Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 9/10 (1887)
Heft: 16

Artikel: Zur Theorie der Knickungsfestigkeit
Autor: Tetmajer, L.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-14423

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INHALT: Zur Theorie der Knickungsfestigkeit. Von Professor L. Tetmajer in Zürich. — Preisbewerbung für eine neue Tonhalle in Zürich. III. — Patentliste. — Miscellanea: Lithanod-Secundär-Batterien. Schmalspurbahnen. Personenwagen-Beleuchtung auf den Eisenbahnen Deutschlands. Am neuen Frankfurter Opernhaus. Birsigthalbahn. — Concurrenzen: Neue Tonhalle in Zürich. Näfelser Denkmal. Ständehaus in Rostock. — Vereinsnachrichten. Stellenvermittelung.

Hiezu eine Lichtdrucktafel: Preisbewerbung für eine neue Tonhalle in Zürich. Entwürfe von Arch. Eugen Meyer in Paris und von Arch. W. Martin in Riesbach (Zürich).

Zur Theorie der Knickungsfestigkeit.

Von Prof. *L. Tetmajer* in Zürich.

Zur Berechnung der Abmessungen rückwirkend beanspruchter Bauconstructionen mit entsprechend ausgeprägter Längenausdehnung dienen derzeit vorwiegend zwei, von einander völlig verschiedene Formeln. Die eine, die *Euler*'sche Formel

$$\sigma_k = \frac{\alpha \varepsilon}{n} \frac{J}{F l^2} = \frac{\alpha \varepsilon}{n} \left(\frac{k}{l}\right)^2$$

ist als die theoretische Knickungsformel bekannt und durch Integration der Differentialgleichung der elastischen Linie des rückwirkend beanspruchten Balkens erhältlich. Die andere, vielfach angewandte Knickungsformel, ist eine empirische und soll zuerst von *Gordon*, nach andern Quellen durch *Schwarz* in Stuttgart (1854) aufgestellt worden sein. *Rankine* hat dieselbe aufgegriffen, unwesentlich modificirt und in seinem „*Manual of Civil Engineering*" (1862) wiedergegeben; in der modificirten Form ist die *Schwarz-Gordon*'sche Knickungsgleichung als die *Rankine*'sche Formel bekannt. Wir wollen dieselbe fortan als die *Schwarz-Rankine*'sche Knickungsformel benennen und in der Form:

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

schreiben. Bekanntlich bezeichnet in vorstehenden Ausdrücken:

- α eine, von der Einspannungsart des Stabes abhängige Constante;
- n den gewählten Sicherheitsgrad;
- l die Stablänge;
- k den kleinsten Trägheitshalbmesser ($k^2 F = J$);
- J das kleinste Trägheitsmoment der Querschnittsfläche für ihre Schweraxe;
- σ_d die zulässige specifische Inanspruchnahme auf Druck; endlich
- η den Erfahrungscoefficienten (Knickungscoefficient).

Die Brauchbarkeit der *Euler*'schen Formel zur Bestimmung der Dimensionen rückwirkend beanspruchter Bauconstructionstheile ist vielfach angezweifelt worden. Allerdings musste schon *Hodgkinson*, um die Ergebnisse seiner Festigkeitsversuche in eine algebraische Form zu kleiden, von der *Euler*'schen Formel abweichen. In seiner Geschichte der techn. Mechanik (1885) sagt Prof. *Rühlmann* unter anderem: „Für die Anwendung im Gebiete der Technik hat die *Euler*'sche Regel nur wenig Werth". Prof. *Lang* in Riga spricht ihr jede Bedeutung rundweg ab; er sagt: . . . . . „mit der *Euler*'schen Formel lässt sich in der Praxis nichts anfangen" . . . . „und sie sollte daher aus den Formelsammlungen für den practischen Constructeur ganz verschwinden" (1883).

Dass in dieser Allgemeinheit das Urtheil der genannten Herrn nicht ganz zutrifft, geht schon aus den einschlägigen Darstellungen des Hrn. *Zimmermann*, Centr.-Blatt der Bauverwaltungen, 1886, klar hervor. Prof. *Bauschinger's* experimentelle Untersuchungen der Knickungsfestigkeit, vergl. das 15. Heft seiner lehrreichen Mittheilungen, haben neuerdings bestätigt, dass zunächst für das zwischen Spitzen gelagerte, an den Enden also thunlichst bewegliche, façonirte Schmiedeisen die Versuchsresultate überhaupt nur mit der *Euler*'schen Formel befriedigend übereinstimmen.

Auch die im eidg. Festigkeitsinstitute an Holz und dem schmiedbaren Eisen ausgeführten Knickungsversuche bestätigen insoferne *Bauschinger's* Befund, als sowol das Schweiss- wie auch das Flussschmiedeisen bei Spitzenlagerung und Spannungen der Stäbe, die nicht allzunahe an der Elasticitätsgrenze der Druckfestigkeit des Materials liegen, eine in der That überraschende Uebereinstimmung der *Euler*'schen Formel ergaben. Bei Holz stimmen die Versuchsresultate mit der Rechnung nach *Euler's* Formel weniger gut, bei Stein selbst unter Anwendung eines mittleren Elasticitätsmoduls gar nicht überein.

Der Euler'schen Knickungsformel kann somit der Vorwurf gemacht werden, dass sie nicht für alle Baustoffe, mit welchen füglich der ausführende Techniker zu arbeiten hat, verwendbar sei, und dass sie für das elastische, schmiedbare Eisen bei entsprechend kurzen Stäben, also bei Stäben, deren Knickungskräfte in die Nähe der Elasticitätsgrenze des Materials fallen, zu grosse Zahlenwerthe liefert. Eine weitere, übrigens allen Knickungsformeln gemeinsam anhaftende Schwäche der *Euler*'schen Formel liegt in der Beurtheilung des Werthverhältnisses von α, sowie in der Wahl des anzuwendenden Sicherheitsgrades n. Prof. *Culmann* wählte mit Vorliebe $n = \pi^2$; andere Constructeure arbeiten mit $n = 5$ bis 10; Prof. *O. Intze* wählte bei Bearbeitung seines trefflichen Albums der deutschen Normalprofile $n = 5$ u. s. w.

Die ausgedehnte Anwendung, deren sich die empirische Formel von *Schwarz-Rankine* erfreut, möchte der Hauptsache nach in ihrer practischen Verwendbarkeit zur Dimensionirung rückwirkend beanspruchter Bauconstructionstheile zu suchen sein. Die zulässige Inanspruchnahme des Materials auf Druck σ_d ist stets mit hinreichender Sicherheit bekannt; der Nenner:

$$1 + \eta \left(\frac{l}{k}\right)^2 = m$$

stellt die Grösse der Abminderung der zulässigen Druckspannung wegen Knickungsgefahr dar und wäre in diesem Ausdrucke der Erfahrungscoefficient η bekannt, so könnte auch die schliessliche Dimensionirung des betreffenden Constructionstheils anstandslos vor sich gehen.

Bisher wurde η als ein vom Materiale abhängiger, somit für ein und dasselbe Material *constanter* Erfahrungscoefficient angesehen und behandelt. So nehmen beispielsweise

Laissle und Schübler: für *Schmiedeisen*: $\eta = 0{,}00008$
„ *Gusseisen* : „ $= 0{,}00025$
„ *Holz* : „ $= 0{,}00016$ an.

Ingenieur *Scharowski* verwendet in seinem Musterbuche für Eisenconstructionen

für *Schmiedeisen*: $\eta = 0{,}0001$,
„ *Gusseisen* : „ $= 0{,}0002$.

Aehnliche Zahlenwerthe legt Herr Ingenieur *Lauter* den Berechnungen seiner Brückenconstructionen zu Grunde.

Prof. *Bauschinger* hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass bei gusseisernen Säulen die Art des Gusses Einfluss auf den Erfahrungscoefficienten η übt. *Bauschinger* konnte wiederholt an Versuchen feststellen, dass bei Berechnung von Säulen der üblichen Länge:

bei stehendem Guss: $\eta = 0{,}00022$,
„ liegendem „ $\eta = 0{,}00060$

zu wählen sei.

Für *Holzpfosten* mit einer Länge gleich der 18- bis 20fachen Querschnittsbreite fand *Bauschinger* bei Kugellagerung der Probekörper:

$$\eta = 0{,}000060,$$

ein Werth, welcher sich mit dem von uns gefundenen (im Mittel aus 29 Versuchen: 0,000068) befriedigend deckt.

Die im Jahre 1882/83 im eidg. Festigkeitsinstitute an Holzprismen mit unterschiedlichen Längen ausgeführten Knickungsversuche haben unzweifelhaft dargethan, und sind durch alle späteren Versuche bestätigt, dass von einer Constanz des Knickungscoefficienten η überhaupt nicht die

Rede sein kann und dass die derzeit benützten Werthzahlen von η kaum mehr als den Werth einer beiläufigen Annäherung besitzen. Im Gegentheil weisen unsere, speciell an schmiedbarem Eisen ausgeführten Knickungsversuche des bestimmtesten darauf hin, dass sich η einerseits mit dem Materiale, dann aber mit dem Verhältnisse der Stablänge zum kleinsten Trägheitshalbmesser seiner Querschnittsfläche ändert, und dass es möglich ist η in Funktion $\left(\frac{l}{k}\right)$ derart auszudrücken, dass zwischen den Versuchsergebnissen und den, nach den Formeln von *Euler* und *Schwarz-Rankine* berechneten Werthen eine Uebereinstimmung sich ergibt, die Angesichts der schwierigen Versuchsausführung und der unvermeidlichen Unhomogenitäten des Materiales als eine geradezu überraschende bezeichnet werden darf.

Zweck vorliegender Arbeit ist die Mittheilung und Begründung der Funktion

$$\zeta = f\left(\frac{l}{k}\right)$$

für das schmiedbare Eisen, wobei wir uns vorbehalten auf andere Baustoffe gelegentlich zurückzukommen.

Bevor auf die zahlenmässige Darlegung der einschlägigen Verhältnisse eingetreten werden könnte, scheint es geboten, die Gesichtspunkte kurz anzuführen, die bei der Auswahl und Behandlung des Versuchsmaterials massgebend waren.

Um das Gesetz der Aenderung der Druckfestigkeitsverhältnisse des schmiedbaren Eisens bei entsprechender Aenderung der Länge der Versuchsstäbe festzustellen, schien es wichtig, zunächst das Versuchsmaterial selbst derart zu wählen, dass dessen absolutes Tragvermögen thunlichst frei von allen zufälligen Einflüssen, wie sie insbesondere die Packetirung, die Einflüsse der Reibungsflächen der Walzenzüge, die Temperaturunterschiede in verschiedenen Theilen des Profils während der Walzung, die Einflüsse des mitunter barbarischen Geraderichtverfahrens façonirter Eisensorten mit sich bringen, zur Geltung gelange. Das Versuchsmaterial sollte also möglichst homogen und frei sein von schädlichen Einflüssen der Fabrication. Diesen Bedingungen entpricht wol das *Flusseisen in Rundstabform* am vollkommensten. Um jedoch auch den Anhängern des Schweisseisens gerecht zu werden, anderseits das relative Verhalten des an sich hochwerthigen Flusseisens bei Inanspruchnahme auf Druck näher kennen zu lernen — man erinnert sich in dieser Hinsicht der Auseinandersetzungen des Hrn. Prof. *Krohn* — hat der Berichterstatter beschlossen, unter sonst genau gleichen Verhältnissen das *Schweiss-* und *Flusseisen* in *Rundstab*form seinen Versuchen zu Grunde zu legen.

Im Ganzen sind 7 verschiedene Rundeisen u. z. bis zu 5 *cm* Stärke verwendet worden. Sämmtliche Stäbe wurden zunächst auf je constante Stärke sorgfältig abgedreht, blank abgeschlichtet und sodann senkrecht zur Stabaxe derart abgestochen, dass Versuchstäbe mit

$$\frac{l}{k} = 4{,}00 \quad \text{bis} \quad \frac{l}{k} = 250$$

gewonnen wurden. Die Gesammtzahl der so hergestellten Probekörper betrug 60 Stück, wovon die Hälfte auf das Schweisseisen, die andere Hälfte u. z. in congruenten Versuchskörpern auf das Flusseisen entfiel.

Das Versuchsmaterial ist ein Fabricat der HH. *de Wendel et Comp.* in Hayange; es besass im Mittel aus einer grösseren Versuchsreihe die folgenden Elasticitäts- und Qualitätsverhältnisse:

	Flusseisen:	Schweisseisen:
Elasticitätsmodul . .	2144,0 *t* pro cm^2	1987,0 *t* pro cm^2
Elasticitätsgrenze . .	1,98 „ „	1,49 „ „
Streckgrenze . . .	2,88 „ „	2,42 „ „
Zugfestigkeit . . .	4,34 „ „	3,78 „ „
Dehnung pro 10 *cm* .	32,6 %	21,2 %
pro 20 *cm* .	24,9 %	18,6 %
Contraction	63,8 %	28,7 %
Qualitätscoëfficient n. Tetmajer	1,06 *t cm*	0,70 *t cm*.

Die erste Arbeit war die Feststellung des Elasticitäts- und Festigkeitsverhältnisses des Materials auf Druck. Verwendet wurden hiezu die sämmtlichen Cylinder mit:

$$\frac{l}{k} < 45.$$

Insbesondere sollte an Cylindern, deren Höhe dem Durchmesser entsprach, der Cohäsionswiderstand des Materials gegen Trennung seiner Theile (Bruch) durch Druckkräfte, ähnlich wie dies bei Gusseisen geschieht, festgestellt werden. Diese Versuche waren insofern von negativem Resultat, als ein eigentlicher Bruch, eine eigentliche Trennung einzelner Körperfragmente überhaupt nicht zu erreichen war. Das zähe Flusseisen hatte sich fassförmig deformirt; es trat eine Stauchung ein, allein ohne metallischen Bruch der Ränder. Beim Schweisseisen sind wol einzelne Schweissnäthe aufgegangen, durchgreifender, metallischer Bruch war indessen gleichfalls nicht zu erzielen, obschon die specifische Anstrengung auf 12 bis 18 *t* pro cm^2 gesteigert wurde. Stäbe mit dem Längenverhältnisse:

$$\frac{l}{k} = 11{,}6 \text{ bis } 24{,}4$$

haben sich bei: Schweisseisen Flusseisen

und einer specif. Anstrengung von . . 2,40—2,48 *t* p. cm^2 2,61—2,63 *t* p. cm^2

local gestaucht (Stauchgrenze oder Quetschgrenze), nahmen im spätern Verlaufe des Versuches S-Form an und sprangen schliesslich bei c. 7—8 *t* pro cm^2 völlig intact aus der Einspannvorrichtung der Maschine heraus. Eine Druckfestigkeit des Materials im Sinne obiger Definition konnte also überhaupt nicht festgestellt werden. Dagegen haben diese Versuche ergeben, dass die *Stauch-* oder *Quetschgrenze* selbst bei Stäben mit verschiedenen Längenverhältnissen ziemlich constant sei, und dass sofern die Stablängen zur seitlichen Ausweichung ausreichen nach Ueberschreitung der Quetschgrenze, der Stab seine Tragfähigkeit verliert, die Wage der Werder'schen Maschine nicht mehr zum Einspielen gebracht werden kann. Diese Wahrnehmung veranlasste eine besondere Versuchsreihe zur Feststellung der *Quetschgrenze* oder *Stauchgrenze*, an welcher, wie vorstehend angeführt, die Stäbe meist plötzlich ihr Tragvermögen verlieren, und die somit als eine Art *Cohäsionsgrenze der Druckbelastung* angesehen werden musste. Was darüber lag war zufällig und lediglich nur von jenen Umständen abhängig, die den Stauchvorgang beeinflussen und regeln. Façonirtes Eisen zeigt gleichfalls ziemlich scharf ausgesprochene Quetschgrenzen und kann je nach Materialvertheilung im Querschnitte und Länge der Probe weitere, an sich sehr verschieden grosse Belastungen aufnehmen ehe der Moment des Abfallens der Wage der Festigkeitsmaschine eintritt. Es ist mir indessen nicht bekannt geworden, dass bei kurzen Façoneisenstücken eine Trennung der Theile, ein eigentlicher Bruch durch Druckäusserungen jemals erzielt worden sei.

Die Ergebnisse unserer Untersuchung bezüglich *Elasticitätsverhältnisse* und *Stauch-* oder *Quetsch*grenzen, enthält folgende Zusammenstellung:

Anzahl d. Versuche	*Flusseisen*	*Schweisseisen*
Elasticitätsmodul à 2 Stück	2175,0 *t* pro cm^2	1956,0 *t* pro cm^2
Elasticitätsgrenze à 2 „	2,21 „ „	1,60 „ „
Quetschgrenze à 10 „	2,65 „ „	2,35 „ „
das Maximum betrug	2,87 „ „	2,54 „ „
das Minimum „	2,47 „ „	2,16 „ „

Beim *Flusseisen* wurde

das *Maximum* der Quetschgrenze erreicht bei $\frac{l}{k} = 45{,}9$

das *Minimum* „ „ „ „ „ $= 43{,}7$;

beim *Schweisseisen* wurde

das *Maximum* der Quetschgrenze erreicht bei $\frac{l}{k} = 31{,}6$

das *Minimum* „ „ „ „ „ $= 75{,}7$.

Hieraus geht klar hervor, dass die Schwankungen in der *Quetschgrenze* den Schwankungen der Streckgrenze bei Zerreissproben entsprechen, also vom Materiale, von Einflüssen der Versuchsausführung, nicht aber wesentlich vom

Verhältnisse der Stablänge zum kleinsten Trägheitshalbmesser der Querschnittsfläche abhängig sind.

Unter Zugrundelegung vorstehender Werthe schreiben sich nun die beiden Knickungsformeln für den Fall der *Punktauflagerung* (Einspannung der Stäbe zwischen Spitzenkörner) folgendermassen:

nach *Euler*.

Für Flusseisen $\sigma_k = 21287{,}3 \left(\frac{k}{l}\right)^2$; *Schweisseisen* $= 19305{,}7 \left(\frac{k}{l}\right)^2$.

Nach *Schwarz-Rankine*:

für Flusseisen $\sigma_k = \frac{2{,}65}{1 + \eta \left(\frac{l}{k}\right)^2}$; *Schweisseisen* $= \frac{2{,}35}{1 + \eta \left(\frac{l}{k}\right)^2}$.

Unter Zuhaltung der nöthigen Vorsichtsmassregeln wurden schliesslich die Knickungsversuche selbst ausgeführt. Die Stäbe lagen, wie wiederholt erwähnt, zwischen Spitzenkörnern und waren in der Mitte mittelst eines Seilchens gefasst, welches über eine Rolle lief und eine Wagschale trug. Durch die Belastung dieser Schale konnte das Biegungsmoment des Eigengewichts bei der Einspannung und während des Versuches aufgehoben werden. Die Belastung des Probekörpers erfolgte $^1/_2$ resp. $^1/_4$-t-weise durch Auflegen neuer Gewichte, sobald die Libelle des Werder'schen Wagebalkens einspielte. Die Messung der Deformation der Stabaxe ist unterblieben; der Stab blieb vollkommen ruhig, scheinbar ohne Verbiegung bis jene Belastungsgrenze erreicht war, bei welcher der Stab und sodann stets plötzlich sich durchbog und seine Tragkraft verlor.

Die Resultate der Knickungsproben wurden graphisch dargestellt. Als Abscissen sind die Verhältnisse $l:k$, als Ordinaten die beobachteten und nach *Eulers* Formel beberechneten Knickungskräfte σ_k aufgetragen worden. Für erstere wurden ferner nach der *Schwarz-Rankine*'schen Formel die Knickungscoefficienten η berechnet und nach wie vor als Ordinaten der zugehörigen Verhältnisse $l:k$ in das nämliche Blatt eingetragen.

Ein Blick auf die so gewonnene Darstellung der Resultate liess die Uebereinstimmung der beobachteten und nach *Eulers* Formel berechneten Knickungsspannungen erkennen. Auch gieng aus dieser Darstellung die gesetzmässige Abhängigkeit des Knickungscoefficienten vom Verhältnisse $l:k$ klar hervor. Nach einiger Ueberlegung des Sachverhalts und wiederholten Rechnungen konnte schliesslich festgestellt werden, dass für das schmiedbare Eisen das fragliche Abhängigkeitsverhältniss für die Bedürfnisse der Praxis genügend genau sich durch eine Parabel von der Formel

$$\eta = \frac{1}{10000} \sqrt{0{,}00867 \left(\frac{l}{k}\right) - 0{,}6936}$$

ausdrücken lässt. Für $\frac{l}{k} = 80$ liefert vorstehende Gleichung: $\eta = 0$; es wird somit: $\sigma_k = 2{,}65$, beziehungsweise $2{,}35$, d. h. σ_k entspricht der mittleren *Stauch-* und *Quetschgrenze* und hier hört naturgemäss die eigentliche Knickung auf. Für *Stäbe* mit $\left(\frac{l}{k}\right) \leq 80$ tritt eine Knickungsgefahr nicht mehr auf; wir haben den Grenzfall nach unten erreicht. In der Sprache des Constructeurs heisst dies:

Für *Stäbe in schmiedbarem Eisen* mit beweglicher Lagerung, deren Länge:

$$l \leq 80\, k$$

hat die Dimensionirung ohne Rücksicht auf Knickungsgefahr, also einfach nach Regeln der Druckfestigkeit zu erfolgen.

Diese Regel ist bis auf Weiteres auch auf die *Stäbe mit Flächenlagerung* oder auf Stäbe mit unwandelbar eingespannten (eingemauerten) Enden anzuwenden, nur hat man in diesen Fällen für l die freie Knickungslänge des Stabes, also den Abstand der Inflexionspunkte seiner elastischen Linie zu substituiren.

Für $\left(\frac{l}{k}\right) = \infty$ wird $\eta = \infty$ somit $\sigma_k = 0$; wir erhalten den zweiten naturgemässen Grenzfall. Dass die *Schwarz-Rankine*'sche Formel unter zu Grundelegung unserer Parabel auch Zwischenwerthe liefert, die mit den beobachteten Knickungsspannungen u. z. bis zur Quetschgrenze, mit der nach *Euler's* Formel berechneten innerhalb der Elasticitätsgrenze befriedigend übereinstimmen, braucht eigentlich nicht mehr nachgewiesen zu werden. Immerhin lassen wir eine tabellarische Zusammenstellung den fraglichen Werthzahlen folgen, weil daraus die Genauigkeit der Uebereinstimmung dieser Werthe hervorgeht.

Lauf. No.	Material	Querschnitts-Inhalt F cm^2	Verhältniss $(l:k)$	*Knickungscoëfficient η nach* Tetmajer	*Knickungsspannungen t pro cm^2* beobachtet	berechnet nach: Euler	Schwarz-Rankine
1	Flusseisen	4,08	90,0	0,0000294	2,39	2,66	2,14
2	Schweisseisen	4,08	90,0	0,0000294	1,94	2,39	1,90
3	Flusseisen	18,02	94,7	0,0000357	1,98	2,38	2,00
4	Schweisseisen	18,02	94,7	0,0000357	1,78	2,14	1,78
5	Flusseisen	2,49	98,2	0,0000397	1,97	2,21	1,92
6	Schweisseisen	2,49	98,2	0,0000397	1,75	1,99	1,70
7	Flusseisen	4,08	111,7	0,0000524	1,88	1,70	1,60
8	Schweisseisen	4,08	111,7	0,0000524	1,65	1,53	1,42
9	Flusseisen	14,39	115,0	0,0000550	1,41	1,60	1,53
10	Schweisseisen	14,39	115,0	0,0000550	1,26	1,44	1,36
11	Flusseisen	2,49	120,7	0,0000594	1,57	1,47	1,42
12	Schweisseisen	2,49	120,7	0,0000594	1,37	1,32	1,27
13	Flusseisen	11,16	141,9	0,0000734	1,03	1,07	1,07
14	Schweisseisen	11,16	141,9	0,0000734	0,93	0,96	0,98
15	Flusseisen	8,45	163,0	0,0000849	0,80	0,81	0,81
16	Schweisseisen	8,45	163,0	0,0000849	0,70	0,73	0,72
17	Flusseisen	6,11	191,8	0,0000984	0,55	0,58	0,57
18	Schweisseisen	6,11	191,8	0,0000984	0,51	0,52	0,50
19	Flusseisen	15,20	250,0	0,0001214	0,32	0,34	0,31
20	Schweisseisen	15,20	250,0	0,0001214	0,29	0,30	0,27

Zum Schlusse erübrigt noch den Nachweis zu leisten, dass unter Zugrundelegung unserer Gleichung für den Knickungscoefficienten, die *Schwarz-Rankine*'sche Formel auch für Façoneisen Zahlenwerthe liefert, die sich mit den direct beobachteten Knickungsspannungen befriedigend decken. Fraglichen Nachweis wollen wir an den Resultaten der *Bauschinger*schen Knickungsversuche erbringen und bemerken hierzu, dass *Bauschingers* Versuchsmaterial durchwegs Schweisseisen gewesen, seine Stäbe somit diejenigen Zufälligkeiten

Vergleichende Zusammenstellung der Bauschinger'schen Resultate.

Bauschingers Protocoll Nr.	Profil-Form	Querschnitt-Inhalt F cm^2	Verhältniss $l:k$	Knickungs-coefficient η nach Tetmajer	Knickungs-Spannungen t pro cm^2 beobachtet	berechnet nach Euler	Schwarz-Rankine
2690. b.	H	18,22	105,6	0,0000471	1,66	1,81	1,54
2690. c.	„	18,22	105,6	0,0000471	1,66	1,81	1,78*)
2691. b.	„	11,16	126,9	0,0000638	0,95	1,25	1,15
2688. c.	„	63,80	134,7	0,0000687	1,11	1,08	1,05
2690. d.	„	18,22	155,9	0,0000811	0,95	0,82	0,78
2690. d.	„	18,22	155,9	0,0000811	0,95	0,82	0,92*)
2691. c.	„	11,38	216,9	0,0001089	0,36	0,41	0,38
3028. d.	„	10,56	219,3	0,0001099	0,38	0,40	0,37
2691. d.	„	11,76	369,0	0,0001583	0,11	0,14	0,10
2694. d.	⌊	21,54	175,2	0,0000908	0,82	0,64	0,62
2694. f.	„	20,97	328,5	0,0001173	0,46	0,36	0,33
2697. d.	T	5,11	162,3	0,0000845	0,96	0,76	0,72
2697. e.	„	5,00	230,1	0,0001140	0,47	0,40	0,33
2698. c.	V	13,71	169,0	0,0000878	0,52	0,65	0,67
2698. f.	„	14,01	246,9	0,0001142	0,27	0,29	0,29
2699. b.	„	9,12	133,7	0,0000682	0,90	1,09	1,06
2699. c.	„	9,01	191,8	0,0000984	0,56	0,54	0,51
2699. d.	„	9,03	315,9	0,0001430	0,19	0,20	0,16

*) Die mit * bezeichneten Zahlenwerthe sind mit den *Bauschinger*'schen Quetschgrenzen berechnet.

in sich bergen, welche störenden Einfluss auf den gesetzmässigen Verlauf der Aenderungen der Druckfestigkeitsverhältnisse des Materials auszuüben im Stande sind. Hierher gehören die fehlerhaften Stellen an sich, die Unhomogenität, die ungleichartige Durcharbeitung des Materials in verschiedenen Theilen des Profils, die oft äusserst feste und harte Walzhaut, locale Beschädigungen beim Gradrichten u. s. w. All' diese Zufälligkeiten üben einen nachtheiligen Einfluss auf die Höhenlage der Quetschgrenze und auf die schliessliche Tragkraft langer Stäbe aus. In dieser Hinsicht zeichnet sich das ⊏ und ⊥-Eisen besonders aus; man wird diese Profile in den Kauf nehmen müssen, denn mit Rücksicht auf die sonst obwaltenden Unsicherheiten scheint es nicht gerechtfertigt für sie besondere Formeln aufzustellen.

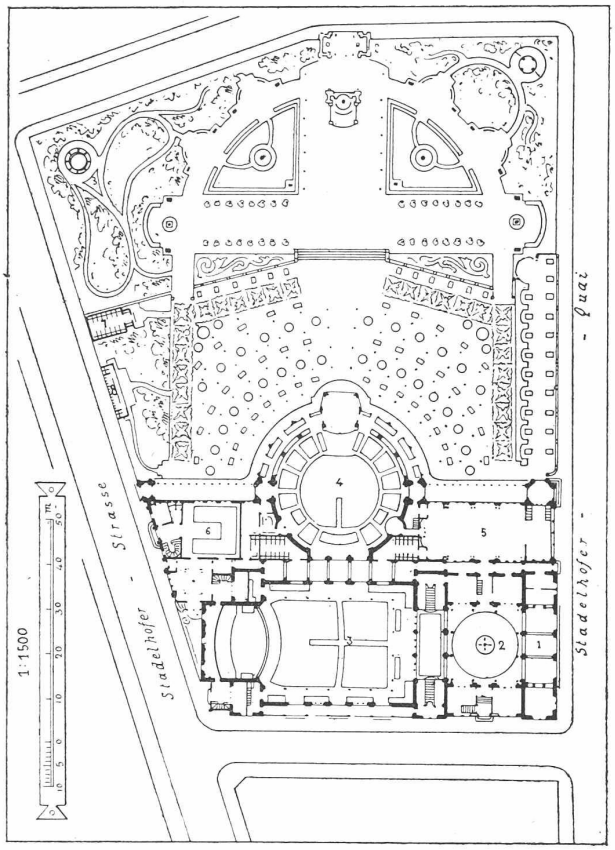
Preisbewerbung für eine neue Tonhalle in Zürich.

(Mit einer Lichtdrucktafel.)

III.

In der heutigen Nummer veröffentlichen wir die Grundrisse, Perspective und Hauptfaçade der mit gleichwerthigen

Entwurf von Arch. *Eugen Meyer* in Paris.
Nr. 60. Motto: „XX".
Zweiter Preis.



Grundriss vom Erdgeschoss.

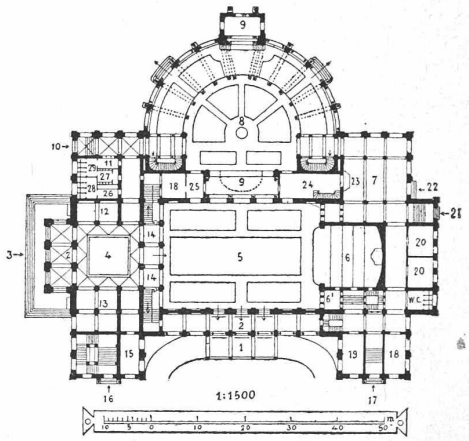
Legende: 1. Eingang. 2. Vestibul (Foyer). 3. Grosser Concertsaal. 4. Concert-Pavillon. 5. Restauration. 6. Uebungssaal. 7. u. 8. Aborte.

zweiten Preisen ausgezeichneten Entwürfe von Arch. *Eugen Meyer* in Paris und Arch. *W. Martin* in Riesbach-Zürich.

Der Entwurf von Arch. E. Meyer weicht insofern von allen übrigen prämiirten Arbeiten ab, als er der einzige ist, bei dem als Grundlage für den Bau der Platz *A,* d. h. das Gebiet der jetzigen Tonhalle angenommen wurde. Die Art und Weise, wie auf diesem schwierigen Bauplatze die Haupträume unter sich gruppirt und so angeordnet wurden, dass sie alle unabhängig voneinander und getrennt benutzbar sind, zeugt von Geschick und sorgfältiger Ueberlegung. Der grosse Concertsaal hat seinen Haupteingang am Quai, während der Concert-Pavillon sowol vom Quai, als auch von der Stadelhoferstrasse aus zugänglich ist. Restauration und Musikschule haben ebenfalls getrennte Eingänge. Wie sehr verschieden von den einzelnen Preisbewerbern gerechnet wurde, geht daraus hervor, dass Herr Meyer die Baukosten seines Entwurfes auf 1,9 Millionen Franken veranschlagt hat bei einem Rauminhalt von bloss 49 000 m^3, während beispielsweise beim erstprämiirten Project die Baukosten bloss auf 1,2 Millionen Fr. angegeben wurden bei einem Rauminhalt von 70 000 m^3.

Beim Martin'schen Entwurf liegt der Haupteingang zum grossen Concertsaal in der Längsachse des Gebäudes, an der Claridenstrasse. Von der Vorhalle gelangt man in's Vestibul (Foyer) links mit Cassa und Verwaltungszimmer, rechts mit Garderobe und Vorstandszimmer hinten mit beidseitigen Gallerietreppen. Der grosse Concertsaal wird von den beiden Längsseiten aus durch Seitenlicht erhellt. Das Podium steigt amphitheatralisch empor; unter demselben ist ein Magazinraum vorgesehen. Zum Podium führen besondere Zugänge. Ueber dem Foyer befindet sich der von der Gotthardstrasse aus zugängliche kleine Concertsaal, der auf der Galleriehöhe des grossen Saales liegt und mit demselben verbindbar ist. In der Querachse des letzteren ist als halbrunder Ausbau der Concertpavillon angefügt. Durch schallsichere Doppelthüren kann ein vollständiger Abschluss, durch Oeffnen derselben eine Vereinigung der beiden Räume erzielt werden. Zwei Ausgänge führen vom Musikpavillon aus auf die vorliegende Terrasse und in den Garten, während zwei symmetrisch angelegte Treppen den Eingang zur Gal-

Entwurf von Arch. *W. Martin* in Riesbach.Zürich.
Nr. 51. Motto: „W."
Zweiter Preis.



Grundriss vom Erdgeschoss.

Legende:

1. Gedeckte Anfahrt.
2. Vorhalle.
4. Foyer.
5. Grosser Concertsaal.
3. Eingang z. gr. Concertsaal.
6. Podium.
7. Restauration.
8. Concertpavillon.
9. Orchester.
10. Eingang z. Concertpavillon.
11. Cassa.
12. Cassa u. Verwaltungszimmer.
13. Garderobe.
14. Eingang zur Gallerie.
15. Vorstands-Zimmer.
16. Eingang z. kl. Concertsaal.
17. Eingang zur Musikschule und zum Podium.
18. Garderobe.
19. Ankleidezimmer.
20. Gesellschaftszimmer.
21. Eingang zur Restauration.
22. Eingang zur Küche und zum Untergeschoss.
23. Buffet.
24. Office.
25. Musikerzimmer.
26. Toilette.
27. Pissoir.
28. Abort für Damen.
29. „ „ Herren.

lerie des Musikpavillon vermitteln. Diese ist durch Fenster sowol gegen Innen als gegen Aussen verschliessbar und sie bietet, ähnlich wie beim erstprämiirten Project, die schönste Aussicht auf Garten, See und Gebirge. Die Restauration betritt man von der Alpenstrasse aus, darüber befindet sich die Wohnung des Wirthes, darunter liegen die Küche mit Zubehör und die Kellerräume. Die im ersten Stock befindlichen für sich abgeschlossenen Räume für die Musikschule sind von der Gotthardstrasse aus zugänglich.