast auf die Träger bei gekrümmter Bahnachse geschieht folgendermaßen:

Bezeichnet  $x$  = Entfernung von Bogenachse und Brückenachse,

$H$  = Höhe des Fahrzeug-Schwerpunktes über dem Windverband (Höhe des Schwerpunktes über Schienen circa 1.5<sup>m</sup>),

$R$  = Bahnradius,  $h$  = Schienenüberhöhung,

$p$  = Bogenpfeil,  $b$  = Trägerentfernung,

ferner  $z = x + \frac{5H}{R} - h$ ,

so ist der Antheil des äußeren Trägers bezüglich des Momentes

$$\delta = \frac{1}{2} + \frac{6z - p}{6b},$$

der Schubkräfte beim Auflager  $\delta = \frac{1}{2} + \frac{3z - p}{3b}$ ,

in  $\frac{3}{4}$  der Stützweite  $\delta = \frac{1}{2} + \frac{8z - p}{8b}$ ,

"  $\frac{1}{2}$  " "  $\delta = \frac{1}{2} + \frac{6z - p}{6b}$ ,

"  $\frac{1}{4}$  " "  $\delta = \frac{1}{2} + \frac{2z - p}{2b}$ .

Für den inneren Träger ist der zweite Summand jeweils negativ zu nehmen.

Bayern setzt in der Regel  $C = \frac{45P}{R}$  (das heißt  $v = 21^m$  per Secunde); ferner ist die Schienenüberhöhung besonders zu berücksichtigen.

Sachsen führt in jedem einzelnen Falle die größte zulässige Geschwindigkeit  $v$  ein und unterscheidet (wie auch Bayern) bei der Lastvertheilung in Curven zwischen ruhender Belastung für den inneren und Schnellfahrt für den äußeren Träger, macht aber (wie auch Baden und Bayern) in der Regel beide Träger gleich stark.

Württemberg vertheilt in Curven die Verkehrslast nach der Formel  $q (1 \pm 0.93 h)$ , wenn  $q$  = Belastungsgleichwert und  $h$  = Überhöhung des äußeren Schienenstranges.

In Preußen ist der durch die Bahnkrümmung bedingte Einfluss (Centrifugalkraft etc.) zu berücksichtigen, sofern er nicht als zu geringfügig außeracht gelassen werden kann.

Pennsylvania: In Curven sind  $\frac{5250}{R} \%$  (per Grad Krümmung 3%) der Verkehrslast hinzuzufügen und die Gurtungen und Querträger entsprechend zu verstärken.

Die übrigen Vorschriften geben hierfür keine besonderen Weisungen.

In den Vorschlag wurden die Bestimmungen aufgenommen:  $C = (4500 : R) \%$ .

### 3. Seitenstöße der Fahrzeuge.

Die durch die Seitenstöße der Fahrzeuge verursachten Horizontalkräfte werden im allgemeinen nicht besonders berücksichtigt, vielmehr sind diese unter den für Winddruck eingeführten Kräfte inbegriffen; nur Bayern führt die Seitenstöße mit 4% der Verkehrslast in Rechnung, und Württemberg bestimmt, dass der grösste Seitenstoß der Vorderachse einer Maschine zu 4000<sup>kg</sup> angenommen werden kann.

In Sachsen sind die Horizontalverstrebenungen mindestens unter der Annahme von wagerechten Kräften, welche die halbe Größe der von der Verkehrslast herrührenden verticalen Schubkräfte erreichen, zu berechnen. Hier werden also Winddruck, der Centrifugalkraft und Seitenstöße Fahrzeuge zusammen

mindestens einer halben Verkehrslast gleichgesetzt. Diese weitgehende Annahme wird durch die hohe zulässige Beanspruchung ( $K = 1050^{kg}$ ) wesentlich herabgemindert.

Die durch die Horizontalkräfte beeinflusste Stabilität der eisernen Überbauten soll nach den Schweizer Vorschriften eine zweifache, in Württemberg mindestens 1  $\frac{1}{4}$  fache Sicherheit bieten. In den übrigen Vorschriften ist hierfür keine Grenze festgesetzt.

### VIII. Einfluss der Temperatur.

Die Berücksichtigung des Temperatur-Einflusses ist vorgeschrieben:

in Württemberg nur bei Bogenbrücken;

in Baden bei Bogenbrücken und continuierlichen Trägern;

in Sachsen bei Bogenbrücken und continuierlichen Trägern auf hohen eisernen Pfeilern;

in Österreich bei Bogenbrücken, continuierlichen Trägern und bei eisernen Pfeilern und wo sonst nöthig;

in der Schweiz bei Bogenbrücken und eisernen Pfeilern, und zwar mit 25° C. über und unter der mittleren Ortstemperatur;

in Preußen, wenn es die Bauart bedingt; als Grenzen der Wärmeschwankungen gelten - 25° C. und + 45° C.;

in Amerika wird (nach Cooper) ein Temperatur-Unterschied von 80° C. in Rechnung gesetzt;

Frankreich verlangt allgemein Temperatur-Berücksichtigung;

Elsaß-Lothringen bestimmt hierüber nichts;

Bayern rechnet mit einem Temperatur-Unterschied von 60° C. (von - 20° auf + 40° C.).

Vorgeschlagen wird, den Temperatur-Unterschied in der Regel zu 60° C. anzunehmen; doch kann bei Bogenbrücken zur Berücksichtigung etwaiger ungleicher Erwärmung etc. auch ein höherer Temperatur-Unterschied bis zu 90° C. in Rechnung gesetzt werden.

### IX. Zusatzkräfte und Nebenspannungen.

Außer den unter »Horizontalkräften« bereits behandelten Zusatzkräften der Hauptträger werden in der Regel nur die durch directe Kraftübertragung (unmittelbar auf den Hauptträgern ruhendes Geleise) oder Übertragung der Geleisebelastung zwischen den Knotenpunkten u. dgl. hervorgerufenen zusätzlichen Beanspruchungen berücksichtigt, so in Baden, Württemberg, Bayern und Russland. Die französischen Vorschriften verlangen allgemein — ohne weitere Erläuterung — die Berücksichtigung der Zusatzkräfte und ebenso der Nebenspannungen. In Baden und Sachsen bleiben die Nebenspannungen in der Regel außer Betracht; wo diese jedoch in außergewöhnlicher Stärke zu erwarten sind, sollen die zulässigen Beanspruchungen schätzungsweise erniedrigt werden.

Für Träger  $n$ -fachen Systems, die für die Berechnung in  $n$ -Träger einfachen Systems mit je  $\frac{1}{n}$  Belastung zu zerlegen sind, schreibt Baden, um der Ungenauigkeit dieser Annahme Rechnung zu tragen, vor, die Beanspruchung der Wandstäbe an den Auflagern um 5 bis 10%, in Trägermitte um 10 bis 15% zu ermäßigen, ebenso die Gurtbeanspruchungen an den Auflagern um 5 bis 10% zu verringern, in Trägermitte aber den gleichen Wert, wie beim einfachen System beizubehalten. Für die übrigen Stäbe ist entsprechend zu interpolieren. Auf Parallelträger doppelten symmetrischen Systems mit Verticalen findet diese Bestimmung jedoch keine Anwendung.

In Preußen brauchen die Nebenspannungen infolge steifer Knotenpunkte und festen Anschlusses der Fahrträger unter sich und mit den Hauptträgern in der Regel nicht in Rechnung gestellt zu werden. Wo dies jedoch für nothwendig gehalten wird, ist zu prüfen, ob und in welchem Umfange eine Erhöhung der festgesetzten Spannungsgrenzen zulässig erscheint. Im übrigen wird die Wahl der Rechnungsverfahren und die Art der Querschnittsermittlung freigelassen.

Der Einfluss excentrischer Befestigung der Constructionstheile ist in Württemberg zu berücksichtigen, und dürfen hierbei die zulässigen Beanspruchungen  $K$  nicht überschritten

werden; auch die Pennsylvania-Eisenbahn verlangt, dass etwaige excentrische Anordnung der Gelenkbolzen bei der Querschnittsbestimmung berücksichtigt wird.

Bei neuen Brückenüberbauten ist auf möglichste Vermeidung der Nebenspannungen Bedacht zu nehmen; die amerikanischen Gelenkbolzenbrücken zeigen hierin einen Vorzug gegen die bei uns gebräuchlichen Brücken mit festen Knotenpunkten, bieten dagegen geringere Sicherheit gegen Knicken und gegen außergewöhnliche Belastung (vergl. Engesser: »Nebenspannungen«, S. 187).

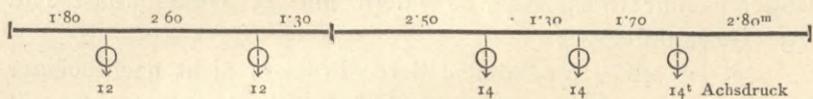
#### X. Constructive Vorschriften und Verschiedenes.

In Baden ist thunlichste Vertheilung der Stöße üblich. Kleinere Brücken, namentlich auf Stationen, erhalten in der Regel Schotterbett-Überführungen, bis zu 2<sup>m</sup> auf einer einfachen oder doppelten Schienenlage. Bei zweigeleisigen Brücken ist das eine Geleise vollbelastet anzunehmen, für das zweite Geleise werden nur 90% der Nebenbahnbelastung in Rechnung gesetzt.

Württemberg. Sich kreuzende Füllglieder (Streben) dürfen nicht vernietet werden (eventuell Schrauben mit 2<sup>mm</sup> größeren Löchern); Gegenstreben sind soweit thunlich zu vermeiden; Stöße womöglich direct und beiderseits zu decken und bei großen Brücken zusammen zu legen. Streben — auch Zugstreben — thunlichst aus Profileisen. Horizontalverbände in der Regel aus  $\perp$ -Eisen. Gehwegbelastung auf Bahnhöfen  $q = 350^{kg}$  per Quadrat-Meter, auf freier Bahn  $q = 200^{kg}$  per Quadrat-Meter. Entfernung der Geländerpfosten in der Regel 2.4<sup>m</sup>, mindestens aber 2.1<sup>m</sup> von der nächsten Geleisachse. Für kleinere Brücken möglichst Überführung des Schotterbettes.

Continuierliche Träger unter 20<sup>m</sup> Stützweite sind für Einzelasten zu berechnen. Die Beanspruchung ist:  $K = b \left(1 + \frac{1}{2} \psi\right)$ , worin für  $l = 2^m$  bis  $6^m$ ,  $b = 500^{kg}$  bis  $600^{kg}$ , für  $l = 6^m$  bis  $16^m$ ,  $b = 600$  bis  $700^{kg}$  und für  $l > 16^m$   $b = 700^{kg}$  per Quadrat-Centimeter, höchstens aber  $K_{max} = 800^{kg}$  per Quadr.-Ctm. beträgt.

Die Controlrechnung bestehender Brücken ist für einen Zug aus nur Locomotiven — alle Maschinen vorwärtstehend — folgender Gattung auszuführen:



Preußen. Die Eckverbände sind stets, die Windverbände, soweit zugänglich, aus steifen Stäben zu bilden. Für solche Stäbe genügt der Nachweis einer nur zweifachen Knicksicherheit, wenn dieselben paarweise angeordnet und so bemessen und angeschlossen sind, dass der auf Zug beanspruchte Stab bei etwaigem Ausbiegen des Gegenstabes die zu übertragende Kraft allein aufnehmen kann. Jeder Anschluss eines zur Übertragung wesentlicher Kräfte dienenden Stabes muss bei Flacheisen mindestens zwei, bei Winkeleisen mindestens drei Niete erhalten.

Sachsen. Die Verwendung von Flacheisen, auch für gezogene Stäbe, ist möglichst zu beschränken; insbesondere sind Flacheisen für horizontale und verticale Verbände nicht zulässig. Futterringe sind zu vermeiden. Bei Anschlüssen und Stößen ist unmittelbare Kraftübertragung und doppelschnittige Nietverbindung zu erstreben. Zweigeleisige Brücken sind als auf beiden Geleisen (voll) belastet anzunehmen.

Bayern bestimmt als Belastung der nur Bahnzwecken dienenden Gehwege von Eisenbahnbrücken  $q = 300^{kg}$  per Quadrat-Meter. Die Belastung erfolgt jedoch nicht gleichzeitig mit der Verkehrslast. Zugstrennungen sind bei der Berechnung nicht zu berücksichtigen \*).

Eisenbahn-Direction Elberfeld. Geländerentfernung auf Brücken mindestens 2.25<sup>m</sup> von der nächsten Geleisachse.

Österreich. Gurtung, Streben und Geländer müssen bis auf 2<sup>m</sup> Höhe über der Bedielung mindestens 2.15<sup>m</sup> von der Geleisachse entfernt sein; ebensoweit muss die Bedielung reichen.

\*) Für Brücken ist Holzquerschwellen-Oberbau vorgeschrieben und unmittelbare Schienenauflagerung nur ausnahmsweise zulässig. Möglichst viele Constructionstheile sollen in der Werkstätte vernietet werden können. Zu wählen sind in der Regel bis 10<sup>m</sup> Stützweite Walzträger, bis 25<sup>m</sup> Blechbalken, bis 35<sup>m</sup> Fachwerk ohne Quer- und Schwellenträger. Steife Querverbindungen thunlichst einfachen Systems. Geländerabstand mindestens 2.3<sup>m</sup> von der Geleisachse.

Für Verticalständer und Verticalversteifungen ist mindestens das Lichtprofil freizuhalten. Brücken über 20<sup>m</sup> Gesamtlänge erhalten besondere Vorkehrungen gegen Entgleisung (Sicherheitslangschwelen oder Schienen in mindestens 16<sup>cm</sup> Abstand).

Für die Berechnung der Streben continuierlicher Träger sind in der betrachteten Öffnung die Belastungsgleichwerte ( $q_1$ ) für die Schubkräfte, in den übrigen Öffnungen nur  $q$  (für Momente) zu wählen.

Bestehende Brücken sind für zwei der schwersten Locomotiven der Strecke und beladenen Güterwagen zu berechnen und dürfen hierbei höchstens mit  $K = 950^{kg}$  per Quadrat-Centimeter für Zug, Druck und Abscherung und  $K = 750^{kg}$  per Quadrat-Centimeter für Niete beansprucht sein; wird der Einfluss des Windes berücksichtigt, so ist  $K = 1050$ , beziehungsweise  $800^{kg}$  per Quadrat-Centimeter erlaubt.

Ungarn s. Nachtrag. (Zu X.)

Schweiz. Bei Bogenbrücken und continuierlichen Trägern sind nur diejenigen Laststellungen zu berücksichtigen, die ohne Zugstrennung möglich sind.

Bestehende Brücken dürfen bis zu 30% höher beansprucht werden, je nach der Güte der Brücke. Verstärkungen sind aber nach den vorgeschriebenen Belastungen und Beanspruchungen auszuführen.

Frankreich. Bestehende Brücken sind nachzurechnen und nöthigenfalls so zu verstärken, dass sie den neuen Bestimmungen entsprechen.

Russland. Für Brücken bis zu  $l = 6.40^m$  Stützweite sind die gusseisernen Lagerplatten auf hölzerne Mauerlatten zu verlegen. Bis  $l = 15^m$  Stützweite werden Gleitlager verwendet; größere Brücken ( $l > 15^m$ ) erhalten Rollenlager, Brücken über  $l = 25.6^m$  Stützweite außerdem noch Kipplager.

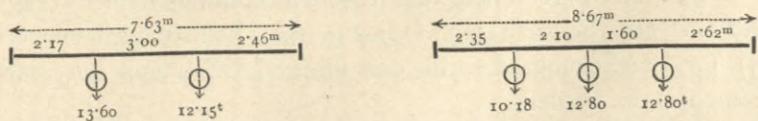
Pennsylvania-Eisenbahn. Zweigeleisige Brücken sind für volle Belastung beider Geleise zu berechnen. Im allgemeinen sind Fachwerkträger einfachen Systems (Pratt-Träger) mit Zugdiagonalen vorgeschrieben. Sich kreuzende Diagonalen dürfen sich entweder gar nicht berühren, oder sind an der Kreuzungsstelle zu vernieten. Bei Blechträgern sollen die Gurtwinkel den größten Theil des Gurtquerschnittes ausmachen; das Stehblech bleibt bei der Querschnittsbestimmung unberücksichtigt. Möglichst maschinelle Vernietung. Die Nietlöcher werden bei der Bestimmung des Nutzquerschnittes um 3<sup>mm</sup> größer angenommen, als der Nietdurchmesser. Formeisen von weniger als  $9^{kg}$  per lauf. Meter und Stäbe unter  $6.5^{cm^2}$  Querschnitt sind ausgeschlossen. Der Einfluss des Eigengewichtes bei horizontalen und geneigten Druckgliedern ist zu berücksichtigen. Auflagerrollen — nur bei Brücken über 15<sup>m</sup> Stützweite — dürfen per lauf. Meter höchstens  $90 \sqrt{d}$  Druck erhalten, wenn  $d =$  Rollendurchmesser in Centimeter. Brücken in Curven sind parallel zur Sehne in halber Pfeilhöhe aufzustellen.

Engesser (Nebenspannungen, S. 185/86) empfiehlt von den Zusatzkräften gewöhnlich nur die Bremskraft (schätzungsweise für die Stäbe der Endfelder), den Winddruck (bei größerer Spannweite) und die Centrifugalkraft zu ermitteln, beziehungsweise abzuschätzen; an Nebenspannungen sind zu berücksichtigen: feste Verbindung der Querträger mit dem Ständer (schätzungsweise), unmittelbare Belastung der Stäbe durch die Verkehrslast, gekrümmte Stabachsen, fehlende nothwendige Stäbe des Grundsystems und Knickkräfte.

Zur thunlichsten Vermeidung von Zusatzkräften und Nebenspannungen wird empfohlen: Längsverband möglichst nahe der Fahrbahnebene, kräftiger Endquerverband; Anordnung der Stabachsen in den Belastungsebenen, Vermeidung excentrischer Stabanschlüsse; hohe Querträger oder bewegliche Lagerung derselben; starke continuierliche Längsträger bei offenen Brücken oder Trennung von Querträgern und Querverbindung; Übertragung der Bremskräfte nicht durch die Querträger, sondern durch besondere Constructionen; möglichst zweckmäßige Ausbildung der Knotenpunkte, steife Stäbe für die Streben der Längsverbände und für Zugstreben, die bei außergewöhnlicher Belastung Druck erhalten können, heller Anstrich zur Erniedrigung des Temperatur-Einflusses.

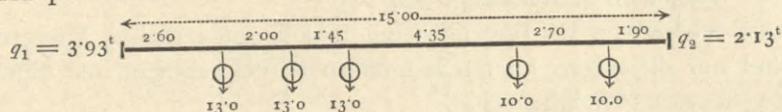
XI. Nebeneisenbahnen.

1. Preußen. Die Normalien für Betriebsmittel der preußischen Staatsbahnen — Erlass vom 11./27. April 1894 — geben folgende Tenderlocomotiven für normalspurige Nebeneisenbahnen:



Vergleiche »Glaser's Annalen« 1895, Band 36, Heft 12 und Band 37, Heft 4.

2. Baden führt für normalspurige Nebeneisenbahnen einen Zug in Rechnung, bestehend aus zwei Locomotiven mit nebenstehenden Abmessungen, insoweit nicht ein Achsdruck von 14t höhere Beanspruchungen ergibt und Güterwagen der Hauptbahn:

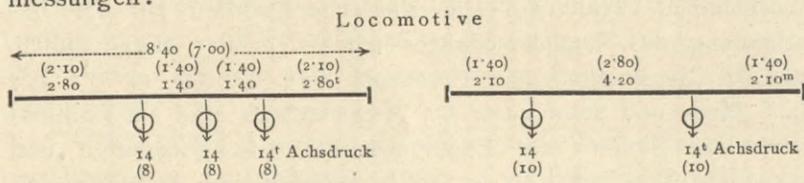


Für Localeisenbahnen bestehen keine besonderen Vorschriften; vielmehr werden hier von Fall zu Fall den örtlichen Verhältnissen entsprechende besondere Bestimmungen getroffen. In der Regel werden jedoch normalspurigen Localeisenbahnen die an Vollspurbahnen anschließen und bei denen der directe Übergang der Betriebsmittel der letzteren ermöglicht werden soll, die obigen für normalspurige Nebeneisenbahnen vorgeschriebenen Belastungen zu Grunde gelegt \*).

Bemerkt sei hier noch, dass nach den vom Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen im Mai 1890 aufgestellten: »Grundzügen für den Bau und die Betriebseinrichtungen der Localeisenbahnen« der größte Achsdruck für normalspurige Localeisenbahnen 10t, bei 1m Spurweite 9t und bei 0.75m Spurweite 8t nicht überschreiten soll.

2 a. Württemberg besitzt zur Zeit noch keine besonderen Vorschriften für Belastung von Nebeneisenbahnen \*\*).

3. Bayern setzt für Nebenbahnen einen Lastzug, bestehend aus zwei beliebig im Zuge vertheilten Tenderlocomotiven und einer beliebigen Anzahl von Güterwagen mit folgenden Abmessungen:



\*) Von den normalspurigen Localbahnen sind die Strecken Ringel-Breisach, Ringel-Gottenheim, Bruchsal-Odenheim und Ubstadt-Menzingen für Nebenbahnbelastung — Locomotiv Gewicht  $q = 3.93^t$ , Wagengewicht  $q_2 = 2.13^t$  für den lauf. Meter — berechnet; dagegen Hüfingen-Furtwangen für zwei dreiachsige Locomotiven von 8.3m Länge ( $L$ ), 1.3 und 1.7m Achsstand ( $a$ ) und je 10t Achsdruck ( $P$ )  $q_1 = 3.61^t$ , Haltingen-Kandern für zwei dreiachsige Locomotiven von  $L = 8^m$ ,  $a = 1.5^m$ ,  $P = je 14^t$   $q_1 = 5.25^t$ .

Für die schmal spurigen Localbahnen, die durchweg 1m Spurweite besitzen, dienen als Rechnungsgrundlage stets zwei Locomotiven mit angehängten Wagen, sofern solche überhaupt in Betracht kommen, und zwar für

- Zell-Todtnau: vierachsige Locomotiven . . . . .  $L = 7.86^m$ ,  $a = 1.15, 1.70, 1.15^m$ ,  $P = je 6.625^t$ ,  $q_1 = 3.37^t$
- Wagen mit Truck . . .  $q_2 = 3.33^t$ ;
- Ettenheimmünster-Rhein: dreiachsige Locomotiven  $L = 5.98$ ,  $a = 0.94$  u.  $0.98^m$ ,  $P = je 5^t$ ,  $q = 2.52^t$ ;
- Durmshheim-Spöck, dreiachsige Locomotiven .  $L = 6.75$ ,  $a = 1.125^m$ ,  $P = je 8^t$ ,  $q_1 = 3.55^t$ ,  $q_2 = 2.13^t$ ;
- Bühl-Kehl (Straßburg)-Offenburg: zweiachsige Locomotiven . . . . .  $L = 5.67^m$ ,  $a = 1.6^m$ ,  $P = je 10^t$ ,  $q_1 = 3.52^t$ ,  $q_2 = 2.13^t$ ;
- Seelbach-Lahr-Rhein: . . . zweiachsige Locomotiv.  $L = 5.716$ ,  $a = 1.6^m$ ,  $P = je 9^t$ ,  $q_1 = 3.15$ ;
- Müllheim-Badenweiler: . . . zweiachsige Locomotiv.  $L = 6.00$ ,  $a = 1.50^m$ ,  $P = je 8.4^t$ ,  $q_1 = 2.80^t$ ;
- Mannheim-Weinheim-Heidelberg-Mannheim) Locomotiv. }  $L = 4.57$ ,  $a = 1.60$ ,  $P = je 7^t$ ,  $q_1 = 3.06^t$ ,  $q_2 = 2.0^t$ ;
- Karlsruhe-Durlach . . . . .  $L = 4.40$ ,  $a = 1.50$ ,  $P = je 6.8^t$ ,  $q_1 = 3.09^t$ .

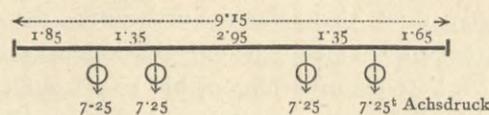
\*\*) In Rechnung gesetzt werden stets zwei Locomotiven und einseits angehängte Wagen. Das Locomotivgewicht  $q_1$  und das Wagengewicht  $q_2$  betrug für den lauf. Meter für die Normalspurbahn Reutlingen-Honau  $q_1 = 6.11^t$ ,  $q_2 = 2.68^t$ , für Waldenburg-Künzelsau  $q_1 = 4.71^t$ , für Schiltach-Schramberg  $q_1 = 4.29^t$ ,  $q_2 = 3.33^t$  und bei 1m Spurweite für Nagold-Altensteig  $q_1 = 3.57^t$ ,  $q_2 = 2.98^t$ .

Für Localbahnen gelten für Maschinen und Wagen die eingeklammerten Zahlen. Kommt nur eine Maschine in Betracht, so ist eine beliebige Achse bei Nebenbahnen auf 16t, bei Localbahnen auf 10t zu erhöhen \*).

4. Elsaß-Lothringen behandelt alle Normalspurbahnen — ob Haupt- oder Nebeneisenbahnen — bezüglich der Berechnungsbelastungen gleich.

5. Sachsen behandelt alle Normalspurbahnen, ob Haupt- oder Nebeneisenbahnen, gleich.

Für Schmalspurbahnen dient als Belastung ein Zug von nur Locomotiven, sämtliche in gleicher Richtung (Fairlie-Mayer-Tenderlocomotive, s. Skizze), oder eine Eigenlast von 10t.



Winddruck  $W_1 = 150$ ,  $W_2 = 250$ ,  $W_3 = 2.60 \cdot 150 = 390^{kg}$  per Quadrat-Centimeter;  $h = 1.7^m$ .

6. Schweiz. Für normalspurige Nebeneisenbahnen gelten die gleichen Belastungen etc. wie für Hauptbahnen; mit Genehmigung des Eisenbahndepartements können jedoch die Belastungen um 25% ermäßigt werden.

Für Schmalspurbahnen von 1m Spurweite ist ein Zug aus drei der schwersten verkehrenden Maschinen mit nachfolgenden beladenen Güterwagen in Rechnung zu ziehen. Beträgt das Locomotivgewicht weniger als 4t per lauf. Meter, so sind die Achsdrücke bis zur Erreichung dieses Wertes im gleichen Verhältnisse zu erhöhen. Für Stützweiten unter  $l = 15^m$  sind die Raddrücke um  $2(15 - l)\%$  erhöht anzunehmen. Localbahnen sind für zwei der schwersten Maschinen mit nachfolgenden Güterwagen zu berechnen.

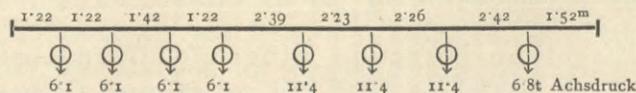
7. Österreich. Für normalspurige Bahnen, auf welchen die in angeschlossener Tafel verzeichneten schweren vierachsigen Locomotiven nicht verkehren, sind die Verkehrslasten zu ermäßigen, und zwar:

- a) um 20% für Bahnen, deren Brücken nicht nachtheiliger beansprucht werden, als durch dreiachsige Locomotiven mit 12t Achsdruck, 1.2m Achsenentfernung und 7.7m Gesamtlänge, sammt dreiachsigen TENDERN mit 25t Gesamtlast und 6.3m Gesamtlänge;
- b) um 40% für Bahnen, deren Brücken nicht nachtheiliger beansprucht werden, als durch dreiachsige Tenderlocomotiven mit 8.5t Achsdruck, 1.1m Achsenentfernung und 7.2m Gesamtlänge.

7 a. Ungarn s. Nachtrag. (Zu XI.)

8. Frankreich. Die französischen Vorschriften unterscheiden nur zwischen Normalspurbahnen und solchen von 1m Spurweite. Normalspurbahnen werden, gleichgiltig ob Haupt- oder Nebeneisenbahnen, gleich behandelt. Für Bahnen mit 1m Spurweite sind als Verkehrslast zwei Locomotiven von gleichen Abmessungen, wie für Normalspurbahnen, jedoch mit nur 10t Achsdruck (oder eine Einzellast von 20t), mit 6m langen TENDERN mit zwei Achsen zu je 8t bei 3m Abstand der symmetrisch angeordneten Achsen und beladenen Wagen, wie für Normalspurbahnen.

9. Cooper: Außer den unter: »Hauptbahnen« behandelten Lastzügen wählt Cooper noch zwei Classen A und B mit gleich gebauten Maschinen, jedoch nur mit 10.9 und 6.8, beziehungsweise 10 und 6.6t Achsdruck und 4.5t, beziehungsweise 3.33t per lauf. Meter Wagenlast oder zwei Einzellasten von je 18.2t in 2.4m Abstand und ferner eine Classe C mit 2 der nachstehenden Locomotiven und 3t per lauf. Meter Wagenlast oder zwei Einzellasten 18.2t in 2.4m Abstand.



10. In Vorschlag gebracht wird, die Hauptbahnbelastungen für Nebeneisenbahnen um 25% zu ermäßigen.

Diese Ergebnisse sind in der Tabelle 7 zusammengestellt.

\*) Die Locomotive für Localbahnen ist in den »Grundlagen etc. v. 1895« durch folgende ersetzt (s. nebenstehend), wovon eventuell eine Achse auf 12t zu erhöhen ist. Gewicht per lauf. Meter 4.4t.

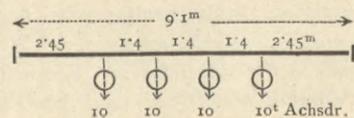


Tabelle 7.

Größte Achsdrücke, kleinste Achsabstände, sowie Gewicht der Locomotiven und Wagen für den lauf. Meter Geleis.

a) Werte für normalspurige Nebenbahnen; b) Werte für schmalspurige Nebenbahnen.

Ord.-Zahl	Eisenbahn-Verwaltung	Größter Achsdruck zur Berechnung der				Kleinster		Gewicht für den lauf. Meter				Bemerkungen
		Hauptträger		Fahrbahnträger		Achsenstand		der Maschine $q_1$		der Wagen $q_2$		
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
		Tonnen		Tonnen		Meter		Tonnen		Tonnen		
1.	Preußen . . . . .	12.8	—	13.6	—	1.60	—	4.13	—	—	—	—
2.	Baden . . . . .	13.0	10.0	14.0	10.0	1.45	1.60	3.93	3.50 <sup>*)</sup>	2.13	(2.13)	—
3.	Bayern . . . . .	14.0	10.0	16.0	10.0	1.40	1.40	5.00	3.43	3.33	3.57	<sup>*)</sup> ausnahmsweise $q_1 = 5.25^t$
4.	Elsaß-Lothringen . . . . .	19.5	—	19.5	—	1.40	—	6.51	—	4.00	—	wie für Hauptbahnen
5.	Sachsen . . . . .	15.0	7.25	20.0	10.0	1.50	1.35	6.43	3.17	2.67	(3.17)	a „ „
6.	Schweiz . . . . .	11.25–15.0	—	$\begin{cases} 14.6-0.2 l \\ 19.5-0.3 l \end{cases}$	—	1.30	—	4.2–5.6	4.0	2.0–2.67	—	—
7.	Österreich . . . . .	12.0	8.5	12.0	8.5	1.20	1.10	4.35	3.54	2.28	2.28	—
8.	Frankreich . . . . .	$\begin{cases} 14.0 \\ — \end{cases}$	$\begin{cases} — \\ 10.0 \end{cases}$	$\begin{cases} 20.0 \\ — \end{cases}$	$\begin{cases} — \\ 20.0 \end{cases}$	$\begin{cases} 1.20 \\ — \end{cases}$	$\begin{cases} — \\ 1.20 \end{cases}$	$\begin{cases} 5.22 \\ — \end{cases}$	$\begin{cases} — \\ 3.78 \end{cases}$	$\begin{cases} 2.67 \\ — \end{cases}$	$\begin{cases} — \\ 2.67 \end{cases}$	a „ „ „
9.	Cooper . . . . .	11.4	—	18.2	—	1.22	—	4.11	—	3.00	—	—
10.	Vorschlag . . . . .	11.25	—	15.0	—	1.50	—	4.63	—	3.00	—	—

B. STRASSENBRÜCKEN.

Als Belastung von Straßenbrücken kommen in der Regel nur Lastwagen und Menschengedränge in Betracht. Liegt die Brücke im Zuge einer Straßenbahn, so ist natürlich auf deren größtes Maschinengewicht Rücksicht zu nehmen. Für Hauptstraßen in und in der Nähe von Städten und Industriepätzen sind die Brücken so stark zu bauen, dass sie außergewöhnlich schwere Transporte, wie Maschinen etc. mit genügender Sicherheit zu tragen vermögen; das Gleiche gilt von Straßenbrücken, die von Dampfstraßenwalzen befahren werden sollen. Für diese außergewöhnlichen Belastungen kann unbedenklich eine höhere Beanspruchung zugelassen werden.

Im allgemeinen werden die Straßen je nach ihrer Bedeutung und der Größe ihres voraussichtlichen Verkehrs in Classen mit verschieden großen Belastungen — Lastwagen von 3<sup>t</sup> bis 20<sup>t</sup> Gesamtgewicht und Menschengedränge von 250<sup>kg</sup> bis 560<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter — eingetheilt.

Da die Stoßwirkung der Verkehrslasten nicht sehr erheblich und die Spannungen nur langsam und allmählich von einer Grenzspannung in die andere übergehen, können im allgemeinen höhere Beanspruchungen als für Eisenbahnbrücken zugelassen werden, ohne hierdurch den Grad der Sicherheit zu beeinträchtigen.

Die in einzelnen Staaten für die Berechnung und Belastung der Straßenbrücken erlassenen Vorschriften bestimmen im wesentlichen Folgendes:

I. Baden. a) Eisenbahnverwaltung. — Für Straßenbrücken ist für gewöhnlich als Verkehrsbelastung anzunehmen: Lastwagen von 10<sup>t</sup> Gesamtgewicht nach Bedarf, beziehungsweise Menschengedränge von 400<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter; in besonderen Fällen (Brücken in verkehrsreichen Städten) ist ein Lastwagen von 20<sup>t</sup>, im übrigen solche von je 10<sup>t</sup> und Menschengedränge von 500<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter in Rechnung zu ziehen. Als Beanspruchung der Lastwagen werden vier Pferde à 0.35<sup>t</sup> angenommen.

Die zulässigen Beanspruchungen betragen

	vollwandige Träger	Fachwerkträger
a) für ruhende Belastung:	$K_1 = 1100^{kg}$	1000 <sup>kg</sup>
b) für Verkehrslast öffentlicher Straßen, wenn		
$l < 20^m$ :	$K_2 = 700 + 5l$	$600 + 5l$
$l > 20^m$ :	$K_2 = 800$	700
oder (für $l > 20^m$ ):		

$$K = \frac{1100}{1 + \frac{3}{8} \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max}}} \quad \frac{1000}{1 + \frac{3}{7} \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max}}}$$

für Nebenwege:  $K_2 = 1000$       900  
 „ Trottoirs und Fußwege:  $K_2 = 800$       700.

Die zulässige erhöhte Beanspruchung der Nebenwegbrücken kommt einer Ermäßigung der Belastung auf  $\frac{7}{10}$  bis  $\frac{8}{10}$ , beziehungsweise  $\frac{6}{9}$  bis  $\frac{7}{9}$  gleich, woraus sich ein mittleres Gesamt-

wagengewicht von 7.2<sup>t</sup> und ein Menschengedränge von 300<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter ergibt.

b) Ober-Direction des Wasser- und Straßenbaues. — Die Ober-Direction besitzt hierfür keine besonderen Vorschriften. Maßgebend für die Belastung öffentlicher Brücken, das ist solcher in Gemeindewegen, Kreis- und Landstraßen — ausschließlich der eigentlichen Feldwegbrücken — ist jedoch der §. 10 der Straßenpolizeiordnung, welcher für das Befahren öffentlicher Brücken mit Lastwagen von mehr als 10<sup>t</sup> Gesamtgewicht die Genehmigung der zuständigen Behörde fordert.

In der Regel werden angenommen:

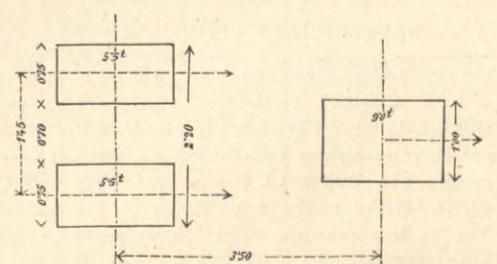
Belastungen durch Menschengedränge von 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter, beziehungsweise ein oder mehrere Wagen von 10<sup>t</sup> Gesamtgewicht. Für Brücken in oder bei großen Städten und Industriepätzen findet auch ein Wagen von 20<sup>t</sup> und Menschenansammlungen von 480<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter, bei Land- und Kreisstraßen eventuell auch eine Straßenwalze von 15<sup>t</sup> bis 18<sup>t</sup> Gewicht Berücksichtigung.

Die Beanspruchungen werden in der Regel zu 700<sup>kg</sup> bis 750<sup>kg</sup> per Quadrat-Centimeter angenommen ohne Rücksicht auf den Spannungswechsel, und für gedrückte Theile eine vierfache Knicksicherheit verlangt.

Die Einschotterung wird zu 1800<sup>kg</sup> für den Cubik-Meter, der Beton zu 2200<sup>kg</sup> bis 2300<sup>kg</sup> für den Cubik-Meter in Rechnung gesetzt. Für die neue Neckarbrücke in Mannheim ( $l = 56.15^m$ ,  $74.70^m$  und  $56.15^m$ ) wurden folgende Belastungen gewählt: Zur Berechnung der Hauptträger: Menschengedränge von 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter; zur Berechnung der Gehwege 550<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter und zur Berechnung der Fahrbahnträger nebeneinander fahrende 12<sup>t</sup>-Wägen oder ein 20<sup>t</sup> schwerer Wagen und die freien Theile der Fahrbahn mit 480<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter Menschengedränge. Die zulässigen Beanspruchungen sind nach Gerber'scher Methode bestimmt.

II. Elsaß-Lothringen berechnet alle Straßenbrücken gleich und bestimmt als Belastung entweder einen Lastwagen von 20<sup>t</sup> mit vier Pferden à 0.35<sup>t</sup> und Menschengedränge von 400<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter, für die freien Theile oder die Dreiling'sche Dampfwalze mit den nachfolgenden Abmessungen und Belastungen:

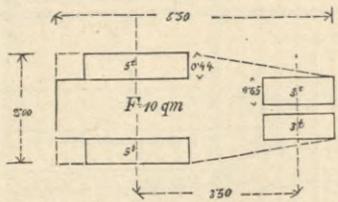
Von diesen beiden Belastungsarten ist diejenige einzuführen, welche im besonderen Falle die Brücke am ungünstigsten beansprucht. Das Gewicht der Beschotterung wird mit 2000<sup>kg</sup> für den Cubik-Meter berechnet.



Im übrigen werden die Straßenbrücken wie die Eisenbahnbrücken behandelt;

III. Württemberg schreibt in den Bestimmungen für die Berechnung und Construction eiserner Straßenbrücken vom April 1894 folgende Verkehrslasten vor:

a) für Brücken in Straßen, die regelmäßig mit der Dampfstraßenwalze bearbeitet werden:



eine Dampfstraßenwalze von 16<sup>t</sup> mit nebenstehenden Abmessungen und daneben Menschengedränge. (Werden schwerere Walzen benützt, so sind diese zu berücksichtigen);

b) für Brücken in Straßen, die mit der Dampfstraßenwalze nicht bearbeitet werden:

ein Lastwagen von 12<sup>t</sup> Gesamtgewicht (die vordere Achse zu 5<sup>t</sup>, die hintere zu 7<sup>t</sup>) mit 4 Pferden à 0,7<sup>t</sup> und einer

Als Beanspruchungen  $K$  sind zulässig für:  
für Hauptträger, wenn  $l < 20^m$  für Zug und Druck  
" " " "  $l > 20^m$  " " " "  
" " " " höchstens aber . . . . .  
" Horizontalverbände und Geländer . . . . .  
" Fahrbahnträger . . . . .

	Schweißeisen	Flusseisen	Flussstahl
	700	800	900 <sup>kg</sup> per Quadrat-Centimeter,
	$700 \left( 1 \pm \frac{1}{2} \frac{S_{min}}{S_{max}} \right)$	$800 \left( 1 \pm \frac{1}{2} \frac{S_{min}}{S_{max}} \right)$	$900 \pm 650 \frac{S_{min}}{S_{max}}$ " " "
	900	1000	1200 <sup>kg</sup> " " "
	900	1000	— " " "
	600	700	— " " "

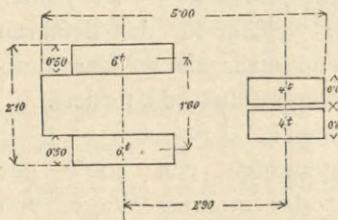
Für gedrückte Theile ist die Beanspruchung  $K_0$  mit Rücksicht auf Knickung zu setzen:

$$\frac{K}{1.3 (1 + 0.00006 \lambda^2)}; \frac{K}{1.4 (1 + 0.00007 \lambda^2)}$$

Die Nietbeanspruchung darf nur 0,8  $K$  und höchstens 560<sup>kg</sup> per Quadrat-Centimeter betragen.

Die neue Neckarbrücke bei Cannstadt wurde für folgende Verkehrslasten berechnet:

Die Fahrbahn für eine gleichmäßig vertheilte Last von 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter, die Gehwege für 560<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter; daneben für die Fahrbahn als größte Einzellast eine Dampfstraßenwalze mit 20<sup>t</sup> Dienstgewicht mit nebenstehenden Abmessungen und für das Geleise eine Maschine von 40<sup>t</sup> Gesamtgewicht.



Der Winddruck wurde zu 150<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter, der Temperaturwechsel zu 50<sup>o</sup> C. für die inneren und 60<sup>o</sup> C. für die äußeren Träger angenommen. Die Brücke wurde in weichem Martineisen ausgeführt und die zulässige Beanspruchung nach der Formel  $K = 800 \left( 1 + \frac{1}{2} \right)$ , jedoch höchstens  $K = 1000^kg$  bestimmt. Beanspruchung der aus Schweißeisen bestehenden Niete und Schrauben 0,8  $K$  (vergl. »Zeitschrift für Bauwesen«, Heft I bis III, 1895; vergl. auch »Allgem. Bauzeitung« 1895).

IV. Bayern \*). Es gelten nach den Vorschriften über Entwurf, Ausführung und Prüfung von Straßenbrücken mit eisernem Überbaue vom 13. Februar 1878, veröffentlicht im »Amtsblatt des k. Staats-Ministerium des Innern«, Nr. 7, vom 20. Februar 1878 als größte Verkehrslasten für die Fahrbahn:

a) Reihen von belasteten Achsen ohne Bespannung in je 4<sup>m</sup> Entfernung. Vor und hinter einer Gruppe von drei Achsen, von denen die erste 8<sup>t</sup>, die beiden folgenden je 5<sup>t</sup> Bruttogewicht haben, können nach Erfordernis Achsen von je 3<sup>t</sup> Gewicht sich befinden. Die Gruppe der drei meistbelasteten Achsen kann sich in 40<sup>m</sup> Entfernung wiederholen.

Für Brücken im freien Felde mit einer Breite bis zu 6<sup>m</sup> sind zwei nebeneinander fahrende Achsenreihen anzunehmen. Bei sehr starkem Verkehr bestimmt sich die Zahl der Reihen nach der Breite des Fahrweges, wobei als geringste Breite für eine Wagenreihe 2,2<sup>m</sup> und als Radstand 1,3<sup>m</sup> angenommen wird.

\*) Die »Grundlagen von 1895« nehmen als Verkehrslast an entweder eine gleichmäßig vertheilte Last für Fahr- und Fußwegfläche von 360<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter für Berechnung der Hauptträger und von 560<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter für Berechnung der Fahrbahnträger, Consolen etc., oder für Brücken in Hauptstraßen ein Wagen Cl. I oder zwei Wagen Cl. II, in Nebenstraßen zwei Wagen Cl. II, in Feldwegen ein Wagen Cl. III und daneben für die nicht bedeckten Theile der Fahrbahn und Gehwege obige gleichmäßig vertheilte Last. Die Wagenabmessungen s. Tabelle 8. Diese Bestimmungen gelten vorerst nur für die Eisenbahnverwaltung.

überdeckten Fläche von 24 Quadrat-Metern — daneben Menschengedränge.

Für Menschengedränge wird gesetzt:

1. innerhalb oder in der Nähe verkehrsreicher Städte: für die Fahrbahn 500<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter, wenn  $l < 20^m$ , und 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter, wenn  $l > 20^m$  ( $l$  = Spannweite der Brücke), für die Gehwege 500<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter;
2. entfernt von verkehrsreichen Städten:

a) für die Fahrbahn 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter, wenn  $l < 20^m$ , und 300<sup>kg</sup> bis 360<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter, wenn  $l > 20^m$  (der kleinste Wert von 300<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter darf nur für Brücken in Straßen von mehr als 7<sup>o</sup>/<sub>10</sub> Steigung benützt werden),

b) für die Gehwege 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter für  $l < 20^m$ , 360<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter für  $l > 20^m$ .

Für Berechnung der Windverstreungen, die für unbelastete Brücken durchzuführen ist, wird ein Winddruck von 200<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter angenommen. Geländerbelastung 150<sup>kg</sup> per lauf. Meter.

b) Ein Wagen von 12<sup>t</sup> Bruttogewicht für eine Achse, 4,00<sup>m</sup> Achsenstand, 1,6<sup>m</sup> Radstand und 2,6<sup>m</sup> Ladungsbreite. Der Wagen fährt in der Straßenachse oder bis  $\frac{1}{6}$  der Fahrwegbreite, höchstens aber 0,8<sup>m</sup> seitlich. Dieser Wagen ist hauptsächlich für Berechnung der Fahrbahnträger maßgebend.

c) Eine gleichmäßig vertheilte Belastung von 360<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter für den Raum der Fahrbahn, welcher nicht vom Wagen b) bedeckt ist, oder neben den Wagenreihen a) frei bleibt, wenn die Breite der Fahrbahn mehr als 2,5<sup>m</sup> für jede Wagenreihe beträgt. Für die Berechnung der Querträger ist diese Last zu 560<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter anzunehmen.

Für vom Staate unterhaltene, nicht in den Staatsstraßen liegende Brücken kann bei geringem Verkehr das Gewicht der drei schwersten Achsen im Falle a) auf 6 und beziehungsweise 4<sup>t</sup> ohne Wiederholung derselben, das Gewicht der Achsen im Falle b) auf 8<sup>t</sup> ermäßigt werden, während die übrigen Belastungen unverändert bleiben.

a) Als Belastung der Fußwege gilt eine gleichmäßig vertheilte Last von 360<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter. Einzelne Theile der Fußwerkträger können bis auf 5<sup>m</sup> Länge mit 560<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter belastet werden.

Als ruhende Belastung ist außer dem Eigengewichte der Brücke sammt Fahrbahn eine Schneedecke von 100<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter anzunehmen. Die zulässigen Beanspruchungen sind dieselben, wie für Eisenbahnbrücken; auch wird hier, wie dort die Verkehrslast mit dem 1,5fachen Betrage in Rechnung gesetzt.

V. Sachsen wählt als Verkehrslast im allgemeinen (besondere Fälle ausgeschlossen) Menschengedränge von 400<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter und für Berechnungen einzelner Theile von Fußwegen 560<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter; gibt jedoch ein oder mehrere Lastwagen eine höhere Inanspruchnahme eines Brückentheiles, so ist diese Belastung zu wählen; hierbei ist zu unterscheiden zwischen Straßen mit starkem, mittlerem und schwachem Verkehr, wofür Lastwagen von 12<sup>t</sup>, 6<sup>t</sup>, beziehungsweise 3<sup>t</sup> mit vier, beziehungsweise zwei Pferden à 0,4<sup>t</sup> in Betracht kommen. Wo stärkere Belastungen durch Dampfstraßenwalzen, Straßenlocomotiven oder Lastwagen von 20<sup>t</sup> Gesamtgewicht etc. zu erwarten stehen, sind diese zu Grunde zu legen, jedoch in der Regel nur ein so schweres Gefährt in einer Öffnung, der Rest mit Menschengedränge.

Die Beanspruchung darf für die letztgenannten Belastungen 1,5  $K$  betragen, wenn  $K$  die für Eisenbahnbrücken zulässige Beanspruchung bedeutet, welche auch für Straßenbrücken gelten. Der Winddruck ist zu  $W_1 = 150$ ,  $W_2 = 250$ ,  $W_3 = 300^kg$  per

Quadrat-Meter anzunehmen, wobei als Ansichtsfläche der Verkehrslast ein voller Streifen von 2<sup>m</sup> Höhe zu berücksichtigen ist und  $W_3$  den Winddruck auf den lauf. Meter Verkehrsbelastung bedeutet.

VI. Preußen bestimmt in den »Vorschriften für die Berechnung der eisernen Brücken von 1895«, dass diese auch sinngemäß auf die von der Eisenbahnverwaltung zu erbauenden Straßenbrücken anzuwenden sind, soweit nicht die für die letzteren von Fall zu Fall besonders festzustellenden anderweitigen Belastungsannahmen eine Abweichung bedingen.

VIa. Die Eisenbahn-Direction Elberfeld hat bei dem Düsseldorfer Bahnhofumbau drei Belastungsarten unterschieden, und zwar: Lastwagen von 20, 12 und 10<sup>t</sup> Gewicht mit je vier Pferden à 0,4<sup>t</sup> und Menschengedränge von 500<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter. Für städtische Brücken kommt ein Lastwagen von 20<sup>t</sup> und nach Bedarf solche von 12<sup>t</sup> und Menschengedränge von 500<sup>kg</sup> in Betracht; die Hauptträger von Brücken über 18<sup>m</sup> Stützweite sind nur für 500<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter zu berechnen.

VII. Österreich. — Als Verkehrslast dient entweder größtmögliche Wagenansammlung auf der Fahrbahn und Menschengedränge auf den Gehwegen, und freien Fahrbahntheilen, oder nur Menschengedränge auf Fahrbahn und Gehwegen, wobei für jeden einzelnen Brückentheil die nachtheiligere Belastung zu berücksichtigen ist.

Die Brücken werden in drei Classen eingetheilt per Qdr.-M. mit Menschengedränge von 460, 400 und 340<sup>kg</sup> Lastwagen im Gewichte „ 12, 6 „ 3<sup>t</sup> mit einem Pferdegewicht „ 4 · 0,75 = 3; 2 · 0,75 = 1,5; 2 · 0,5 = 1<sup>t</sup>.

In besonderen Fällen können auch höhere Belastungen in Betracht kommen.

Die zulässige Beanspruchung beträgt für Haupt- und Fahrbahnträger  $K = 750 + 2l$  (wenn  $l$  Stützweite der Haupt- beziehungsweise Fahrbahnträger), höchstens aber  $K = 900$ <sup>kg</sup> per Quadrat-Centimeter.

Die Stärke des Winddruckes ist die gleiche, wie für Eisenbahnbrücken; als Ansichtsfläche der Verkehrslast dient ein Rechteck von 2<sup>m</sup> Höhe. Hervorzuheben ist noch, dass jede Brücke eine Tafel der zulässigen größten Belastungen erhält.

VIII. Schweiz wählt als Verkehrslast entweder einen Lastwagen oder Menschengedränge und theilt die Straßen in drei Classen und setzt hierfür:

- Hauptstraßen in Verkehrs-Centren: ein unbespannter Lastwagen von 20<sup>t</sup> Gesamtgewicht oder Menschengedränge von 450<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter;
- Nebenstraßen in den Verkehrs-Centren, sowie Staats- und wichtige Gemeindestraßen: ein unbespannter Lastwagen von 12<sup>t</sup> oder Menschengedränge von 350<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter;
- die übrigen öffentlichen Straßen und Wege: ein unbespannter Lastwagen von 6<sup>t</sup> oder Menschengedränge von 250<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter.

Für den einzelnen Brückentheil ist die ungünstigste Belastung zu wählen; in der Regel also ein Lastwagen für die Fahrbahnträger und Menschengedränge für die Hauptträger.

Als Gehwegbelastung ist je nach den Verkehrsverhältnissen 450, 350 oder 250<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter zu berücksichtigen.

Der Winddruck ist nur bei unbelasteter Brücke in Rechnung zu setzen. Im übrigen gelten die gleichen Bestimmungen wie für Eisenbahnbrücken.

IX. Frankreich wählt für alle Straßenbrücken als Verkehrslast 400<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter für Fahrbahn und Gehwege oder einachsige Karren von 6<sup>t</sup> Achsendruck mit zwei vor einander gespannten Pferden à 0,35<sup>t</sup> Gewicht oder zweiachsige Lastwagen mit 8<sup>t</sup> Achsendruck und vier Pferdepaaren und 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter für die freibleibenden Theile. Dienen Karren als Belastung, so ist an ungünstigster Stelle noch ein Karren von 11<sup>t</sup> Last mit fünf Pferden vor einander anzunehmen, falls hierdurch ungünstigere Spannungen erzielt werden. Die zulässige Beanspruchung darf hierbei um 100<sup>kg</sup> per Quadrat-Centimeter erhöht werden.

Für Straßen mit starker Steigung, auf welchen obige Lasten unmöglich erscheinen, können entsprechend geringere Lasten genehmigt werden. Doch sollen diese mindestens 300<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter betragen.

Die übrigen Bestimmungen über Belastung und Berechnung, zulässige Beanspruchungen, Größe des Winddruckes etc. sind dieselben, wie für Eisenbahnbrücken, doch ist die Einwirkung des Windes nur bei unbelasteter Brücke zu berücksichtigen.

Schwere Lasten dürfen nur auf Grund besonderer Genehmigung der zuständigen Behörde die Brücken befahren.

X. Russland. — Für Straßenbrücken wird nach dem Werke über »Brücken« von Prof. Nicolai in Petersburg von 1895 als Verkehrsbelastung angenommen:

1. Für die Fahrbahnträger (Belag, Consolen, Längs- und Querträger) entweder eine gleichmäßig vertheilte Last von 560<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter oder zweiachsige Lastwagen nach Bedarf, und zwar:

- für gewöhnliche Straßenbrücken von 5<sup>t</sup> Achsendruck bei 3,5<sup>m</sup> Achsenstand und
- für Straßenbrücken in der Nähe großer Städte, wo Maschinen-Transporte zu erwarten sind, solche von 9<sup>t</sup> Achsendruck bei 4<sup>m</sup> Achsenstand; kommen Pferdebahnwagen in Betracht, so ist der Achsendruck zu 10<sup>t</sup> anzunehmen.

2. Für die Hauptträger:

- für Brücken mit Stützweiten  $l < 20$ <sup>m</sup>, in der Mitte ein schwerer Wagen und daneben, wenn die Brückenbreite es erlaubt, zwei weniger schwere Wagen, für den übrigen Theil eine gleichmäßig vertheilte Last von 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter;
- für Brücken  $l > 20$ <sup>m</sup> eine gleichmäßig vertheilte Last von 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter;
- für Brücken, für Fußsteige und Ziehwege in Städten ebenfalls 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter und außerhalb der Städte mit unbedeutendem, leichtem Verkehr nur 150<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter\*).

XI. Engesser theilt die Straßenbrücken ebenfalls in drei Classen und setzt als Belastung für:

- städtische Straßen, auf welchen schwere Maschinen-Transporte befördert werden, Menschengedränge von 480<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter oder einen Wagen von 20<sup>t</sup> mit acht Pferden à 0,4<sup>t</sup>, im übrigen mit Wagen von 12<sup>t</sup> mit vier Pferden à 0,4<sup>t</sup>. Hierfür kann auch eine gleichmäßig vertheilte Last von  $(440 + \frac{1400}{l})$ <sup>kg</sup> per Quadrat-Meter gesetzt werden, wenn  $l =$  Stützweite der Brücke bedeutet;
- Landstraßen: Menschengedränge von 400<sup>kg</sup> oder Lastwagen von 12<sup>t</sup> Gesamtgewicht mit vier Pferden à 0,4<sup>t</sup> nach Bedarf, oder eine gleichmäßig vertheilte Last von  $(360 + \frac{1200}{l})$ <sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter.
- Dorfwege: Menschengedränge von 400<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter oder Lastwagen von 6<sup>t</sup> mit 2 Pferden à 0,4<sup>t</sup> nach Bedarf.

Der neben den Wagenreihen freibleibende Theil ist bei a, b und c mit Menschengedränge bedeckt anzunehmen.

Die Berechnung der Fußwegträger in Städten erfolgt mit einer Belastung von 540<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter.

Ungünstigere Belastungen der Hauptträger erhält man für einen Wagen ohne Bespannung und Menschengedränge für die freien Theile.

Vorstehende Wagenreihen geben für kleine Spannweiten größere Werte als Menschengedränge, und zwar bezüglich der Momente:

bei a für  $l < 20$ , bei b für  $l < 30$ , bei c für  $l < 40$ <sup>m</sup>,

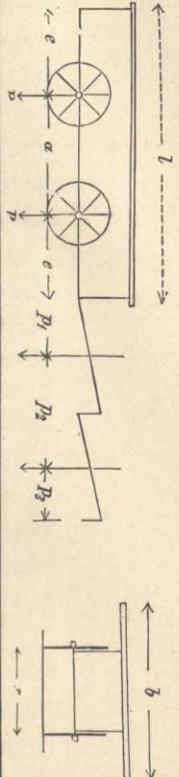
bezüglich der Auflagerdrücke:

bei a für  $l < 30$ , bei b für  $l < 35$ , bei c für  $l < 50$ <sup>m</sup>.

\*) Für die neu projectirte Straßenbrücke über die Nawa in St. Petersburg soll angenommen werden: für die Hauptträger 440<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter, für Fahrbahnträger und Consolen 530<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter oder ein Raddruck von 5 · 1<sup>t</sup>, Winddruck 135<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter der belasteten und 234<sup>kg</sup> per Quadrat-Meter der unbelasteten Brücke, Material Flusseisen, Niete Schweisseisen. Als zulässige Beanspruchungen gelten

	für $l < 15$ <sup>m</sup> und $l = 15$ bis $32$ <sup>m</sup> $l > 32$ <sup>m</sup>		
	Fahrbahnträger		
für Zug und Druck	750	850	900 <sup>kg</sup>
„ Schubspannung des Steges	425	500	500 <sup>kg</sup>
„ Querverbände	—	1025	1100 <sup>kg</sup>
„ Niete (Schweisseisen)	550	650	650 <sup>kg</sup>
„ „ in Querverbänden	750	750	750 <sup>kg</sup>

Tabelle 8.  
Belastung der Straßenbrücken.



O.-Z.	Vorschriften von	Classe	Achsdruk P Tonnen	Zahl der Pferde	Gesamtgewicht des Wagens des Wagenspannung Tonnen	Abmessungen des Wagens in Meter				Abmessungen der Bespannung in Metern			Gleichmäßig verteiltes Gewicht für den Quadratmeter überdeckte Fläche in Kilogramm = q		Zulässige Beanspruchung K <sub>3</sub> für die Verkehrsast		Vergleichswerte q : K <sub>3</sub>		Bemerkungen							
						Länge	Breite	Achstand	Radstand	Ausladung	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	Menschengedänge für Fußweg	der senkrechten Fahrbahn	Lastwagen mit Bespannung	ohne Bespannung	maßgebender Werth für kleine Stützweiten		Stützweiten	für kleine Stützweiten	große Stützweiten	für kleine Stützweiten	größere Stützweiten		
1.	Baden Eisenbahn-Verwaltg.	I.	10	4	20	1.4	8.00	2.70	4.00	1.50	2.00	2.00	3.70	1.30	500	500	550	925	925	500-550	700	750	1.42	0.71-0.78	ein 20' Wagen, sonst 10' Wagen	
		II.	5	4	10	1.4	7.00	2.50	3.00	1.20	2.00	2.00	3.70	1.30	400	400	325	570	570	400	650-750	700	700	1.23		0.57
		III.	(3-6)	4	(7-2)	1.4	7.00	2.50	3.00	1.20	2.00	2.00	3.70	1.30	300	300	245	410	410	300	700	750	0.88	0.43		
2.	Ober-Direction des Wasser- und Straßenbaues	I.	10	4	20	1.4	7.50	2.50	3.50	1.40	2.00	2.00	3.20	1.30	400	400	610	1070	1070	400-610	600	750	1.78	0.53-0.81	ein Lastwagen und Menschengedänge	
		II.	5	4	10	1.4	7.50	2.50	3.50	1.40	2.00	2.00	3.20	1.30	400	400	325	570	570	400	700	750	0.82	0.53		
3.	Württemberg	I.	10 u. 6	4	16	2.8	5.50	2.00	3.50	1.40	1.50	5.00	—	—	500	400-500	—	1600	1600	420-520	600	700	2.67	0.60-0.74	eine Dampfstrassenwalze mit Menschengedänge ein Lastwagen mit desgl. normalen Belastung	
		II.	7 u. 5	4	12	2.8	6.00	2.20	3.00	1.40	1.50	360-400	300-400	617	909	909	909	909	320-420	600	700	1.52	0.46-0.60			
4.	Bayern*) (Strassenbau-Verwaltung)	—	3-8	—	6-13	—	8.00	2.20	4.00	1.30	2.00	ohne Bespannung	—	—	360 bz. 560	360	—	340-738	738	440	440	650	650	1.13	0.68	Brücken mit geringem Verkehr nicht in Staatsstraßen normale Belastung
		—	3-6	—	6-10	—	8.00	2.20	4.00	1.30	2.00	ohne Bespannung	—	—	360 bz. 560	360	—	340-568	568	400	400	650	650	0.87	0.61	
		—	12	—	2.4	—	8.00	2.60	4.00	1.60	2.00	ohne Bespannung	—	—	—	560	560	—	1135	1135	—	—	—	—	1.78	
5.	Sachsen	I.	6	4	12	1.6	7.50	2.20	3.50	1.30	2.00	2.00	3.00	1.30	560	400	450	728	728	450	700	700	1.04	0.64	ein oder mehrere Wagen und Menschengedänge	
		II.	3	4	6	1.6	4.60	2.20	2.60	1.30	1.00	1.60	3.00	1.30	560	400	330	592	592	400	700	700	0.84	0.57		
		III.	1.5	2	3	0.8	4.60	2.20	2.60	1.30	1.00	1.60	3.00	1.30	560	400	230	296	400	400	400	700	700	0.57		0.57
6.	Eisenbahn-Direct. Elberfeld	I.	10	4	20	1.6	8.50	2.30	4.50	1.40	2.00	2.00	3.00	1.30	500	500	635	1022	1022	635	750	800-900	1.70	0.91	ein Lastwagen ohne Bespannung oder Menschengedänge	
		II.	6	4	12	1.6	7.50	2.30	3.50	1.40	2.00	2.00	3.00	1.30	—	—	430	696	430	696	350	700	1.16	0.61		
		III.	5	4	10	1.6	7.50	2.30	3.50	1.40	2.00	2.00	3.00	1.30	—	—	366	580	340	580	250	700	0.93	0.52		
7.	Österreich	I.	6	4	12	3.0	7.80	2.50	3.80	1.60	2.00	7.20	—	—	460	460	400	615	615	460	750	800-900	0.82	0.58-0.51	ferner eventuell ein Karren von 11' mit 5 Pferden in ungünstiger Stellung. Brücken in starken Steigung.	
		II.	3	2	6	1.5	5.40	2.40	2.80	1.50	1.30	3.60	—	—	400	400	350	463	463	400	750	700	0.62	0.50-0.45		
		III.	1.5	2	3	1.0	4.80	2.30	2.40	1.40	1.50	3.20	—	—	340	340	218	272	340	340	340	750	700	0.45		0.43-0.38
8.	Schweiz	I.	10	—	20	—	8.00	2.50	4.00	1.60	2.00	ohne Bespannung	—	—	450	450	—	1000	1000	450	700	700	1.43	0.64	ein Lastwagen ohne Bespannung oder Menschengedänge	
		II.	6	—	12	—	6.00	2.20	3.00	1.60	1.50	ohne Bespannung	—	—	350-450	350	—	910	910	350	700	700	1.30	0.50		
		III.	3	—	6	—	4.60	2.00	2.40	1.40	1.10	2.50-4.50	250	250	—	400	400	250	653	653	250	700	0.93	0.36		
9.	Frankreich	Karren Wagen	6	2	6	0.7	3.00	2.25	—	—	1.50	1.25	2.50	1.25	400	400	372	890	1185	522	550	650	2.16	0.80	für Fahrbahnträger eventuell Pferdebahnw. von 10' Achsendruck für Hauptträger	
		I.	9	4	18	1.2	8.00	(2.50)	4.00	—	2.00	4.00	1.00	560	560	512	900	560-900	—	600	—	666	1.58-1.31	0.72		
		II.	5	4	10	1.2	7.50	(2.30)	3.50	—	2.00	4.00	1.00	400	400	400-512	580	900	512	600	—	666	1.17-0.90	0.60		
10.	Russland	I.	9	4	18 u. 10	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	150 bz. 400	400	336	580	580	400	725	725	0.93-1.50	0.60	für Hauptträger	
		II.	5	4	10	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—
		III.	5	4	10	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—
11.	Engesser	I.	10	8	20	3.2	8.50	2.70	4.50	1.60	2.00	2.00	3.00	1.30	540	480	414	871	871	480	666	666	1.58-1.31	0.72	für Hauptträger	
		II.	6	4	12	1.6	7.50	2.50	3.50	1.50	2.00	2.00	3.00	1.30	—	—	394	640	640	400	750	750	1.17-0.90	0.60		
		III.	3	2	6	0.8	4.80	2.20	2.80	1.20	1.00	2.00	—	—	—	—	380	568	400	520	350	750	1.03-0.85	0.60		
12.	Vorschlag	I.	10	—	20	—	8.50	2.50	4.50	1.50	2.00	ohne Bespannung	—	—	500	450	—	940	940	450	750	750	1.25	0.60	für Hauptträger	
		II.	6	—	12	—	7.50	2.40	3.50	1.40	2.00	ohne Bespannung	—	—	400	400	—	666	666	400	750	750	0.89	0.53		
		III.	3	—	6	—	5.00	2.30	2.60	1.30	1.20	—	—	—	—	—	—	520	520	350	750	750	0.69	0.47		

\*) Bayern: Eisenbahn-Verwaltung »Grundlagen 1895«

Die Beanspruchung soll nicht mehr betragen als  $K_1 = 1000^{\text{kg}}$  per Quadr.-Ctm. für ruhende Belastung

$$K_2 = \frac{1000}{1.5} = 666 \text{ für } l \geq 10$$

$$K_2 = \frac{1000}{1.5 + \frac{(10-l)^2}{300}} = 550 - 666^{\text{kg}} \text{ per Quadr.-Ctm. für } l < 10^{\text{m}}$$

für  
Verkehrs-  
last

bei Holzpflaster und Asphalt kann  $K_2$  um 10% erhöht werden.

Da ein plötzlicher Wechsel von Zug und Druck nicht eintritt, genügt es, den Spannungswechsel nur dann zu berücksichtigen, wenn die Grenzspannungen von entgegengesetztem Sinne sind, das heißt, wenn  $V_2 > E$ , somit  $(E - V_2)$  negativ ist. In diesem Falle soll der erforderliche Nutzquerschnitt um  $\frac{V_2 - E}{2000}$  erhöht werden, so dass für Streben mit Grenzspannungen von entgegengesetztem Sinne der Querschnitt aus der

Formel  $F = \frac{E}{1000} + \frac{V_1}{666} + \frac{V_2 - E}{2000}$  zu bestimmen ist, wenn

$V_2 =$  Absolutwert der kleinsten Spannung.

XII. In Amerika ist auch die Eintheilung der Straßenbrücken in drei Classen üblich; es werden unterschieden:

- Brücken mit starkem Verkehr mit sehr schweren Lasten
- städtische Brücken mit gelegentlich schweren Lasten,
- Landstraßenbrücken.

Waddell gibt als Mittelwerte aus 50 ausgeführten Brücken folgende gleichmäßig vertheilte Belastungen als Verkehrslast an:

Stützweite Meter	Classe a und b Kilogr.	Classe c Kilogr.
1 bis 15	490 per Quadrat-Meter	390 per Quadrat-Meter
15 bis 45	440 " " "	390 " " "
45 bis 60	390 " " "	340 " " "
60 bis 90	340 " " "	290 " " "
90 bis 190	290 " " "	240 " " "

Für Fahrbahnträger sind die schwersten vorkommenden Einzellasten in Rechnung zu ziehen, die zulässigen Beanspruchungen sind die gleichen wie für Eisenbahnbrücken.

Prof. J. B. Johnson empfiehlt hierfür in seinem Werke über Brückenbau (1893) wie für Eisenbahnbrücken:

$$K = 525 \left( 1 + \frac{S_{\min}}{S_{\max}} \right) \text{ für nur Zug oder Druck,}$$

$$K = 525 \left( 1 - \frac{1}{2} \frac{S_{\min}}{S_{\max}} \right) \text{ bei Wechsel von Zug und Druck}$$

bei Verwendung von doppelt gewalztem Schweißisen.

XIII. In Vorschlag wird gebracht, als Verkehrslast für gewöhnlich eine gleichmäßig vertheilte Belastung anzunehmen, insoweit nicht ein Lastwagen höhere Beanspruchungen ergibt. Die gleichmäßig vertheilte Last soll je nach der Größe der zu erwartenden Verkehrslasten  $450^{\text{kg}}$ ,  $400^{\text{kg}}$  oder  $350^{\text{kg}}$  per Quadrat-Meter betragen und das Gewicht eines Lastwagens  $20^{\text{t}}$ ,  $12^{\text{t}}$  oder  $6^{\text{t}}$  Etwa zu erwartende schwerere Lasten sind zu berücksichtigen.

Die zulässigen Beanspruchungen sollen gleich den für Eisenbahnbrücken mit Schotterbettüberführung sein.

Die einzelnen Belastungsarten sind in der vorstehenden Tabelle 8 übersichtlich zusammengestellt, das Gewicht der Lastwagen mit und ohne Bespannung für den Quadrat-Meter überdeckte Fläche berechnet, die zulässige Beanspruchung  $K_2$  beigefügt und hieraus ein Vergleichswert =  $\frac{\text{gleichmäßig vertheilte Last}}{\text{zulässige Beanspruchung}}$  gebildet.

## II. THEIL. VORSCHLAG.

Vorschriften für die Belastung, Querschnittsbestimmung und Berechnung, sowie für das Entwerfen eiserner Brücken.

### A. EISENBAHNBRÜCKEN.

#### I. Belastungsvorschriften.

Der Berechnung eiserner Brücken für Haupteisenbahnen sind folgende Belastungen zu Grunde zu legen:

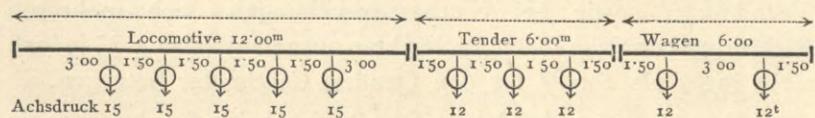
##### 1. Lothrecht wirkende Kräfte:

##### a) Ruhende Belastung.

Die ruhende Belastung umfasst das wirkliche Eigengewicht der Brücke (Eisengewicht, Schwellen, Schienen, Gedeck, Beschotterung etc.) und ist in der Regel als gleichmäßig vertheilt anzunehmen.

##### b) Bewegte Last (Verkehrsbelastung).

Als Verkehrslast ist ein aus zwei vorwärts stehenden Locomotiven sammt Tender und in unbeschränkter Zahl nachfolgenden beladenen Güterwagen bestehender Zug oder dessen Belastungsgleichwerte (nach Tabelle) maßgebend. Locomotiven, Tender und Wagen erhalten folgende Achsbelastungen und Achsentfernungen:



Hierbei ist zur Berücksichtigung ungleicher Lastvertheilung und etwaiger größerer Einzelachsdrücke jeweils die Belastung der einflussreichsten Achse um 5% zu erhöhen.

Für Nebeneisenbahnen sind obige Belastungen um 25% zu ermäßigen.

##### c) Belastung der Brückeneindeckung.

Als Belastung der Brückeneindeckung ist eine gleichmäßig vertheilte Last (Menschengedränge) zu wählen, und zwar:

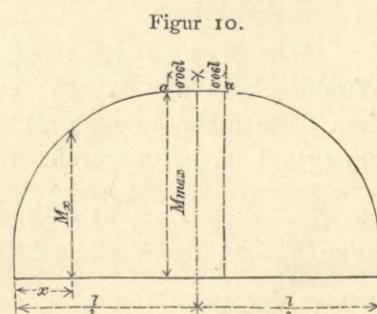
Für Brücken auf und in nächster Nähe der Stationen von  $400^{\text{kg}}$  für den Quadrat-Meter und für Brücken auf freier Strecke, deren Gehwege nur Bahnzwecken dienen,  $250^{\text{kg}}$  für den Quadrat-Meter. Eine gleichzeitige Belastung durch Fahrzeuge (Ziffer 1 b) und Menschengedränge für die freien Theile (Ziffer 1 c) ist nicht anzunehmen.

Für freiaufliegende Balkenträger sind die größten Momente und Schubkräfte der Verkehrslast der angeschlossenen Tabelle 9 zu entnehmen.

Die Momentencurve (Textfigur 10) wird hieraus dadurch gebildet, dass im Abstände  $a = 0.06 l$  beiderseits der Brückenmitte das Größtmoment aufgetragen und Halbparabeln, die  $a$  zum Scheitel haben und durch die Stützpunkte gehen, gezeichnet und die Punkte  $a$  durch eine Gerade verbunden werden. Zur Berechnung der größten Momente ( $M_x$ ) an den verschiedenen Stellen ( $x$ ) einer Brücke dient die unten folgende Tabelle 10, in der für Werte  $\frac{x}{l}$  die entsprechenden

Werte  $\frac{M_x}{M_{\max}}$  angegeben sind.

Die Punkte der aus Tabelle 9 zu entnehmenden Schubkräfte sind durch eine flache Curve zu verbinden.



Liegt das Geleise unsymmetrisch zur Brückenachse, oder sind mehr als zwei Träger für ein Geleise vorhanden, so erfolgt die Lastvertheilung in der Regel nach dem Hebelgesetze, oder auf Grund der bei ähnlichen vorhandenen Brücken ermittelten Durchbiegungen.

Bei gekrümmter Bahnachse hat die Vertheilung der Verkehrslast auf die Träger folgendermaßen zu geschehen:

Bezeichnet:

$X$  = Entfernung von Bahnachse und Brückenachse,  
 $H$  = Höhe des Fahrzeugschwerpunktes über dem Windverband (Höhe des Schwerpunktes über Schienen circa  $1.5^m$ ),  
 $R$  = Halbmesser der Bahnkrümmung,  
 $p$  = Bogenpfeil,  $h$  = Schienenüberhöhung,  
 $b$  = Trägerentfernung, ferner  $Z = x + \frac{5H}{R} - h$ ,

so ist der Antheil  $\delta$  des äußeren Trägers bezüglich des Momentes

$$\delta = \frac{1}{2} + \frac{6z - p}{6b} \text{ und bezüglich der Schubkräfte}$$

beim Auflager, in  $\frac{3}{4}$ , in  $\frac{1}{2}$ ,

$$\delta = \frac{1}{2} + \frac{3z - p}{3b}, \quad \delta = \frac{1}{2} + \frac{8z - p}{8b}, \quad \delta = \frac{1}{2} + \frac{6z - p}{6b},$$

$$\text{in } \frac{1}{4} \text{ der Stützweite: } \delta = \frac{1}{2} + \frac{2z - p}{2b}.$$

Für den inneren Träger ist das zweite Glied jeweils negativ zu nehmen.

Bei zweigeleisigen Brücken sind beide Geleise gleichzeitig belastet anzunehmen; hierbei ist aber die Belastung des einen Geleises auf 80% der vollen Belastung zu ermäßigen.

Durchgehende Träger über 20<sup>m</sup> Stützweite können auf Grund von Belastungsgleichwerten (nach angeschlossener Tabelle 9) berechnet werden.

Kleinere durchgehende Träger und Bogenbrücken sind in der Regel mit Einzellasten (nach Ziffer 1 b) zu berechnen, wobei jedoch nur solche Laststellungen, die ohne Zugstrennungen möglich, zu berücksichtigen sind.

Bei allen Brücken von mehr als 50<sup>m</sup> Stützweite ist auch die Beanspruchung für einen nur aus Locomotiven sammt Tendern obiger Gattung bestehenden Zug zu ermitteln.

## 2. Wagrecht wirkende Kräfte.

### a) Winddruck.

Die Größe des Winddruckes ist für den Quadrat-Meter wirksame Ansichtfläche anzunehmen:

bei belasteter Brücke zu 150<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter  
 „ unbelasteter „ „ 250<sup>kg</sup> „ „ „

Als Fläche des die Brücke zu befahrenden Eisenbahnzuges ist ein fortschreitendes Rechteck von 3<sup>m</sup> Höhe, 0.5<sup>m</sup> über Schienenoberkante in Rechnung zu setzen.

Die Größe  $F$  der wirksamen Ansichtfläche ist nach folgendem Ausdrucke zu berechnen:

$$F = (Fg' - Fm') + (Fg'' - Fm'') \frac{Fm'}{Fg'} + \\ + (Fg''' - Fm''') \frac{Fm'}{Fg'} \cdot \frac{Fm''}{Fg''} + \dots;$$

für nur zwei gleiche Träger ergibt sich hieraus

$$F = Fg - \frac{Fm^2}{Fg} \quad \text{hierin bedeuten:}$$

$Fg, Fg', Fg'' \dots$  die ganze Umrissfläche,

$Fm, Fm', Fm'' \dots$  die Maschenfläche der hintereinander stehenden Tragwände.

Liegt die Fahrbahn zwischen den Trägern, so sind nur die außerhalb des Zugsrechtes befindlichen Flächen  $Fg$  und  $Fm$  zu berücksichtigen.

Die Mehrbelastung der Hauptträger durch den Winddruck ist nur dann zu untersuchen, wenn zu erwarten ist, dass diese mehr beträgt als 20% der durch die ruhende und bewegte Last hervorgerufenen Kräfte.

### b) Die Fliehkraft

ist zu  $\frac{4500}{R}$  % der Verkehrslast anzunehmen, wenn  $R$  den Halbmesser der Bahnkrümmung bezeichnet.

### c) Die Seitenstöße der Fahrzeuge

sind in der Regel nicht besonders zu berücksichtigen, da diese in den unter »Winddruck« angegebenen Werten inbegriffen sind.

\* \* \*

## II. Querschnittsbestimmung.

Querschnitts-Verschwächungen durch Nieten und Bolzenlöcher sind sowohl in den gezogenen, wie in den gedrückten Gliedern in Abzug zu bringen.

Der Bestimmung des erforderlichen Nutzquerschnittes sind folgende Beanspruchungen, die nicht überschritten werden dürfen, zu Grunde zu legen:

### 1. Beanspruchung des Schweißeisens.

a) Die Beanspruchung ( $K$ ) für Zug und Druck in Kilogramm für den Quadrat-Centimeter soll höchstens betragen:

a) bei gewöhnlicher Fahrbahnordnung:

$$K = \frac{1000}{1 + \frac{1}{2} \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max}}} = \frac{6000}{9 - 3\psi}$$

hierbei sind die Vorzeichen von  $S_{\max}$  (größte Spannung) und  $S_{\min}$  (kleinste Spannung) zu berücksichtigen, und ist  $\psi = \frac{S_{\min}}{S_{\max}}$ .

Für vollwandige Träger sind für  $S_{\max}$  und  $S_{\min}$  die größten und kleinsten Momente der äußeren Kräfte einzusetzen.

β) Bei Überführung des Schotterbettes.

$$K = \frac{1000}{1 + \frac{1}{3} \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max}}} = \frac{6000}{8 - 2\psi}.$$

γ) Die Fahrbahnquerträger dürfen mindestens so stark beansprucht werden, wie die darauf ruhenden Längsträger.

δ) Bei Bogenbrücken und durchgehenden Trägern ist bei Berechnung der zulässigen Beanspruchung der Einfluss der Wärmeänderung wie ruhende Belastung zu behandeln, wobei jedoch stets nur der eine Grenzwert der durch die Wärmeänderung bedingten Spannung in Rechnung zu ziehen ist, da eine Verminderung der zulässigen Beanspruchung infolge des durch den Wärmeeinfluss auftretenden Spannungswechsels der sehr langsamen und stetigen Wirkung wegen unterbleiben kann.

ε) Gedeckträger dürfen mit 1.1  $K$  beansprucht werden.

ζ) Bei außergewöhnlicher Belastung (ganze Locomotivzüge etc.), sowie bei Berücksichtigung des Einflusses des Windes auf die Hauptträger darf die zulässige Beanspruchung höchstens 1.2  $K$  betragen, wenn  $K$  die für normale Belastung zulässige Beanspruchung bedeutet.

### b) Beanspruchung auf Schub.

Die Schubbeanspruchung darf nur 0.8  $K$  betragen. In der Walzfaserrichtung ist die Beanspruchung für Bleche auf 0.7  $K$ , für Stabeisen auf 0.6  $K$  zu ermäßigen.

### c) Beanspruchung der Nietverbindungen.

Die Schubbeanspruchung der Nieten und Bolzen ist höchstens gleich 0.9  $K$  zu setzen. Bei vollwandigen Trägern dürfen mit Rücksicht auf die sehr ungünstigen Belastungsannahmen die Halsnieten, sofern diese nach mehreren Richtungen beansprucht sind, eine Gesamtbeanspruchung von  $K$  erreichen.

Der Druck auf die Nietlochwandung soll den Wert von 2.5  $K$  nicht überschreiten; bei doppelschnittiger Vernietung, sowie bei Nietbeanspruchungen nach mehreren Richtungen darf die Inanspruchnahme ausnahmsweise 3  $K$ , jedoch nicht mehr als 2000<sup>kg</sup> für den Quadrat-Centimeter betragen.

Für den verdeckten Stoß, das heißt für den Fall als zwischen der Stoßplatte und der gestoßenen Platte noch  $m$  durchgehende Platten liegen, ist die für den gewöhnlichen Stoß erforderliche Nietzahl noch um 20  $m$  % zu vermehren.

Die Zahl der Befestigungsnieten von Knotenblechen ist nach den gleichen Grundsätzen zu bestimmen;

jedoch muss sowohl bei den Stoßdeckungen, als bei allen Anschlüssen von Hauptgliedern die Summe der Nietquerschnitte mindestens gleich dem Nutzquerschnitte der zu verbindenden, beziehungsweise anzuschließenden Theile sein und muss außerdem die gewählte Nietzahl die mit einer Beanspruchung  $K$  ermittelte um mindestens zwei Nieten übertreffen, wobei Bruchtheile vernachlässigt werden können.

### 2. Beanspruchung des Flusseisens.

Flusseisen, das den vom Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, dem Vereine deutscher Ingenieure und dem Vereine deutscher Eisenhüttenleute aufgestellten Normalbedingungen entspricht, ist zur Verwendung im Brückenbaue zugelassen.

Die Beanspruchungen dürfen in Kilogramm für den Quadrat-Centimeter höchstens betragen:

#### a) Für Zug und Druck

α) bei gewöhnlicher Fahrbahnanordnung:

$$K = \frac{1200}{1 + \frac{4}{5} \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max}}} = \frac{6000}{9 - 4\psi};$$

β) bei Schotterbettüberführung:

$$K = \frac{1200}{1 + \frac{3}{5} \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max}}} = \frac{6000}{8 - 3\psi};$$

γ) bei Bogenbrücken und durchgehenden Trägern ist wie unter II, 1 δ zu verfahren.

δ) Die für Gedeckträger und bei außergewöhnlicher Belastung unter Schweißseisen (1 a, ε und ζ) festgesetzten zulässigen Beanspruchungen finden auch hier sinngemäße Anwendung.

β) Die Beanspruchung auf Schub kann allgemein zu 0,8  $K$  angenommen werden.

#### c) Für Nietverbindungen

sind, auch wenn die Niete aus Flusseisen bestehen, die unter 1 c für Schweißseisenniete gegebenen Bestimmungen maßgebend.

### 3. Beanspruchung des Gusseisens.

Gusseisen ist im Brückenbaue in der Regel nur auf reinen Druck, und zwar höchstens mit 750<sup>kg</sup> für den Quadrat-Centimeter zu beanspruchen; treten ausnahmsweise Zugspannungen auf, so dürfen diese höchstens 250<sup>kg</sup> für den Quadrat-Centimeter betragen.

#### 4. Beanspruchung mit Rücksicht auf Knicksicherheit.

Bezeichnet  $l$  die freie Knicklänge und  $\rho$  den kleinsten Trägheitshalbmesser des Stabes,  $K$  die für Druck — ohne Rücksicht auf Knickung — zulässige Beanspruchung und wird  $\frac{l}{\rho} = \lambda$  gesetzt, so darf die größte Inanspruchnahme  $K_0$  höchstens betragen:

a) für Schweißseisen und Flusseisen:

$$K_0 = \frac{K}{1 + 0,00015 \lambda^2};$$

β) für Gusseisen:

$$K_0 = \frac{K}{1 + 0,0006 \lambda^2}.$$

Bei Bestimmung der freien Knicklänge ist die Art der Befestigung des Stabes und die Steifigkeit der betreffenden Knotenpunkte zu berücksichtigen.

Die Knicksicherheit der ganzen Tragwand (Gurtungen und Wandstäbe) senkrecht zur Trägerebene ist bei offenen Brücken (mit mangelnder oberer Querverbindung) besonders zu untersuchen, und zwar muss, um ein Ausknicken der ganzen Trägerwand senkrecht zur Trägerebene zu verhindern, sein

$$\mathcal{F}_1 \geq \frac{i D_1 h^2}{6 E} + \frac{i^2 D^2 h^3 l}{10 E^2 \mathcal{F}},$$

wenn bedeuten:

$\mathcal{F}_1$  = Trägheitsmoment des Ständers  $\left\{ \begin{array}{l} \text{in Centimeter bezogen auf eine} \\ \text{Schwerpunktachse senkrecht zur} \\ \text{Knickrichtung,} \end{array} \right.$

$\mathcal{F}$  = „ „ der Gurtung

$h$  = Länge des Ständers in Centimeter, von Querträgeroberkante bis zum Schnittpunkte mit der Gurtungsachse (bei vorhandenen Eckblechen entsprechend verkürzt),

$D_1$  = Druckkraft im Ständer in Kilogramm,

$D$  = „ „ in der Gurtung in Kilogramm, in dem, dem Ständer entsprechenden Querschnitt,

$l$  = mittlere Länge der an den Ständer anschließenden Gurtstäbe in Centimeter,

$E$  = Elasticitäts-Modul = 2000000.

Für den Endständer gilt die Gleichung:

$$\mathcal{F}_1 \geq \frac{i D_1 l^2}{6 E} + \frac{i^2 D^2 h^3 l}{2,5 E^2 \mathcal{F}}.$$

\* \* \*

### III. Allgemeine Bestimmungen und constructive Vorschriften.

Nebenspannungen, wie solche durch feste Vernietung an den Knotenpunkten und durch excentrische Befestigung der einzelnen Stäbe hervorgerufen werden, sind durch sorgfältige Bearbeitung des Entwurfes möglichst nieder zu halten und in den gewöhnlichen Fällen nicht besonders zu berücksichtigen; wo jedoch außergewöhnliche hohe Nebenspannungen zu erwarten sind, sollen diese entweder direct ermittelt oder die zulässigen Beanspruchungen schätzungsweise erniedrigt werden.

Zusätzliche Beanspruchungen, die durch unmittelbare Kraftübertragung der Verkehrslast bedingt sind, müssen stets berücksichtigt werden.

Als Stützweite ist in der Regel die Entfernung von Auflagermitte zu Auflagermitte anzunehmen. Querträger und Geleisträger sind als frei aufliegende Träger zu behandeln; für erstere gilt die Entfernung der Hauptträgerachsen, für letztere der Querträgerabstand als Stützweite.

Als Wärmeschwankungen sind 30° Celsius über und unter der mittleren Ortstemperatur anzunehmen. Bei Bogenbrücken kann zur Berücksichtigung ungleicher Erwärmung, etwaigen Ausweichens der Widerlager und sonstiger unberechenbarer Einflüsse auch ein höherer Wärmeunterschied eingesetzt werden, jedoch nicht mehr als  $\pm 45^\circ$  Celsius.

Bei Berechnungen der Standsicherheit soll diese mindestens 1,5 betragen.

Alle Profileisen sind, soweit immer möglich, dem deutschen Normalprofilbuch für Walzeisen zu entnehmen, und ist das Kröpfen derselben thunlichst zu vermeiden.

Sämmtliche Fahrbahnträger sind vollwandig auszuführen; bestehen diese ausnahmsweise aus gegliederten Trägern, so ist deren Beanspruchung auf 0,9  $K$  zu ermäßigen.

Bei Anschlüssen und Stößen ist unmittelbare Kraftübertragung und doppelschnittige Nietverbindung anzustreben. Excentrische Stabanschlüsse sind möglichst zu vermeiden.

Die Verwendung von Flacheisen ist auch für gezogene Stäbe thunlichst zu beschränken; insbesondere sind für wagrechte und senkrechte Querverbände nur steife Stäbe zu wählen. Alle Brücken auf Stationen (bis 600<sup>m</sup> von der Einfahrtsweichenspitze) sind mit Geländern zu versehen, auf freier Strecke nur jene über 6<sup>m</sup> Stützweite und kleinere Brücken nur dann, wenn die Höhe oder sonstige Verhältnisse es wünschenswert machen. Die lichte Weite zwischen Geländer und nächster Geleisachse soll mindestens 2,15<sup>m</sup>, auf Stationen womöglich 2,4<sup>m</sup> betragen. Das gleiche Maß ist auch bei Brücken mit unten liegender Fahrbahn (offenen Brücken) bezüglich der Gurtungen und Streben bis auf eine Höhe von 2<sup>m</sup> über der Eindeckung einzuhalten. Für senkrechte Constructionstheile kann dieses Maß bis auf 2,05<sup>m</sup> ermäßigt werden.

Für Brücken mit Schotterbettüberführung ist das Schotterbettgewicht zu 2000<sup>kg</sup> für den Cubik-Meter anzunehmen.

Bei Querträgerabständen von mehr als 2<sup>m</sup> sind Zwischengedeckträger einzuschalten.

Tabelle 9.

Belastungsgleichwerte, größte Momente und Schubkräfte für frei aufliegende Träger, hervorgerufen durch die Verkehrslast eines Geleises.

Stützweite $l$ in Metern	Belastungsgleichwerte für 1 <sup>m</sup> Geleis zur Berechnung		Größte Momente der Verkehrslast ( $M_{max}$ ) in Tonnen-Meter	Größte Schubkräfte der Verkehrslast			
	der Gurtungen in Tonnen	der Wandglieder in Tonnen		am Auflager	in Tonnen		
					in $\frac{3}{4}$	in $\frac{2}{4}$	in $\frac{1}{4}$
1	40.00	40.00	5.0	20.0	15.0	10.0	5.0
2	20.00	24.00	10.0	24.0	18.0	10.0	5.0
3	15.00	18.50	16.9	27.8	19.1	10.0	5.0
4	13.80	16.50	27.6	33.0	20.8	12.0	5.0
5	12.90	15.00	40.3	37.5	23.9	13.3	5.0
6	12.20	14.10	54.9	42.3	26.6	13.9	5.0
7	11.60	13.30	71.1	46.6	29.0	15.2	5.5
8	11.05	12.60	88.4	50.4	31.7	16.5	6.0
9	10.55	12.05	106.8	54.2	34.3	17.7	6.4
10	10.10	11.50	126.3	57.5	36.4	18.7	6.6
12	9.30	10.65	167.4	63.9	40.5	21.2	6.9
15	8.45	9.60	237.8	72.0	47.3	24.3	8.0
20	7.70	8.60	385.0	86.0	54.6	28.8	9.4
25	7.20	7.90	563.0	89.8	61.9	33.9	10.9
30	6.80	7.60	765.0	114.0	69.6	36.0	12.1
35	6.60	7.35	1011.0	128.5	77.0	40.0	13.3
40	6.45	7.20	1290.0	144.0	85.5	43.0	14.4
50	6.18	6.93	1931.0	173.3	102.2	49.4	16.5
60	5.91	6.66	2660.0	199.8	119.3	57.0	18.0
70	5.64	6.39	3455.0	223.7	134.5	64.2	20.0
80	5.37	6.12	4296.0	244.8	149.9	72.0	21.5
90	5.10	5.85	5164.0	263.3	163.3	79.4	23.2
100	4.95	5.70	6188.0	279.0	171.9	86.6	24.7

Auf kräftige Endquerverbände und Anordnung eines Windverbandes möglichst nahe der Fahrbahnebene ist Bedacht zu nehmen.

Balkenbrücken von über 20<sup>m</sup> Länge sind an einem Ende, durchgehende Träger auch auf den Zwischenpfeilern mit Rollen- oder Pendellagern zu versehen.

Alle Theile einer eisernen Brücke sind thunlichst so anzuordnen, dass deren Untersuchung, der Ersatz loser Niete und die Beseitigung etwaiger Mängel jederzeit leicht erfolgen kann.

Bestehende Brücken sind für einen Lastzug, bestehend aus drei der schwersten die Strecke befahrenden Locomotiven und nachfolgenden beladenen Güterwagen zu berechnen; im übrigen sind die vorstehenden Bestimmungen maßgebend. Die hiernach zulässige Inanspruchnahme darf jedoch in keinem Falle um mehr als 20% überschritten werden, und müssen gedrückte Theile nach der Euler'schen Knickformel mindestens eine dreifache Knicksicherheit besitzen. Brücken, welche wegen zu hoher Beanspruchung oder aus anderen Gründen, wie mangelhafte Ausführung, unzuweckmäßige Bauart, minderwertiges Material etc. oder wegen Änderung der Bahnanlage zu verstärken oder umzubauen sind, müssen — soweit immer thunlich — nach den neuen Vorschriften berechnet und ausgeführt werden.

Tabelle 10.  
Zur Bestimmung von  $M_x$ .

$\frac{x}{l}$	=	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18
		0.20	0.22	0.24							
$\frac{M_x}{M_{max}}$	=	0.000	0.089	0.174	0.254	0.331	0.403	0.471	0.535	0.595	0.651
		0.703	0.750	0.793							
$\frac{x}{l}$	=	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44
		0.46	0.48	0.50							
$\frac{M_x}{M_{max}}$	=	0.833	0.868	0.899	0.926	0.948	0.967	0.981	0.992	0.998	1.000
		1.000	1.000	1.000							

Für dazwischenliegende Werte  $l$  und  $\frac{x}{l}$  ist geradlinig einzuhalten.

## B. STRASSENBRÜCKEN.

### I. Belastung.

1. Als ruhende Belastung ist das wirkliche Eigengewicht in Rechnung zu ziehen.

2. Als Verkehrslast ist für gewöhnlich eine gleichmäßig vertheilte Belastung anzunehmen, sofern nicht für die ganze Brücke oder einzelne Theile ein Lastwagen höhere Beanspruchungen ergibt, und zwar ist zu wählen:

a) für städtische Brücken mit starkem Verkehr eine gleichmäßig vertheilte Belastung von 450<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter oder ein vierräderiger Lastwagen von je 5<sup>t</sup> Raddruck bei 8.5<sup>m</sup> Länge (ohne Deichsel), 2.5<sup>m</sup> Breite, 4.5<sup>m</sup> Abstand der symmetrisch angeordneten Achsen und 1.5<sup>m</sup> Radstand;

b) für alle übrigen öffentlichen Brücken eine gleichmäßig vertheilte Last von 400<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter oder ein vierräderiger Lastwagen von je 3<sup>t</sup> Raddruck bei 7.5<sup>m</sup> Länge (ohne Deichsel), 2.4<sup>m</sup> Breite, 3.5<sup>m</sup> Abstand der symmetrisch angeordneten Achsen und 1.4<sup>m</sup> Radstand;

c) für Nebenwege, soweit diese nicht unter a und b fallen — eine gleichmäßig vertheilte Last von 350<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter oder ein vierräderiger Lastwagen von je 1.5<sup>t</sup> Raddruck bei 5<sup>m</sup> Länge (ohne Deichsel), 2.3<sup>m</sup> Breite, 2.6<sup>m</sup> Abstand der symmetrisch angeordneten Achsen und 1.3<sup>m</sup> Radstand;

d) für die Berechnung der einzelnen Theile der Gehwege und Fußgängerstege ist zu setzen: in Städten eine gleichmäßig vertheilte Last von 500<sup>kg</sup>; im übrigen eine solche von 400<sup>kg</sup> für den Quadrat-Meter;

e) als außergewöhnliche Belastung ist für die Brücken der Abtheilung b ein Lastwagen der Abtheilung a und für die Brücken der Abtheilung c ein solcher der Abtheilung b in Rechnung zu ziehen;

f) Brücken, auf denen in der Regel schwerere Lasten als die oben genannten verkehren oder zu erwarten sind, wie Straßenbahn-Locomotiven und dergleichen, sind hierfür zu berechnen.

3. Als wagrechte Belastung kommt nur der Winddruck in Betracht, und gelten hierfür die gleichen Bestimmungen wie für Eisenbahnbrücken, nur ist als Ansichtfläche der Verkehrslast ein volles Rechteck von 2<sup>m</sup> Höhe unmittelbar über der Fahrbahn anzunehmen.

### II. Querschnittsbestimmung.

Der Bestimmung der Querschnitte sind folgende Beanspruchungen in Kilogramm für den Quadrat-Centimeter, die nicht überschritten werden dürfen, zu Grunde zu legen.

1. Bei Verwendung von Schweißseisen:

$$K = \frac{1000}{1 + \frac{1}{3} \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max}}} = \frac{6000}{8 - 2\psi}$$

2. Bei Verwendung von Flusseisen:

$$K = \frac{1200}{1 + \frac{3}{5} \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max}}} = \frac{6000}{8 - 3\psi}$$

3. Bei außergewöhnlicher Belastung darf die Beanspruchung höchstens betragen:

für Schweißseitheile 1000<sup>kg</sup> für den Quadrat-Centimeter,

für Flusseitheile 1200<sup>kg</sup> " " " "

jedoch für gedrückte Theile innerhalb dieser Grenzen nicht mehr als 1.5  $K_0$ .

Im übrigen gelten die gleichen Bestimmungen wie für Eisenbahnbrücken.

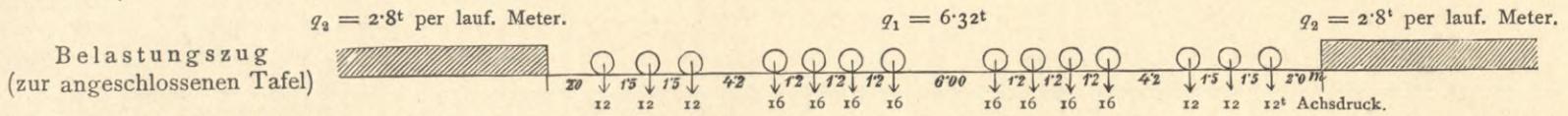
### III. Die allgemeinen Bestimmungen und constructiven Vorschriften

für Eisenbahnbrücken sind auch hier maßgebend. Beton und Asphaltierungen sind zu 2200<sup>kg</sup>, Einschotterungen zu 2000<sup>kg</sup> für den Cubik-Meter anzunehmen.

Bestehende Brücken sind nach vorstehenden Bestimmungen zu berechnen, und darf hierbei die zulässige Beanspruchung in keinem Falle um mehr als 40% überschritten werden.

Nachtrag: Zu I, 8a. — Ungarn berechnet die neuen Eisenbahnbrücken der Staatseisenbahnen auf Grund der im Protokoll, aufgenommen im Handelsministerium zu Budapest den 14. April 1893 enthaltenen Vorschriften, welche durch Verfügung des Handelsministers am 9. September 1893 bestätigt wurden.

Zu II, 1. — Der Belastungszug setzt sich zusammen aus zwei Kopf gegen Kopf gestellten vierachsigen Locomotiven von je  $16^t$  Achsdruck und  $1.2^m$  Achsentfernungen und dreiachsigen Tendern von je  $12^t$  Achsdruck bei  $1.5^m$  Achsentfernung mit je nach Bedarf beiderseits anschließenden beladenen Güterwagen, die einer gleichmäßig vertheilten Last von  $2.8^t$  per lauf. Meter gleichkommen. Für Träger unter  $15^m$  Stützweite ( $l$ ) sind die Lasten wie in der Schweiz um  $2(15 - l)\%$  zu erhöhen.



Zu III. — Unter Berücksichtigung des Zuschlages für Stützweiten unter  $15^m$  ergeben sich hieraus für die Berechnung der Maximalmomente folgende Belastungsgleichwerte ( $q$ ):

Stützweite $l =$	1	2	2.5	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100 <sup>m</sup>
$q =$	40.96	20.16	17.28	15.98	10.70	7.74	7.08	6.81	6.44	6.02	5.66	5.35	5.10	4.90	4.72 <sup>t</sup> per lauf. Meter.

Zu IV. — Der Ungarn'sche Belastungszug liefert von allen besprochenen Vorschriften (Engesser's Vorschlag ausgenommen) die höchsten Werte für die Berechnung der Fahrbahnquerträger, wie nachfolgende Daten zeigen:

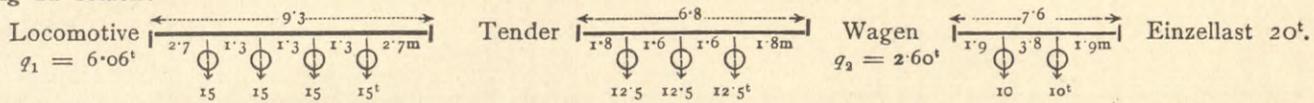
für Querträger von  $4.5^m$  Stützweite, die in Abständen  $a$  angeordnet sind, ist einschließlich des Zuschlages (vergl. Textfigur 7 links),

für $a =$	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6 <sup>m</sup> ,
$P =$	10.24	14.22	18.14	20.80	23.81	25.87	27.33	28.40	29.18	30.04	31.62 <sup>t</sup> ,
$M =$	15.36	21.33	27.21	31.20	35.76	38.80	41.00	42.60	43.78	45.06	47.43 <sup>tm</sup> .

Zu X. — Bestehende Brücken sind für zwei der schwersten im Betriebe vorkommenden Locomotiven zu berechnen; bei Verstärkungen sind, wenn die Kosten sich nicht viel höher stellen, die Belastungen neuer Brücken zu berücksichtigen.

Zu XI. — Als Belastung für Nebenbahnen dienen: drei dreiachsige Locomotiven von  $10^t$  Achsdruck und wenn großer Verkehr zu erwarten ist, zwei dreiachsige Locomotiven von  $12^t$  Achsdruck mit Tender und Wagen, wie für Hauptbahnen. Für Stützweiten  $l < 15^m$  sind die Achsdrücke um  $1.5(15 - l)\%$  zu erhöhen.

Russland: Zu II 1. Für die Berechnung neuer und die Verstärkung bestehender Brücken in Normalspurbahnen sind folgende Verkehrslasten in Rechnung zu setzen:



Der Belastungszug besteht aus zwei Locomotiven mit Tender in ungünstigster Stellung und Wagen beliebig vor und hinter den Maschinen. Leere Wagen an beliebiger Stelle und eine Zugstrennung ist zulässig.



# BELASTUNG UND BERECHNUNG EISERNE BRÜCKEN.

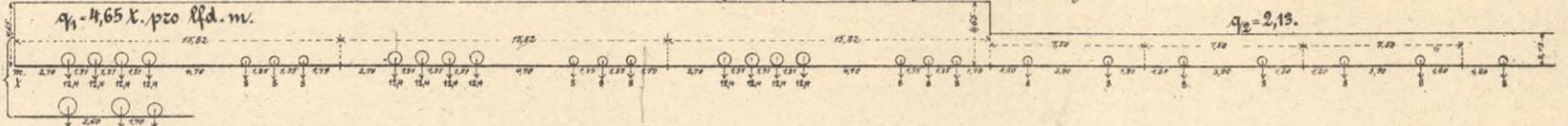
Bearbeitet von

Otto Hauger, großherzogl. Regierungsbaumeister in Karlsruhe.

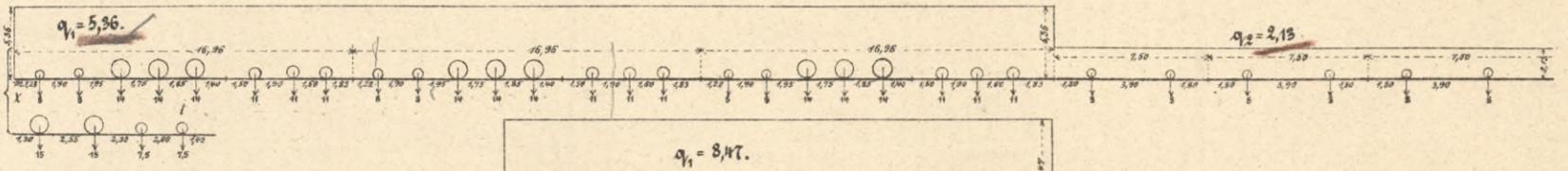
## Belastungszüge.

$q_1$  = Gewicht der Lokomotiven pro lfd. m.  $q_2$  = Gewicht der Wagen pro lfd. m.  
Die beigezeichneten Nebenachsen bzw. Einzellasten gelten für Berechnung der Fabrikbahnzüge.

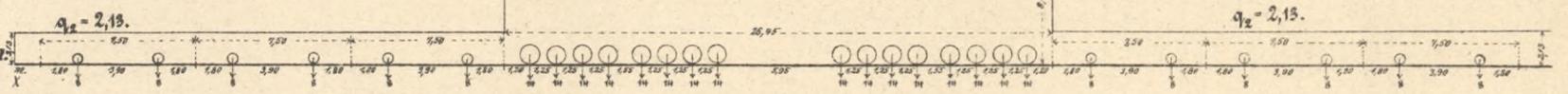
I. Baden.  
a. 1883.



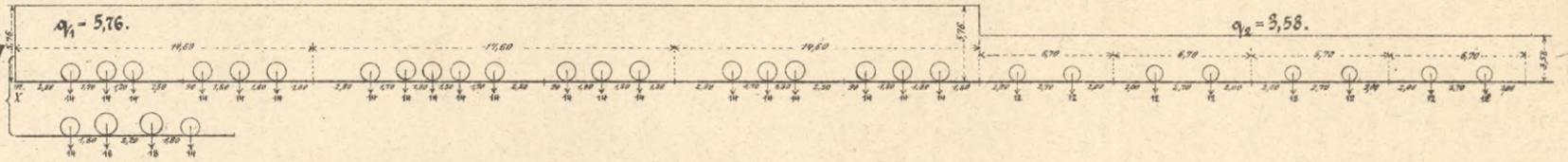
b. 1893.



c. Kanonenbrsp.

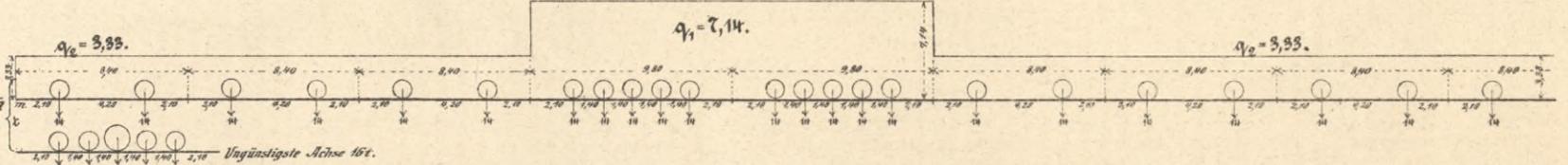


II. Württemberg

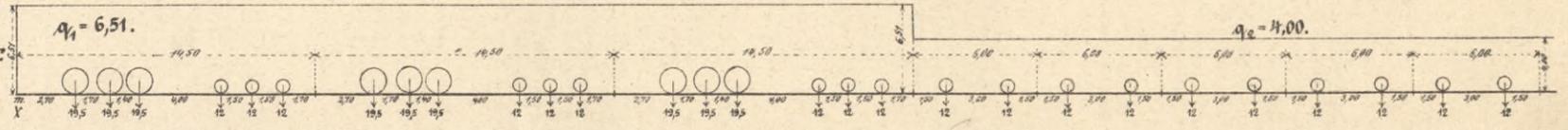


III. Bayern.

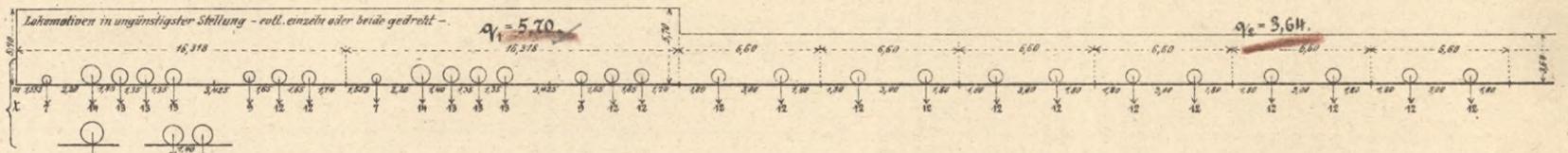
Belastungsprogramm  
1894.



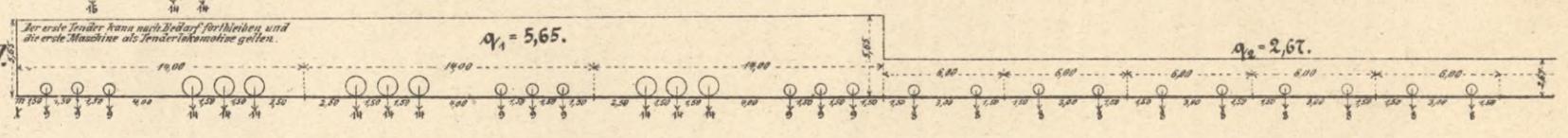
IV. Elsass-Lothr.



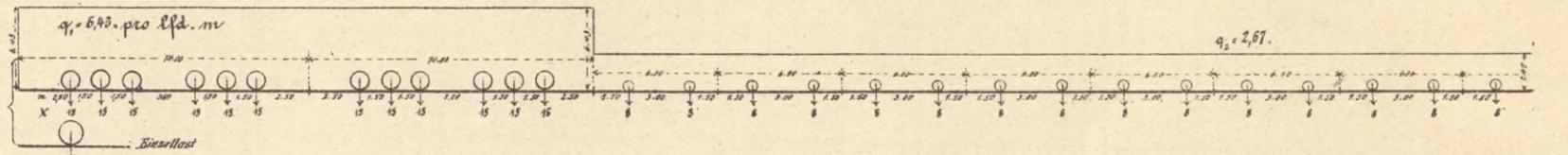
V. Preussen.



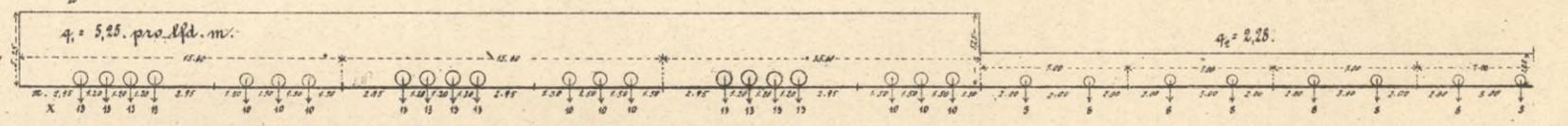
VI. E. D. Elberfeld.



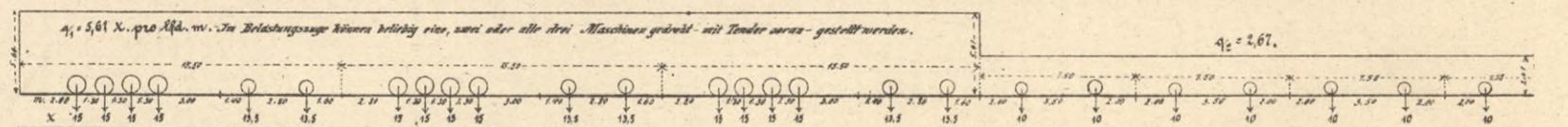
III. Sachsen.



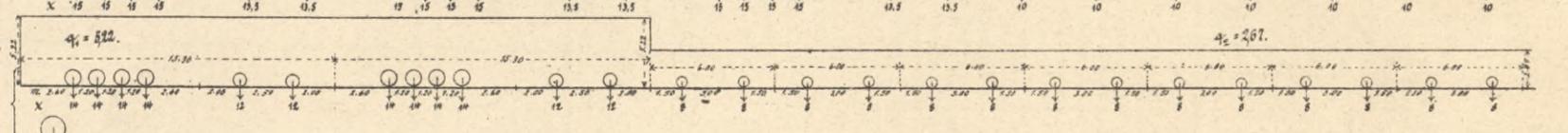
VIII. Oesterreich.



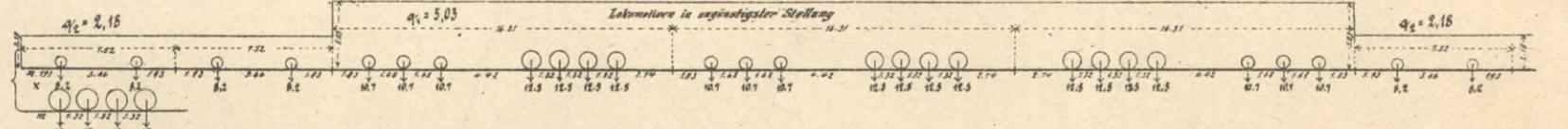
IX. Schweiz.



X. Frankreich

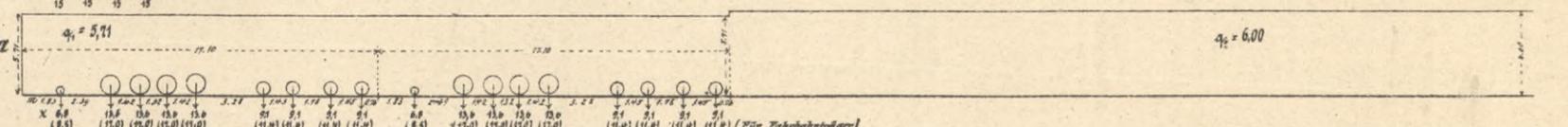


XI. Russland



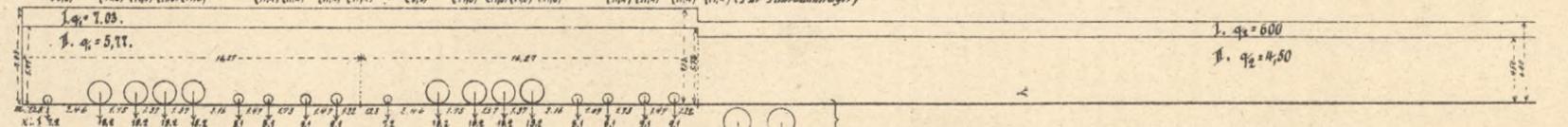
XII. Pennsylvania

Eisenbahn 1880



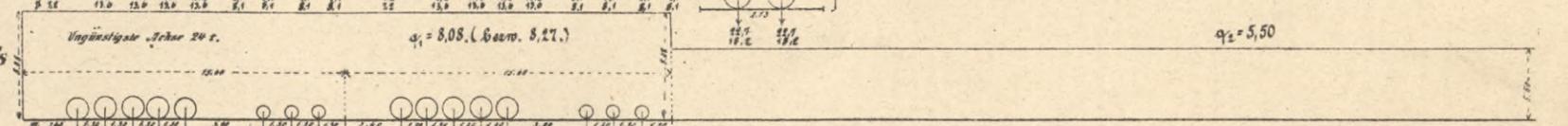
XIII. Cooper I.

" II



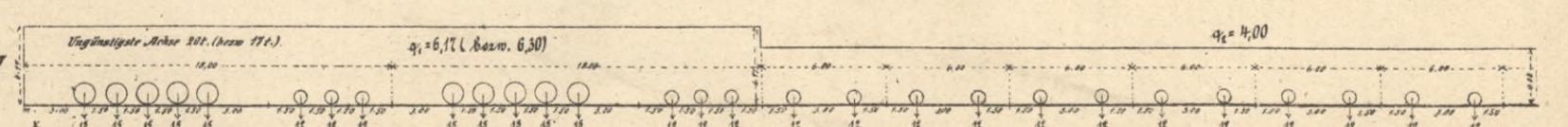
XIV. Engesser's

(Vorschlag)



XV. Vorschlag

des Verfassers







S. 2001





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

Dod.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



IV-301106

U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000302820