

# Die elektrische Eisenbahn von Bessbrook nach Newry in Irland

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **13/14 (1889)**

Heft 10

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-15606>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

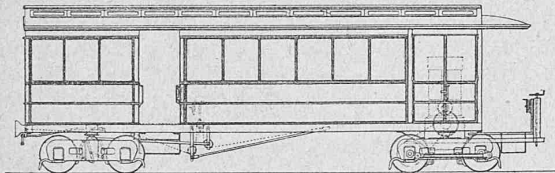
Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



dem Geleis und in dasselbe zu bringen. Die Abnutzung der Räder soll nicht erheblich und der Widerstand im Geleise nicht grösser sein als bei Rädern mit Spurrads. Solcher Güterwagen sind 22 vorhanden.

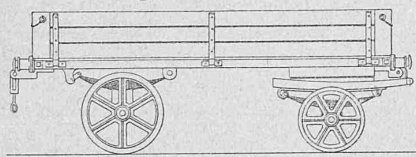
Erwähnenswerth ist eine auf automatischem Weg durch den Zug geschlossene und geöffnete Strassenschranke an einer Stelle, wo die Bahn unter schieferm Winkel eine Strasse schneidet. Die Vorderräder der Locomotive wirken, wenn sie sich auf ca. 40 m der 46 m langen Strassenkreuzung genähert haben, auf ein Pedal, welches einen Dreiwegehalm

Fig. 4. Personenwagen mit Electromotor.



1 : 130.

Fig. 5. Güterwagen.



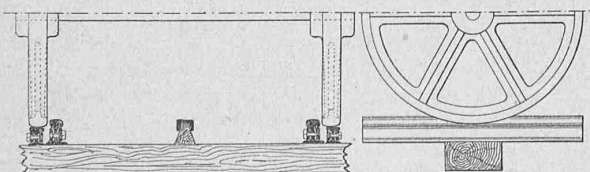
1 : 80.

öffnet. Aus einem Wasserreservoir fliesst in Folge dessen Wasser in einen Schacht, in welchem ein Schwimmer hängt, der durch sein Gewicht die Barriere geöffnet erhält. Steigt er, so schliesst sich die Barriere. Durch ein zweites Pedal wird der Halm so gestellt, dass sich der Schacht entleeren muss und die Schranke steigt wieder in die Höhe.

Die Betriebskraft für die Anlage wird einem natürlichen Wasserlauf entnommen, der im Tag 13 000 m<sup>3</sup> mit einem Gefäll von 8,50 m liefert. Die Turbine und die beiden Generatoren befinden sich in der Nähe von Bessbrook. Die Turbine mit horizontaler Axe macht 290 Umgänge in der Minute und besitzt im Maximum 62 Pferdekkräfte.

Die stromerzeugenden Dynamomaschinen, System Edison-Hopkinson, sind mit Nebenschlusswicklung versehen. Jede liefert bei 1000 Touren in der Minute und einer Spannung von 250 Volts einen Strom von 72 Ampères, was einer Leistung von 24,3 Pferdekkräften entspricht. Eine einzige der Maschinen genügt für gewöhnliche Verhältnisse. Beim Anfahren und auf den Steigungen wächst die Stromstärke auf das zwei- bis dreifache, und da die Spannung möglichst constant bleiben sollte, so wären also als Motor Dynamomaschinen mit gemischter Wicklung angezeigt gewesen. Die Wahl von solchen mit Nebenschlusswicklung

Fig. 6. Oberbau, und Räder der Güterwagen.  
Schnitt. Seitenansicht.



1 : 23.

geschah nur mit Rücksicht auf die Leichtigkeit der Kupplung derselben auf Quantität und der geringern Selbstinduction im Stromkreis beim Anfahren und Anhalten. Der electriche Nutzeffect der sehr solid construirten Maschinen beträgt 92,2%, der industrielle 90,4%.

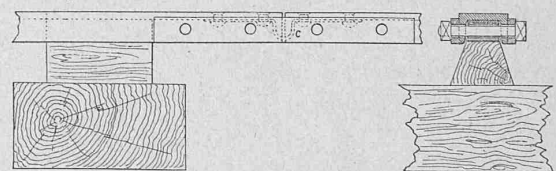
Die Stromzuführung zum Motor wird vermittelt durch ein U Eisen aus Stahl, das in der Längsaxe des Geleises laufend, auf hölzernen Klötzen ruht, die auf die Querschwellen aufgenagelt sind. An den Stössen der U Eisen ist die Leitung durch ein beidseitig sorgfältig aufgenietetes

Kupferseil gesichert. An den mit einer Ausnahme kurzen Strassenübergängen ist das U Eisen unterbrochen und das Kupferseil, aus 37 Drähten bestehend und sehr sorgfältig isolirt, ist auf die ganze Länge des Unterbruches unterirdisch geführt. Da die vordere, den Strom aufnehmende Bürste das U Eisen erreicht, ehe die hintere dasselbe verlässt, wird der Strom nicht unterbrochen.

Eine einzige Ausnahme macht die schon erwähnte Strassenkreuzung von 46 m Länge. Hier musste zu einem andern Auskunfts Mittel geschritten werden, das darin besteht, dass der Strom oberirdisch geführt wurde mit Hilfe eines Kupferdrahtes, der an zwei Stangen befestigt ist und die Strasse in einer Höhe von etwa 4 1/2 m lose in schiefer Richtung überspannt. Ueber dem Motorwagen befindet sich eine eiserne Querstange in solcher Höhe, dass der erwähnte Kupferdraht beim Passiren der Kreuzung auf derselben schleift, und so einen Contact herstellt, der sich als durchaus zuverlässig erwiesen haben soll. Das nämliche einfache Mittel gestattet auch die Abzweigung zweier Linien. Es werden zu diesem Zwecke für beide Geleise die Leitungen auf eine gewisse Distanz oberirdisch geführt, und beide Drähte etwas hinter der Abzweigung durch einen quer gespannten Draht verbunden. In diesem Fall müssen aber zwei Contactstangen vorn und hinten über dem Wagen angebracht sein. In dem Augenblick, in welchem die hintere Contactstange des abzweigenden Wagens den Leitungsdraht des Hauptgeleises verlässt, ist die vordere Contactstange schon in Berührung mit dem Leitungsdraht des Nebengeleises, welcher jetzt den Strom durch den quergespannten Draht aus der Leitung des Hauptgeleises erhält.

Die Unterlagsklötze, auf welchen die die eigentliche Zuleitung bildenden U Eisen befestigt sind, bestehen aus getrocknetem in Paraffin gekochtem Pappelholz, von welchem sie 75% ihres Gewichtes aufnehmen. Der Isolationswiderstand der Zuleitung beträgt bei einer Spannung von 250 Volt 620—555 Ohm pro Kilometer unter ungünstigen

Fig. 7. Leitung des electrischen Stromes.  
Längs-Ansicht. Querschnitt.



Umständen, was für die Praxis ausreichen dürfte, da der Verlust nur ca. 1/6 Ampère oder 6/100 Pferdekraft pro Kilometer ausmacht. Bei sehr feuchtem Wetter kann derselbe allerdings auf das Vierfache ansteigen. — Die U Eisen sind aus Stahl gewalzt, der 0,09 % Kohle, 0,02 % Silicium, 0,63 % Mangan enthält und einen specifischen Widerstand von 0,0000121 Ohm besitzt. Da der Querschnitt 8,817 cm<sup>2</sup> beträgt, so beläuft sich also der Widerstand der Zuleitung per Kilometer auf 0,132 Ohm. Das Gewicht pro laufenden Meter stellt sich auf 6,46 kg, der Preis in Newry auf 190 Fr. die Tonne. Da das nämliche Gewicht Kupfer mit einem Widerstand von 0,0000016 Ohm 2100 Fr. kosten würde, kommt die Leitung aus Stahl bei gleicher Leitungsfähigkeit auf 2/3 der Kupferleitung zu stehen.

Die Rückleitung geschieht durch die vier nicht isolirten gegentheils an einigen Stellen mit dem Erdboden in leitende Verbindung gebrachten Fahrsschienen, ebenfalls aus Stahl bestehend, die zusammen einen Querschnitt von 78 cm<sup>2</sup> und bei einem specif. Widerstand von 0,0000160 einen Leitungswiderstand von 0,024 \*) Ohm besitzen. An den Stössen

\*) Beim Nachrechnen ergeben sich öfter kleinere oder grössere Differenzen in den electrischen Masszahlen. Da uns die Originalarbeit „The Bessbrook and Newry Tramway“ by E. Hopkinson, am 6. December 1887 der „Institution of civil Engineers“ vorgelegt, nicht zugänglich war, wir vielmehr auf ein Referat im Octoberheft 1888 der „Revue générale des Chemins de fer“ angewiesen waren, konnten nur in einigen wenigen Fällen grössere Fehler, offenbar Druckfehler, corrigirt werden.

ist auch die Rückleitung durch eingelegte Kupferdrähte gesichert.

Die Dynamomaschinen der Motorenwagen sind direct gewickelte (Hauptstrom)-Maschinen, deren Schenkel bei der mittlern Stromstärke von 72 Ampères ihren Sättigungsgrad erreichen. Der Schenkelwiderstand beträgt 0,113 Ohm, der Ankerwiderstand 0,112 Ohm, was bei einer Spannung von 220 Volt und einem Strom von 72 Ampères einen electricischen Nutzeffect von 92,6% ergibt und einen industriellen von 90,7%. Die entwickelte Kraft von im Mittel 20 Pferden wird mittels Schneckengetriebe auf ein Vorgelege und von diesem mittels einer besonders stark und leicht construirten Gall'schen Kette aus Stahl auf die zwei gekuppelten Triebaxen des vordern Radgestells übertragen. Das Uebersetzungsverhältniss ist so gewählt, dass die 710 mm im Durchmesser haltenden Triebräder eine Umdrehung auf 8 Umdrehungen des Ankers machen, 60 Umgänge des Ankers pro Minute einer Geschwindigkeit von 1 km pro Stunde entsprechen. Bei einer Geschwindigkeit von 11 km pro Stunde bewegt sich die Gall'sche Kette mit 2,3 m pro Secunde und übt eine Zugkraft von 640 kg aus. Beim Anfahren steigt diese auf 1540 kg. Da bei direct gewickelten Maschinen das Drehmoment innerhalb gewisser Grenzen der Stromstärke proportional ist, so ist man sicher, genügende Kraft zum Anfahren und zum Ueberwinden der Rampen entwickeln zu können.

Der Strom wird dem Dynamomotor durch zwei Bürsten zugeführt und abgeleitet durch die Schmierbüchsen und die Räder.

Der Zug besteht gewöhnlich ausser dem Motorwagen aus 2—3 Güterwagen, wozu oft noch ein zweiter Personenwagen kommt. Mit diesen Lasten von 30 Tonnen werden die Steigungen von 20‰ mit einer Geschwindigkeit von 10—11 km pro Stunde befahren.

Sehr interessant sind die Resultate der vorgenommenen Messungen, die an drei Zügen mit 28,650, 21,900 und 8,800 Tonnen vorgenommen wurden. Wir stellen im Nachfolgenden die erhaltenen Resultate zusammen:

	I. Zug	II. Zug	III. Zug
Kraftabgabe an die Turbine			
in Pferdekraftstunden	30,40	20,63	13,9
Leistung des Stromerzeugers	18,10	10,86	4,71
Leistung des Motors	12,60	7,82	3,62
Verlust im Stromerzeuger	1,69	0,88	0,40
Verlust im Motor	2,07	0,90	0,165
Verlust durch den Leitungswiderstand	1,82	0,65	0,14
Verlust durch die Isolation	0,71	0,52	0,39
Summe dieser Verluste	6,31	2,95	1,10

Drückt man alle Grössen in Procenten der an die Turbine abgegebenen Kraft aus, indem man diese = 100 setzt, so erhält man folgende lehrreiche Tabelle:

Entwickelte Kraft	I. Zug		II. Zug		III. Zug	
	100	100	100	100	100	100
In der Turbine*)						
den Stromerzeuger	59,5	100	52,6	100	33,9	100
Motor	41,3	69,4	37,9	72,0	26,1	76,8
Verlust im Stromerzeuger	5,5	9,3	4,2	8,0	2,9	8,6
Motor	6,8	11,4	8,3	8,3	1,2	3,5
durch die Isolation	2,3	3,9	2,5	4,8	5,8	8,3
durch den Leitungswiderstand	6,0	10,6	3,2	6,0	1,8	3,1

Man ersieht aus dieser Tabelle, dass der Gesamt-Nutzeffect der Anlage von 41,3% bei den schweren Zügen sinkt auf 26,1% bei den leichten Zügen, während umgekehrt der electricische Nutzeffect steigt von 69,4% auf 76,8%. Es hängt dies zusammen mit dem schlechtern Nutzeffect der Turbinen bei geringer Inanspruchnahme. Im Mittel aus den drei Fahrten ergibt sich ein electricischer Nutzeffect von 72,7%; die Verluste betragen im Mittel:

Verlust am Stromerzeuger	8,6%
Stromempfänger (Motor)	7,7%
durch den Leitungswiderstand der Linie	6,6%
die Isolirungen	5,7%
	28,6%

in welchen Verlusten die geringen mechanischen Widerstände der Anker nicht mitenthalten sind.

Im Durchschnitt, d. h. bei vollbesetzten Zügen, kann man also auf eine Ausnützung von 40% der den Turbinen zugeführten Kraftmenge rechnen, was, verglichen mit der Ausnützung der Brennmaterialien in den durch Dampfkraft bewegten Locomotiven, ein sehr schönes Resultat ist.

Bei der ersten Fahrt mit einem Brutto-Zugsgewicht von 28,6 t leistete der Electromotor 12,6 Pferdekraftstunden und da er einen Stromverlust von 2,07 Pferde-Stunden verursachte, wurden ihm also im Ganzen zugeführt 14,67 Pf.-Std. während einer Fahrt von 36 Minuten Dauer, was einer Secunden-Leistung, einem Effect von 24,4 Pferdekraften gleichkommt. Es ist nun werthvoll zu untersuchen, welches Accumulatorenge wicht im Stande wäre, dieselbe Kraft zu liefern, resp. den zugeleiteten Strom zu ersetzen im Stande wäre. Die „Electrical Power Storage Company, London“ gibt als höchste Aufnahmefähigkeit ihrer Accumulatoren pro 1 kg Bruttogewicht 7 Ampère-Stunden zu 2 Volt, also 14 Stunden Volt-Ampères. Obige 14,67 P. entsprechen aber 10797 Volt-Ampères, die demnach durch 772 kg Accumulatoren geliefert werden könnten. Für eine einzige Thal- und Bergfahrt würde also eine Vermehrung der todten Last des Zuges um 772 kg nothwendig sein, und wenn man die Accumulatoren nur einmal im Tag wechseln wollte, eine solche von 7,7 t. Dies würde dann allerdings sehr ungünstige Folgen haben. Das vermehrte Gewicht würde stärkere Motorenwagen erfordern, so dass das Bruttogewicht obigen Zuges auf etwa 40 t zu stehen käme, was wieder vermehrtem Kraftaufwand, also vielleicht Vergrößerung der Turbinenanlage rufen, zusammen also mit der doppelten Serie der Accumulatoren eine Mehranlage von ca. 30000 Fr. erfordern würde mit etwa 40% Unterhaltungskosten für die Accumulatoren. Dieser Summe stände eine solche von ca. 15000 Fr. für die Erstellung des Stromleiters nebst den unwesentlichen Unterhaltungskosten desselben gegenüber. Dies ist allerdings die ungünstigste Rechnungsweise, denn wenn man die Accumulatoren unter Tag auswechseln wollte, so würde sich der Betrieb mit denselben erheblich besser stellen.

Noch etwas günstiger stellen sich die Aussichten für Accumulatoren-Betrieb, wenn die Angaben über die von den Herren Crommelin und Demazures für das unterseeische Torpedoboot „Gymnote“ gebauten Accumulatoren zuverlässig sind. Diese riesige Batterie von 546 Zellen soll nämlich 345 Pferdekraftstunden fassen bei einem Gewicht von 9840 kg. Eine Pferdekraft-Stunde würde also noch ein Gewicht von 28,6 kg erfordern und die Tagesleistung von 10 Zügen zu 14,67 P.-Stunden 4196 kg, was immer noch einer erheblichen Vermehrung der todten Last, resp. Verminderung der Nutzlast um ca. 25% pro Zug gleich käme.

Auch die Vergleichung mit den durch ein continuirliches Seil betriebenen Tramways in San Francisco hat die beschriebene electricische Bahnanlage nicht zu scheuen. Die Ausnützung der Kraft stellt sich dort wie folgt:

Indicirte Pferdekraften an den Dampfmaschinen	798,7 HP
Auf das Seil übertragen	548,2 HP
Auf die Wagen übertragen	250,5 HP

so dass von den indicirten 798,7 HP nur 32% ausgenützt werden, allerdings mit Steigungen, die ohne Seil nur mit Hilfe einer Zahnstange überwunden werden könnten. Dagegen würde die electricische Uebertragung, da vom Zugsgewicht von 28,6 t ca. 3 1/2 t auf den Motor zu rechnen, also nur 88% als geförderte Last zu betrachten wären, und wenn man ferner von der indicirten Leistung der Dampfmaschinen 15% Reibungsverluste in den Stromerzeugern, Transmissionen u. s. w. abrechnen würde, im Ganzen 54%

\*) Soll offenbar heissen: Den Turbinen zugeführte Wasserkraft.

statt 32% der Leistung der Dampfmaschinen ausgenutzt, da nach den oben angegebenen Versuchsergebnissen der Nutzeffect der electricischen Kraftübertragung im Mittel zu 72% veranschlagt werden kann.

### Literatur.

**Die Baumechanik, auf Grundlage der Erfahrung bearbeitet von L. Tetmajer,** dipl. Ingenieur, Professor am eidgen. Polytechnikum, Director der eidg. Festigkeitsanstalt etc. *II. Theil: Die angewandte Elasticitäts- und Festigkeitslehre.* Erste für sich abgeschlossene Hälfte.

Hat man Theile von Bauconstructions zu dimensioniren, welche andern als reinen Zug- oder Druckkräften zu widerstehen haben, so spielt in den meisten Fällen das sog. „practische Gefühl“ des Constructeurs eine grosse Rolle, weil die bisher gebräuchlichen Formeln Abmessungen ergeben, die sich in der Ausführung als incorrect erweisen. Die hierdurch bedingte ungenügende Materialausnützung zu beseitigen, bedarf es der wissenschaftlich experimentellen Untersuchung des Verhaltens der verschiedenen Baustoffe unter dem Einfluss äusserer Kräfte. *In dem vorliegenden Werk hat es der Herr Verfasser unternommen, die in genannter Richtung bis auf die neueste Zeit erhaltenen werthvollen Resultate übersichtlich zusammen zu stellen und deren Bedeutung zu erläutern; daran anschliessend werden dann gewisse rein theoretische Formeln in der Weise corrigirt, dass fürderhin Rechnung und Wirklichkeit thunlichst übereinstimmen.*

Um hiebei dem Leser einen Einblick zu verschaffen in die Grenzen, innerhalb welchen die Correctur sich bewegt und um es ihm zu ermöglichen, Tragweite und Bedeutung der letztern zu beurtheilen, sind die Versuchsergebnisse den aus der corrigirten Formel sich ergebenden Werthen gegenüber gestellt. Aus diesen vergleichenden Zusammenstellungen ist ersichtlich, dass in den behandelten Fällen die aus Versuchen hergeleiteten Hilfsmittel und Methoden der Dimensionirung von Bauconstructions dem ausführenden Techniker gestatten, mit ungleich grösserer Sicherheit als wie bisher, das erforderliche Minimum an Querschnittsfläche zu bestimmen. Unter dieses Minimum darf nicht gegangen werden; überschritten muss es werden, sofern die Bedingungen der angewendeten Formel nicht erfüllt sind. Die richtige Beurtheilung der einschlägigen Verhältnisse nach dieser Seite hin wird durch die vom Verfasser gewählte eigenartige Bearbeitung des Stoffes ganz wesentlich gefördert.

Den Inhalt des Buches können wir in drei Hauptabschnitte gliedern:

*I. Allgemeine Definitionen der Elasticitäts- und Festigkeitslehre; Methode der Qualitätsbestimmung der verschiedenen Baustoffe.* Dieser Abschnitt, zum Theil rein technologischer Art, entspricht durchaus der Tendenz des ganzen Werkes, welches den Bedürfnissen der Praxis möglichst gerecht werden will und deshalb auch auf durchaus constructiver Grundlage aufgebaut ist. Auf dem Gebiete der Qualitätsbestimmung ist der Verfasser den Lesern dieser Zeitschrift durch seine frühern Veröffentlichungen so bekannt, dass es genügt die übersichtliche Zusammenstellung der betreffenden Vorschriften in diesem ersten Abschnitt zu erwähnen. Welch unangenehme Folgen eine mangelhafte Beurtheilung des Materials haben kann, beweist das auf Seite 175—77 behandelte Beispiel (Pfeiler der Façade eines Neubaus in Genf, beansprucht durch excentrische Druckkräfte).

*II. Der Balken unter dem Einfluss äusserer Kräfte (mit Ausschluss der Torsion).* Die Bestimmung der Deformationen, hervorgerufen durch die Einwirkung einer beliebigen äusseren Kraft, führt naturgemäss zum Trägheitsmoment ebener Querschnittsflächen und zu den Beziehungen, welche existiren zwischen Nullaxe und Kraft-Angriffspunkt. Auch dieser Abschnitt ist in klarer und übersichtlicher Weise bearbeitet. Einzelne Theile, z. B. die Ermittlung der Trägheitshalbmesser der gebräuchlichen einfachen Querschnittsfiguren, hätten sich wol ohne wesentlichen Nachtheil in gedrängterer Form behandeln lassen. Die zwei Beispiele der graphischen Bestimmung des Trägheitsmomentes zusammengesetzter Querschnittsformen unter Benutzung der Centralellipsen der Partialflächen werden manchem Leser willkommen sein.

*III. Specialisirung der Grundgleichungen der Festigkeitslehre nach folgenden Richtungen:*

Die Mittelkraft der ausserhalb eines Schnittes wirkenden Kräfte reducire sich

a) auf eine concentrische Normalkraft — einfache Normalfestigkeit;

b) auf eine excentrische Normalkraft — zusammengesetzte Normalfestigkeit;

c) auf eine centrische Transversalkraft — Transversalfestigkeit;

d) auf eine zur Schnittfläche parallele Kraft — Biegungsfestigkeit.

In allen diesen Fällen wird auf die drei Hauptarten von Baustoffen: Stein, Holz und Eisen Rücksicht genommen. Wo Theorie und Versuch im Widerspruch stehn, ist für gewisse Materialien ein *Vermittelungscoefficient* bestimmt worden, dessen Einführung die rein theoretische Formel in einer Weise corrigirt, dass ihre Ergebnisse sich jenen der Versuche möglichst anschmiegen. In jedem Capitel ist die Anwendung der aufgestellten Formel an zahlreichen Beispielen erläutert. Diese sind fast durchwegs ausgeführten Constructions entnommen, wodurch sich Gelegenheit bot, eine ganze *Sammlung von Detailconstructions* vorzuführen. Ausführliche Angaben über das in diesem dritten Abschnitt gebotene reiche, zum Theil vollständig neue Material würden viel zu weit führen; wir beschränken uns daher, das *Wesentlichste* daraus hervorzuheben.

a) *Einfache Normalfestigkeit:* Zug, Druck und aus letztem hervorgehend Knicken.

Die Dimensionirung von auf Zug oder Druck beanspruchten Constructions aus schmiedbarem Eisen geschieht vom Boden der Wöhler-Bauschinger'schen Dauerversuche aus, auf welche gestützt die allgemeine Formel für die zulässige spezifische Beanspruchung aufgestellt wird. Erwünscht wäre es gewesen, die anderweitig hiefür verwendeten Formeln ebenfalls vorzuführen. Für Stein-, Holz- und Flusseisenconstructions ist die Zug- resp. Druck-Festigkeit unter Verwendung eines gewissen Sicherheitscoefficienten als massgebend angenommen. Ausführliche Zusammenstellungen liefern die nöthigen Anhaltspunkte für die practischen Vorkommnisse.

Ist der durch centrische Druckkräfte beanspruchte Stab von genügender Länge, so treten *Knickungserscheinungen* auf. Gestützt auf seine Versuche hat Tetmajer zuerst nachgewiesen, dass in der Schwarz-Rankine'schen Formel:

$$\sigma_k = \frac{\sigma_d}{1 + \eta \left(\frac{l}{k_s}\right)^2}$$

der das Material characterisirende Coefficient  $\eta$  nicht constant ist, sondern als Function des Verhältnisses  $\left(\frac{l}{k_s}\right)$  aufgefasst werden muss\*), resp.

dass es hierdurch möglich gemacht wird, Formel und Beobachtung in Uebereinstimmung zu bringen, auch in jenem Intervall, wo elastische Knickerscheinungen ausgeschlossen sind. Das reichhaltige einschlägige Versuchsmaterial ist beim betreffenden Baustoff jeweils übersichtlich zusammengestellt.

Für Holz ist  $\eta$  durch umfassende Versuche für die Praxis *endgültig* festgestellt. Beim schmiedbaren Eisen werden genietete Stäbe noch eingehender zu untersuchen sein, doch lassen die bis jetzt vorliegenden Resultate den Schluss zu, dass eine *wesentliche* Aenderung des Werthes von  $\eta$  nicht zu erwarten steht. Für Gusseisen sind die Versuche noch lückenhaft. Die Uebereinstimmung in den Versuchen von Bauschinger und Tetmajer — ausgeführt an Hohlstäben resp. Prismen — haben aber doch gestattet,  $\eta$  wenigstens für *liegenden Guss* in weit zuverlässigerer Weise zu bestimmen als dies bisher möglich war. Für Stein fehlen die Versuche noch gänzlich.

Der Werth:  $1 + \eta \left(\frac{l}{k_s}\right)^2$ , als *Abminderungscoefficient* bezeichnet,

kann hiernach für jedes untersuchte Material in Function von  $\left(\frac{l}{k_s}\right)$  ein für alle Mal ausgerechnet werden. Neben den so erhaltenen Tabellen finden wir zahlreiche andere, welche die Abmessungen, Gewichte, Trägheitsmomente, Widerstandsmomente und Trägheitshalbmesser von Winkelisen, T-Eisen, L-Eisen, I-Eisen, Quadranteisen und gusseisernen Hohlstäben zu entnehmen gestatten, und mit deren Hilfe die Dimensionirung eines auf Knicken beanspruchten Stabes wenig mehr Zeit erfordert, als wenn es sich um einfachen Zug oder Druck handelte.

Die *freie Knickungslänge* ist für verschiedene Anordnungen ebenfalls auf experimentellem Wege bestimmt worden. Gerade hier ist aber die Manigfaltigkeit in den Details so gross u. die Art der Ausführung so bestimmend, dass von absoluten Zahlen wohl niemals wird gesprochen werden können.

Unter den „Anwendungen“ finden wir bei den Eisenconstructions, als von allgemeinem Interesse, behandelt: Seile und Ketten und hieran anschliessend die Berechnung der Kettenglieder von Hängebrücken;

\*) „Schweiz. Bauzeitung“ Bd. X. Nr. 16.