



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Festigkeitslehre

Lauenstein, Rudolf

Stuttgart, 1902

§ 1. Vorbemerkungen.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78212](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78212)

§ 1.

Vorbemerkungen.

Wirken auf einen festen Körper irgend welche äußeren Kräfte, so tritt unter allen Umständen eine Formänderung des Körpers ein.

Wird z. B. ein am oberen Endpunkte befestigter gerader Stab durch ein unten angehängtes Gewicht belastet, so tritt stets eine Verlängerung und zugleich eine Einschnürung (Verkleinerung des Querschnittes) des Stabes ein, wie groß auch immer die Festigkeit des Materials und wie klein auch immer das angehängte Gewicht sein möge.

Solange die Formänderungen eine gewisse Grenze, die sog. *Elastizitätsgrenze*, nicht überschreiten, verschwinden dieselben wieder, sobald die äußeren Kräfte zu wirken aufhören, und der Körper nimmt seine ursprüngliche Form wieder an. Diese Eigenschaft der Körper nennt man *Elastizität*.

Vergößert man die äußeren Kräfte so weit, daß die *Elastizitätsgrenze* überschritten wird, so verschwinden nach Aufhören der Kräfte die Formänderungen nicht mehr vollständig; es treten vielmehr bleibende Formänderungen ein, bis schließlich durch weitere Steigerung der äußeren Kräfte eine Zerstörung des Körpers erfolgt.

Den durch die äußeren Kräfte hervorgebrachten Formänderungen wirken nun innere Kräfte als Widerstände entgegen, welche abhängig sind von der Art und Weise, in welcher die äußeren Kräfte auf den Körper einwirken. Es lassen sich folgende Fälle unterscheiden:

1) Die Kraft P wirkt in der Längsrichtung des Körpers und sucht denselben entweder auszudehnen (Fig. 1a) oder zusammenzudrücken (Fig. 1b). Bei dieser Kraftäußerung tritt der Widerstand gegen Zug bezw. Druck auf.

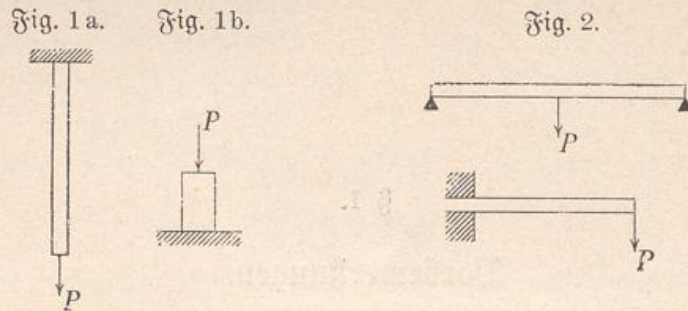
2) Die Kraft P wirkt unter einem Winkel (meist 90°) gegen die Längsrichtung des Körpers und sucht denselben durchzubiegen (Fig. 2). Hierbei entsteht der Widerstand gegen Biegung.

3) Die Kraft P sucht eine Trennung des Körpers in einer Fläche zu bewirken und erzeugt dabei den Widerstand gegen Abscherung (Fig. 3 u. 3a).

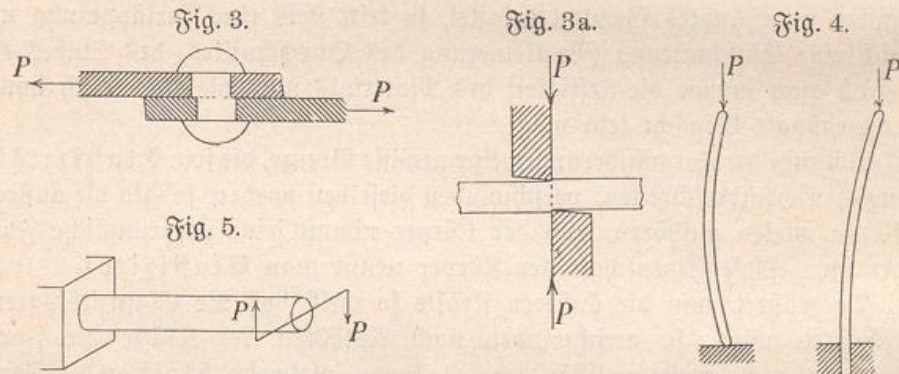
4) Die Kraft P wirkt in der Längsrichtung des Körpers, dessen Länge im Vergleich zu seinem Querschnitt so groß ist, daß ein seitliches Ausbiegen

eher als ein Zerdrücken eintritt (Fig. 4). Der hierbei auftretende Widerstand heißt der Widerstand gegen Zerknicken.

5) Die Kraft P strebt den Körper um seine Längsachse zu verdrehen und erzeugt dabei den Widerstand gegen Verdrehung (Fig. 5).



Die Widerstände können entweder einzeln oder auch gleichzeitig in einem Körper auftreten. So z. B. wird der Balken eines versteiften Trägers gleich-



zeitig auf Biegung und auf Druck beansprucht, eine Welle gleichzeitig auf Biegung und auf Verdrehung.

Um nun die bei Einwirkung äußerer Kräfte auftretenden inneren Widerstände näher untersuchen zu können, bezieht man diese auf die Flächeneinheit und nennt den auf die Flächeneinheit wirkenden Widerstand: Spannung.

Es soll hier in der Folge

als Flächeneinheit das Quadratcentimeter,
als Kräfteinheit das Kilogramm

zu Grunde gelegt werden.

Je nach der Größe der Spannung nennt man:

Tragfestigkeit diejenige Spannung, welche der Elastizitätsgrenze entspricht, bei welcher also ein Stab bis zur Elastizitätsgrenze ausgedehnt oder zusammengedrückt ist.

Bruchfestigkeit diejenige Spannung, bei welcher eine Zerstörung des Materials eintritt.

Ist bei einem Materiale die Bruchfestigkeit erheblich größer als die Tragfestigkeit, so nennt man das Material zäh; ist dagegen die Bruchfestigkeit nur wenig größer als die Tragfestigkeit, so ist das Material spröde.

Elastizitätsmodul kann man erklären als diejenige Spannung, bei welcher ein Stab um seine eigene Länge ausgedehnt oder zusammengebrückt würde, vorausgesetzt, daß die Elastizitätsgrenze dabei nicht überschritten würde und daß das Material eine solche Formänderung überhaupt zuließe.

Da bei Eintritt bleibender Formänderungen ein Körper seine ursprüngliche Beschaffenheit nicht mehr besitzt, vielmehr schon als teilweise zerstört angesehen werden kann, so darf bei statischen Konstruktionen die Elastizitätsgrenze niemals überschritten werden. Diejenige Spannung, welche bei Bauausführungen auf die Dauer und mit Sicherheit dem Materiale zugemutet werden kann, die zulässige Spannung oder zulässige Inanspruchnahme, muß daher immer kleiner als die Tragfestigkeit sein.

Das Verhältnis der zulässigen Inanspruchnahme zu der Bruchfestigkeit heißt der Sicherheitsgrad.

Gewöhnlich wird bei Eisenkonstruktionen für die zulässige Inanspruchnahme ein gewisser Teil der Tragfestigkeit, bei Steinkonstruktionen meistens ein gewisser Teil der Bruchfestigkeit angenommen.

Es sollen für die Folge nachstehende, ziemlich allgemein verbreitete Bezeichnungen benutzt werden.

k = zulässige Inanspruchnahme,

K = Bruchfestigkeit,

E = Elastizitätsmodul.

Für diese Größen lassen sich bestimmte, unter allen Umständen gültige Zahlenwerte für die verschiedenen Materialien nicht angeben; namentlich gilt dies für die zulässige Inanspruchnahme, welche sowohl abhängig ist von der Form und Größe des Querschnittes als auch von der Güte des Materials, sowie von der Art der Beanspruchung desselben. Häufig sind lediglich die baupolizeilichen Vorschriften maßgebend, die aber auch wieder für verschiedene Orte verschieden sein können. Bei größeren statischen Konstruktionen (z. B. bei großen Brücken) pflegt man wohl besondere Versuche mit dem zu verwendenden Baustoffe anzustellen, um die genaueren Zahlenwerte der Tragfestigkeit, Bruchfestigkeit und des Elastizitätsmoduls zu ermitteln.

Die folgende für Baukonstruktionen gültige Tabelle gibt für die wichtigsten Materialien die aus zahlreichen Versuchen gewonnenen Mittelwerte der Größen E und K , sowie die für ruhende Belastungen üblichen bzw. vorgeschriebenen Werte von k in Kilogramm für ein Quadratcentimeter.

Tabelle für Baukonstruktionen.

Material	Elastizitäts- modul E	Bruchfestigkeit K		Zulässige Inanspruch- nahme k	
		Zug	Druck	Zug	Druck
Guß Eisen	1 000 000	1200	6000	250	500
Schmiedeeisen	2 000 000	4000	3000	1000 (750)	1000 (750)
Stahl	2 200 000	6000	6000	1200	1200
Tannenholz	100 000	800	400	60	50
Kiefernholz	100 000	900	450	100	60
Eichen- u. Buchenholz	120 000	1000	500	100	80
Glas	750 000	250	1500	—	75
Kalkstein	120 000	—	300—500	—	30—50
Sandstein	100 000	—	200—300	—	20—30
Ziegel	—	—	60—120	—	6—12
Kalkmörtel	—	—	40	—	4
Zementmörtel	—	—	100—150	—	10—15
Baugrund (guter)	—	—	—	—	2,5—4

Die eingeklammerten Werte für Schmiedeeisen gelten für solche Bauteile, welche bedeutenden Erschütterungen oder starken Belastungswechseln ausgesetzt sind.

Für gerades Eisenwellblech ist $k = 750$ (Zug oder Druck)

„ gewölbtes „ „ $k = 500$ „ „ „

Ueber die zulässige Materialbeanspruchung bei Maschinenkonstruktionen sind eingehende Festigkeitsversuche angestellt von Wöhler, Spangenberg, C. v. Bach u. a.

Die Wöhler'schen Versuche ergaben folgende Thatfachen:

Der Bruch des Eisens läßt sich bei wiederholter Beanspruchung durch eine weit geringere Kraftwirkung erreichen, als bei einmaliger Beanspruchung möglich ist. Die Tragfähigkeit nimmt also ab, wenn die Belastung keine ruhende, sondern eine oft wechselnde ist.

Die Abnahme der Tragfähigkeit ist um so größer, je größer der Unterschied der oberen und unteren Spannungsgrenze ist.

Selbst bei sehr oft wiederholter Belastung wird das Eisen nicht zerstört, wenn die Beanspruchung auf ein gewisses Maß beschränkt bleibt.

Für die Größe der zulässigen Inanspruchnahme sind danach folgende Belastungsfälle als maßgebend zu Grunde zu legen:

- 1) Die Belastung ist eine ruhende, unveränderliche.
- 2) Die Belastung wechselt beliebig oft zwischen den Grenzen Null und einem größten Werte (z. B. bei wiederholter Ausdehnung bezw. Zusammenrückung, wiederholter Biegung, wiederholter Drehung nach einer Richtung hin). Für die zulässige Inanspruchnahme ist hier nur $\frac{2}{3}$ der für ruhende Belastung gültigen Werte zu setzen.
- 3) Die Belastung wechselt beliebig oft zwischen einem größten positiven und einem in absoluter Beziehung gleich großen negativen Werte (z. B. bei

wiederholter Biegung und wiederholter Drehung nach entgegengesetzten Richtungen, sowie bei wiederholter Ausdehnung und darauf folgender Zusammendrückung). Bei diesem Belastungsfall darf für die zulässige Inanspruchnahme nur $\frac{1}{3}$ der für ruhende Belastung gültigen Werte eingesetzt werden.

Danach ergeben sich je nach der Art der Beanspruchung bezw. Belastung für die zulässige Inanspruchnahme der verschiedenen Eisensorten folgende Tabellen (nach C. v. Bach):

I. Die Belastung ist ruhend.

Material	k =				
	Zug	Druck	Biegung	Schub	Drehung
Guß Eisen	300	900	450	300	300
Schweiß Eisen	900	900	900	720	360
Fluß Eisen	900—1200	900—1200	900—1200	720—960	600—840
Stahlguß (Form-Fluß Eisen)	600—900	900—1200	750—1050	480—840	480—840
Martinstahl	1200	1200	1200	960	900
Ziegelgußstahl	1500	1500	1500	1200	1200

II. Die Belastung wechselt zwischen Null und einem Maximum.

Material	k =				
	Zug	Druck	Biegung	Schub	Drehung
Guß Eisen	200	600	300	200	200
Schweiß Eisen	600	600	600	480	240
Fluß Eisen	600—800	600—800	600—800	480—640	400—560
Stahlguß (Form-Fluß Eisen)	400—600	600—900	500—700	320—560	320—560
Martinstahl	800	800	800	640	600
Ziegelgußstahl	1000	1000	1000	800	800

III. Die Belastung wechselt zwischen einem Maximum und einem Minimum.

Material	k =				
	Zug	Druck	Biegung	Schub	Drehung
Guß Eisen	100	300	150	100	100
Schweiß Eisen	300	300	300	240	120
Fluß Eisen	300—400	300—400	500—400	240—320	200—280
Stahlguß (Form-Fluß Eisen)	200—300	300—450	250—350	160—280	160—280
Martinstahl	400	400	400	320	300
Ziegelgußstahl	500	500	500	400	400

Für ungehärteten Federstahl (Belastungsfall II, Biegung) ist: $k = 3600$.

" gehärteten " (" " II, ") " : $k = 4300$.

Für die gehärteten Federn der Lokomotiven und Eisenbahnwagen kann man etwa annehmen: $k = 6000$.