

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 7/8 (1886)
Heft: 24

Artikel: Zur Frage der Wahl der zulässigen Inanspruchnahme des schmiedbaren Eisens
Autor: Tetmajer, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-13708>

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: 20.02.2026

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

INHALT: Zur Frage der Wahl der zulässigen Inanspruchnahme des schmiedbaren Eisens. Von Prof. L. Tetmajer in Zürich. — Die Wildbachausbrüche bei Bilten und Niederurnen. — Concurrenz für ein Museum der schönen Künste in Genf. — Miscellanea: Das Wölben steinerner Brückenbogen. Untersuchung von Eisenbahnbrücken in Oesterreich. Internationale Telephonie. Sechster Congress italienischer In-

genieure und Architecten. Das fünfzigjährige Jubiläum der französischen Eisenbahnen. Dom zu Florenz. — Concurrenzen: Zweite Concurrenz für die Donau- und Borceabrücke bei Cernavoda. — Necrologie: † Hermann Spielberg. — Vereinsnachrichten.

Hierzu eine Lichtdruck-Tafel: Museum der schönen Künste in Genf und zwei Text-Figuren auf Seite 143.

Zur Frage der Wahl der zulässigen Inanspruchnahme des schmiedbaren Eisens.

Von Prof. L. Tetmajer in Zürich.

(Nachdruck ist nur bei genauer Quellenangabe gestattet.)

In Nr. 19, Bd. VIII dieser Zeitschrift wurden die Resultate der neuesten Untersuchungen *Bauschingers* hinsichtlich des Verhaltens des schmiedbaren Eisens bei wiederholten Anstrengungen auszugsweise wiedergegeben. Jeder Leser unserer technischen Wochenschrift konnte schon aus dieser immerhin gedrängten Wiedergabe der wichtigsten Resultate der fraglichen Arbeiten die Ueberzeugung gewinnen, dass *Bauschinger* durch die im 13. Hefte seiner Mittheilungen niedergelegten Versuchsergebnisse unsere Kenntnisse bezüglich der Festigkeitseigenschaften eines der wichtigsten der modernen Baustoffe ganz wesentlich bereicherte. Die gewonnenen Resultate sind durchwegs von hohem wissenschaftlichem Interesse und verdienen um so mehr die volle Aufmerksamkeit der interessierten Kreise, als sie durch Ergänzung der bekannten *Wöhler'schen* Versuche, durch Lieferung eines längst erwünschten Zahlenmaterials, welches gestattet, der Frage der Wahl der zulässigen Inanspruchnahme des schmiedbaren Eisens näher zu treten, gleichzeitig auch von eminent praktischer Bedeutung sind.

Es ist *Wöhler's* unbestrittenes Verdienst, zuerst darauf aufmerksam gemacht zu haben, dass sich der Bruch eines Materials nicht nur durch eine einmalige, die Festigkeitsgrenze desselben überschreitende Belastung, sondern auch durch vielfach wiederholte Anstrengungen (Schwingungen), von welchen keine die absolute Bruchgrenze des Materials erreicht, herbeiführen lässt. *Wöhler* fand, dass die Differenzen der Spannungen, welche die Schwingungen eingrenzen, für die Zerstörung des Zusammenhanges massgebend seien, und dass die absolute Grösse dieser Grenzspannungen nur insofern von Einfluss ist, als mit wachsenden Spannungen die Differenzen, welche Bruch herbeiführen, sich verringern.

Bezeichnet man mit

$$\sigma_u \text{ und } \sigma_o$$

die obere, beziehungsweise die untere Spannungsgrenze, welcher die Flächeneinheit eines wiederholten Anstrengungen unterworfenen Stabes ausgesetzt ist, mit

$$\sigma_\Delta = \sigma_o - \sigma_u$$

die Differenz dieser Spannungen und trägt nach *Gerbers* Vorgange, die untere Spannungsgrenze (σ_u) als Abscisse, die zugehörige Spannungsdifferenz, durch welche Bruch nicht mehr erzeugt, beziehungsweise durch welche Bruch eben noch herbeigeführt wird, als Ordinate eines rechtwinkligen Coordinatensystems auf, so erhält man 3 Punkte, die sich, wie Director *Gerber* zeigte, am besten durch eine Parabel verbinden lassen, deren zur Abscissenaxe conjugirter Durchmesser durch den Anfangspunkt des Coordinatensystems und denjenigen Curvenpunkt hindurchgeht, welcher den gleich grossen, aber entgegengesetzt gerichteten Spannungen (σ_s) entspricht. Besagter Durchmesser schliesst somit gegen die Abscissenaxe einen Neigungswinkel ein, dessen $\text{tg} = 2$ ist.

Für: $\sigma_u = \sigma_o =$ der statischen Zugfestigkeit (β) des Materials, ist $\sigma_\Delta = 0$; die *Gerber'sche* Parabel schneidet somit die Abscissenaxe im Abstände $\sigma_u = \beta$ vom Ursprunge des Systems.

Für: $\sigma_u = 0$ ist $\sigma_\Delta = \sigma_o = \sigma$. Neben der absoluten Festigkeit (β) hat *Bauschinger* den Spannungswerth σ für verschiedene Materialsorten experimentell bestimmt und darauf hingewiesen, dass dieser zwischen der Elasticitäts- und Streckgrenze der statischen Belastung liegen müsse.

Für: $\sigma_u = -\sigma_o$ ist $\sigma_\Delta = 2\sigma_o = 2\sigma_u = 2\sigma_s$, sofern σ_s den Spannungswerth bei Schwingungen zwischen gleich grossen, entgegengesetzt gerichteten Spannungen bezeichnet. Die Werthe von σ_s hat *Wöhler* in einigen Fällen experimentell ermittelt, *Bauschinger* dagegen unter Zugrundelegung der *Gerber'schen* Parabel, deren Zulässigkeit vorangehend an Hand der *Wöhler'schen* und der eigenen Versuchsergebnisse nachgewiesen wurde, rechnungsgemäss bestimmt. *Bauschinger* begründet die Ansicht, dass der Spannungswerth σ_s mit der sog. natürlichen Elasticitätsgrenze übereinstimmen müsse.

Die Gleichung der *Gerber'schen* Parabel ist:

$$(\sigma_u + \frac{1}{2}\sigma_\Delta)^2 + \eta\sigma_\Delta = \beta^2, \text{ wobei die Constante}$$

$$\eta = \frac{\beta^2 - (\frac{1}{2}\sigma_\Delta)^2}{\sigma} \text{ bedeutet.}$$

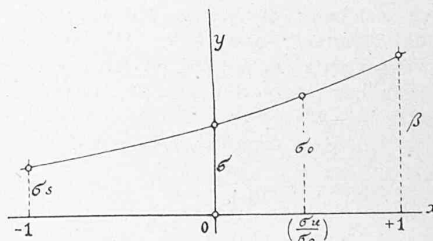
Für: $\sigma_u = -\sigma_o = -\sigma_s$, d. h. für $\sigma_\Delta = 2\sigma_s$ liefert vorstehende Gleichung den Ausdruck:

$$\sigma_s = \frac{\sigma \cdot \beta^2}{2[\beta^2 - (\frac{1}{2}\sigma)^2]}$$

welchen *Bauschinger* in vorerwählter Weise zur Berechnung der Werthverhältnisse von σ_s benutzte. Folgende Zusammenstellung gibt eine Uebersicht über die gewonnenen Resultate:

Materialsorte.	β t p. cm ²	σ t p. cm ²	σ_s t p. cm ²
<i>Schweiss-Schmiedeeisen:</i>			
Blech	3,48	2,00	1,09
Flacheisen, No. 1	4,05	2,20	1,19
Flacheisen, No. 2	4,02	2,40	1,32
<i>Fluss-Schmiedeeisen (Flusseisen):</i>			
Kesselblech, No. 1	4,05	2,40	1,32
Kesselblech, No. 2	4,36	2,40	1,30
<i>Flussstahl:</i>			
Achsmaterial (Thomasstahl)	6,12	3,00	1,60
Eisenbahnschiene	5,94	2,80	1,48
<i>Wöhler fand direct für:</i>			
Eisenachse (Phönix)	3,04	2,05	1,09
Stahlachse (Krupp)	7,11	3,20	1,91

Stellt man nun die Resultate dieser Versuche graphisch dar, indem man die Verhältnisse der die Schwingungen eingrenzenden Spannungen ($\frac{\sigma_u}{\sigma_o}$) als Abscissen, die zugehörigen Werthe der oberen Spannungen (σ_o), welche bei genügender Häufigkeit der Anstrengungen eben noch Bruch erzeugen, beziehungsweise Bruch nicht mehr ergeben, als



Ordinaten eines rechtwinkligen Coordinatensystems aufträgt, so erhält man neuerdings 3 Punkte einer stetigen, flachverlaufenden Curve, welche für alle Bedürfnisse der Praxis genügend genau durch eine Parabel von der Form:

$$\sigma_o = a + b \left(\frac{\sigma_u}{\sigma_o} \right) + c \left(\frac{\sigma_u}{\sigma_o} \right)^2$$

ersetzt werden kann.

Für: $\frac{\sigma_u}{\sigma_o} = 0$, d. h. für $\sigma_u = 0$ ist $\sigma_o = \sigma$, der Grenzspannung für den Fall, dass der Stab nach jeder Belastung in den spannungslosen Zustand übergeht.

Für: $\frac{\sigma_u}{\sigma_o} = +1$, d. h. für $\sigma_u = \sigma_o$ ist $\sigma_o = \beta$, der statischen Zugfestigkeit des Materials; eine Schwingung findet nicht statt.

Für: $\frac{\sigma_u}{\sigma_o} = -1$ d. h. für $\sigma_u = -\sigma_o$ ist $\sigma_u = \sigma_o = \pm \sigma_s$, die Grenzspannung für den extremen Fall, dass der Stab zwischen gleich grossen, entgegengesetzt gerichteten Spannungen schwingt.

Unter Zugrundelegung der *Wöhler-Bauschinger'schen* Versuchsergebnisse sind die Constanten unserer Parabel ohne Weiteres erhältlich und bekommt man:

Für *Schweissschmiedeseisen* (Schmiedeseisen):
im Mittel aus 4 Beobachtungen:

$$\sigma_o = 2,16 + 1,23 \left(\frac{\sigma_u}{\sigma_o} \right) + 0,25 \left(\frac{\sigma_u}{\sigma_o} \right)^2$$

Für *Flussschmiedeseisen* (Flusseisen):
im Mittel aus 2 sehr gut übereinstimmenden Beobachtungen:

$$\sigma_o = 2,40 + 1,44 \left(\frac{\sigma_u}{\sigma_o} \right) + 0,36 \left(\frac{\sigma_u}{\sigma_o} \right)^2$$

Eine bestimmte Formel für den *Stahl* überhaupt aufzustellen, ist mit Rücksicht auf die grosse Verschiedenheit des Stahlmaterials, dessen Festigkeitsverhältnisse bekanntlich zwischen den weit auseinander liegenden Grenzen von ca. 4,5 und ca. 8,5 t pro cm^2 schwanken, nicht möglich. Zur Aufstellung von Formeln für spezielle Stahlsorten fehlen directe Versuchsergebnisse. Bloss für Thomasstahl hat *Bauschinger* in zwei Fällen (vergleiche vorstehende Zusammenstellungen) die Grenzspannungen σ und β ermittelt und die Werthe der Schwingungsfestigkeit σ_s aus der Gleichung der zugehörigen *Gerber'schen* Parabel berechnet.

Unter Zugrundelegung der so gewonnenen Resultate erhält man im Mittel aus 2 gut übereinstimmenden Versuchen für:

$$\sigma_o = 0,60 + 2,25 \left(\frac{\sigma_u}{\sigma_o} \right) + 0,89 \left(\frac{\sigma_u}{\sigma_o} \right)^2$$

Nimmt man, um den Einflüssen zufälliger Materialfehler und ausnahmsweiser Ueberlastungen, Rechnung zu tragen 3,5-fache Sicherheit für jegliche Spannungszustände an, welchen ein Constructionselement ausgesetzt sein kann, mit andern Worten, nimmt man 3,5-fache Sicherheit für alle möglichen Werthe der Grenzspannungen, durch deren Schwingungen ähnlich wie bei der einmaligen, statischen Belastung, Bruch herbeigeführt werden kann, und setzt:

$$\left(\frac{\sigma_u}{\sigma_o} \right) = \pm \left(\frac{R_{min}}{R_{max}} \right)$$

wobei R_{min} die kleinste, R_{max} die grösste der in einem Constructionstheil auftretenden Spannungen bedeutet und wobei das positive Zeichen bei *gleichartigen* (nur Zug oder nur Druck), das *negative* Vorzeichen bei *wechselnden* Spannungen (Schwingungen zwischen Zug und Druck) einzusetzen ist, so erhält man das Mass der zulässigen Inanspruchnahme in t pro cm^2 :

A. Für *Schweissschmiedeseisen*:

$$\sigma = 0,60 + 0,35 \left(\frac{R_{min}}{R_{max}} \right) + 0,08 \left(\frac{R_{min}}{R_{max}} \right)^2$$

B. Für *Flussschmiedeseisen*:

$$\sigma = 0,70 + 0,43 \left(\frac{R_{min}}{R_{max}} \right) + 0,10 \left(\frac{R_{min}}{R_{max}} \right)^2$$

C. Für *Flussstahl* mit ca. 6,0 t spezifischer Zugfestigkeit:

$$\sigma = 0,83 + 0,64 \left(\frac{R_{min}}{R_{max}} \right) + 0,25 \left(\frac{R_{min}}{R_{max}} \right)^2$$

Sind die innern Spannungen einer Construction den Belastungen proportional, und bezeichnet man mit

p_e = die Eigengewichtsbelastung pro l. m der Construction, mit

p_t = die Totalbelastung derselben, so hat man in

den Gleichungen A, B und C: $\frac{R_{min}}{R_{max}}$ einfach durch $\frac{p_e}{p_t}$ zu ersetzen.

Nachstehende Zusammenstellung soll schliesslich eine Uebersicht über die auf dem Boden der *Wöhler'schen* Versuche von verschiedenen Schriftstellern zur Anwendung empfohlenen Festigkeitscoefficienten geben und gleichzeitig zur Vergleichung mit den unsrigen dienen.

$\frac{R_{min}}{R_{max}}$	=	-1,00	-0,75	-0,50	-0,25	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Gerber:	0,36	0,41	0,47	0,51	0,64	0,79	1,00	1,27	1,60	
Launhard:	0,40	0,46	0,53	0,64	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	
Müller:	—	—	—	—	0,64	0,72	0,85	1,01	1,09	
Weyrauch:	0,35	0,44	0,53	0,61	0,70	0,79	0,88	0,96	1,05	
Schäfer:	0,33	0,38	0,43	0,52	0,60	0,79	1,09	—	—	
Winkler:	0,41	0,44	0,48	0,53	0,59	0,69	0,83	1,04	1,40	
W. Ritter:	0,40	0,44	0,48	0,53	0,60	0,69	0,80	0,96	1,20	

Formel A) liefert für *Schweissschmiedeseisen*:

0,33	0,38	0,45	0,52	0,60	0,69	0,79	0,90	1,03	
------	------	------	------	------	------	------	------	------	--

während Formel B) für *Flussschmiedeseisen*:

0,37	0,45	0,53	0,62	0,70	0,83	0,96	1,10	1,23	
------	------	------	------	------	------	------	------	------	--

und Formel C) für *Flussstahl*:

0,44	0,49	0,57	0,69	0,83	1,01	1,22	1,45	1,72	
------	------	------	------	------	------	------	------	------	--

liefert.

Die Wildbachausbrüche bei Bilten und Niederurnen *).

Am 8. September laufenden Jahres entlud sich über der untern Linthgegend ein äusserst heftiges Gewitter mit wolkenbruchartigem Regen, der sich namentlich über das Gebiet der Niederurner- und Biltneralpen entleerte. Die beiden Bäche: Biltnerbach und Urnerbach richteten in Folge dessen grosse Verheerungen an; der Schaden beläuft sich in beiden Gemeinden zusammen auf über 300 000 Fr. wovon der grössere Theil auf die Gemeinde Bilten fällt.

Da an beiden genannten Bächen schon in den Vierziger-Jahren Verbauungen ausgeführt worden sind, die namentlich beim Urnerbach durch die Originalität ihrer Anlage und Ausführung eine gewisse Berühmtheit erlangten, mag es für den Techniker interessant sein, zu erfahren, welchen Erfolg diese Verbauungen gehabt haben. — Das Princip der Verbauungen nach dem System von Richter Jenny in Niederurnen bestand darin, dass man mit Hilfe von Flechtzäunen in sinnreicher Art zuerst die Runsen verbaute, welche den Wildbach mit Schuttmateriale speisten und dann durch Thalsperren dessen Vertiefung und dadurch die Neubildung von Runsen und Schlipfen verhinderte. Der Erfolg war ein überraschender: Runsen von 25—30 m Tiefe und bis zu 400 m Länge wurden bis auf wenige Meter ausgefüllt und unschädlich gemacht: aus wüsten Gräben bildeten sich sanfte Thälchen, in deren Sohle das wenige Wasser in einer Schale abfloss, deren Seiten sich wieder bewalden konnten. So blieben denn auch grössere Verheerungen seither aus. Die diesjährigen Ausbrüche sprechen nun, wie es scheint, möchte, durchaus nicht gegen die Richtigkeit und Nützlichkeit der ausgeführten Schutzwerke, sondern bestätigen dieselbe vielmehr in vollem Masse. Wir sind überzeugt, dass, wenn Niederurnen nicht schon seit langen Jahren so vorsichtig verbaute hätte, bei dem ganz abnormen Regenfall vom 8. September das schöne Dorf heute ein Schutthaufen wäre. Allerdings wurden die kostbaren Thalsperren mit tausenden von Cubikmetern abgelagerten Geschiebes weggerissen. Das zeigt nur, was wir immer wussten, dass auch Thalsperren keine absolute Sicherheit bieten können, dass

*) Der Verfasser dieser Mittheilungen war verhindert, gleich nach den vorgefallenen Ausbrüchen das betreffende Gebiet zu begehen; wie ihm dies erst nachträglich möglich wurde, so ist es auch mit dem Berichte darüber der Fall, was der Leser gütigst entschuldigen wolle.