



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Universitätsbibliothek Paderborn**

### **Lehrbuch des Hochbaues**

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen ,  
Eisenbetonkonstruktionen

**Esselborn, Karl**

**Leipzig, 1908**

§ 9. Die Grundbegriffe der Elastizitäts- und Festigkeitslehre und die  
Beanspruchungsarten des Eisens

[urn:nbn:de:hbz:466:1-50294](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-50294)

den auf sie wirkenden äußeren Kräften das Gleichgewicht halten können. Es sind also zunächst die äußeren Kräfte für die möglichen, denkbar ungünstigsten Belastungsweisen und dann die durch diese Belastungen erzeugten Auflagerkräfte und inneren Kräfte zu ermitteln und schließlich hiernach den einzelnen Konstruktionsteilen die erforderlichen Abmessungen zu geben.

Eine weitere Aufgabe der Berechnung ist die, den Konstruktionen eine den auftretenden Kräften entsprechende möglichst günstige Form zu verleihen, soweit dies durch die gegebenen Bedingungen und Verhältnisse, wie schönes Aussehen, Raumausnutzung usw., möglich ist.

Die äußeren Kräfte zerfallen in Belastungen und Lagerreaktionen. Die Belastungen setzen sich zusammen aus Eigengewicht (ständige Last) und zufälliger Belastung.

Die Eigengewichte sind vor der Berechnung der Konstruktionen nicht bekannt und man muß diese nach ähnlichen Konstruktionen schätzen oder durch angenäherte überschlägliche Berechnungen annähernd ermitteln. Für in der Praxis sich oft wiederholende Konstruktionen, wie Decken, Dächer usw., hat man auch Eigengewichtstabellen aufgestellt, die in den verschiedenen Hand- und Lehrbüchern, in der »Hütte« usw. angegeben sind. Bei der Besprechung der einzelnen Konstruktionen wird hierauf noch näher eingegangen werden.

Die zufälligen Lasten sind hauptsächlich Nutz- und Verkehrslasten, sowie andere, durch die Natur bedingte, zeitweise auftretende Kräfte, wie Schneelast, Winddruck usw. Die Nutz- und Verkehrslasten treten besonders bei Deckenkonstruktionen auf, und zwar bestehen sie für Wohn- und öffentliche Räume, wie Säle, Theater und Versammlungsräume, meist in der Belastung durch Menschengedränge, während sie bei Lagerräumen, Speichern usw. sehr oft durch die aufgestapelten Waren, Maschinen usw. gebildet werden. Für Dächer und Türme sind hauptsächlich die Windkräfte und eventuell auch Schneelast als zufällige Lasten von wesentlichem Einfluß.

Aber nicht allein die Belastungsgrößen, sondern auch die Belastungsart der zufälligen Lasten kann auf die ungünstigste Beanspruchung der Konstruktion von Bedeutung sein. So ist z. B. genau zu untersuchen, ob die volle oder die einseitige Belastung die ungünstigste Belastungsart für die vorliegende Konstruktion ist und die sich ergebende ungünstigste Belastungsart muß der Berechnung zugrunde gelegt werden. Außerdem ist noch festzustellen, ob die Belastung durch zufällige Last mit Erschütterungen und Stößen oder allmählich, ohne Erschütterung erfolgt; denn stoßweise wirkende Kräfte erfordern eine besondere Beachtung, da sie auf die Wahl des Materials (kein Gußeisen) und die Höhe der zulässigen Materialbeanspruchung von Einfluß sind.

Nachdem so die ungünstigsten äußeren Belastungen ermittelt sind, müssen zunächst die hierzu gehörigen Auflagerreaktionen und dann die durch die Belastungen und Auflagerreaktionen erzeugten inneren Kräfte berechnet werden. Zur Ermittlung der Lagerreaktionen und inneren Kräfte genügen im allgemeinen die Gleichgewichtsbedingungen (statisch bestimmte Konstruktionen); ist dies nicht der Fall, so muß zur Berechnung der durch das Gleichgewicht nicht bestimmbareren Unbekannten die Elastizitätslehre zu Hilfe genommen werden (statisch unbestimmte Konstruktionen). Auf die verschiedenen Methoden der rechnerischen und graphischen Bestimmung der Reaktionen und inneren Kräfte wird in den Abschnitten IV und V dieses Kapitels etwas näher eingegangen.

**§ 9. Die Grundbegriffe der Elastizitäts- und Festigkeitslehre und die Beanspruchungsarten des Eisens.** Das Eisen gehört zu den elastischen Körpern, d. h. es hat die Eigenschaft, unter Einwirkung von Kräften seine Form zu ändern und nach Aufhören der Kräftewirkungen seine frühere Gestalt mehr oder weniger wieder

anzunehmen. Derjenige Teil der Formänderung oder Deformation, der wieder verschwindet, nennt man elastische Formänderung; der nichtverschwindende Teil wird dauernde oder bleibende Formänderung genannt. Die gesamte Formänderung ist eine Folge der durch die äußeren Kräfte erzeugten inneren Kräfte, die man, auf die Flächeneinheit bezogen, als Spannung bezeichnet.

Bleibt man bei Schweiß Eisen, Flußeisen und Stahl mit diesen Spannungen innerhalb einer gewissen Grenze, der Proportionalitätsgrenze, so wachsen die Deformationen direkt proportional den Spannungen. Eine weitere charakteristische Spannungsgrenze ist die Elastizitätsgrenze; solange die Spannungen innerhalb dieser Grenze bleiben, erscheint der Körper elastisch; d. h. die bleibenden Deformationen sind so gering, daß sie vernachlässigt werden können. Bei Schweiß Eisen, Flußeisen und Stahl fallen Elastizitäts- und Proportionalitätsgrenze zusammen.

Wachsen die Spannungen über diese Grenzen hinaus, so nehmen die Deformationen nicht mehr proportional den Spannungen, sondern auf Kosten größerer bleibender Formänderungen wesentlich rascher zu, bis schließlich eine schon mit bloßem Auge merkbare Formänderung des Materials eintritt (Fließ- oder Streckgrenze) und schließlich eine Zerstörung des Körpers erfolgt (Bruchgrenze).

Die Spannung, die ein Körper höchstens erleiden kann, ehe er zerstört wird, nennt man den Festigkeitskoeffizienten des Materials (auch kurzweg Festigkeit).

Für Gußeisen, auch für Beton, Zementmörtel und Steine, gilt das Proportionalitätsgesetz nicht; es ist keine Proportionalitätsgrenze vorhanden, d. h. die Deformationen wachsen hier nicht direkt proportional den Spannungen; auch nicht unterhalb einer gewissen Grenze.

Für die Betrachtung der verschiedenen Beanspruchungsarten seien stabförmige Körper zugrunde gelegt, d. h. Körper, deren Längenabmessungen wesentlich größer sind als die Querabmessungen. Unter dem Querschnitt eines stabförmigen Körpers versteht man einen Schnitt senkrecht zur Längsrichtung. Die Verbindungslinie der Schwerpunkte sämtlicher Querschnitte des Körpers nennt man Achse. Bei gerader Achse spricht man von einem geraden, bei krummer Achse von einem krummen stabförmigen Körper.

Je nach der Wirkung der Kräfte zu der Achse eines stabförmigen Körpers unterscheidet man verschiedene Arten der Beanspruchungen und der Festigkeit, und zwar Beanspruchung auf Zug und Druck, Beanspruchung auf Schub (Abscherung), Beanspruchung auf Biegung und Beanspruchung auf Verdrehung oder Torsion, und dementsprechend auch Festigkeit gegen Zug und Druck, gegen Schub, gegen Biegung und Torsion.

1. Beanspruchung auf Zug und Druck tritt auf, wenn die äußeren Kräfte in die Richtung der Achse fallen, wenn sie also eine Verschiebung der Querschnitte derart verursachen, daß diese zwar parallel bleiben, aber ihre Abstände voneinander in der Richtung der Achse verändern und zwar bei Zug vergrößern, bei Druck verringern.

Zug- oder Druckfestigkeit ist diejenige Zug- oder Druckspannung, d. h. die auf die Flächeneinheit wirkende Kraft, die unmittelbar vor der Zerstörung durch reinen Zug oder Druck vorhanden ist.

2. Beanspruchung auf Schub oder Abscherung tritt auf, wenn die Kräfte zwei unmittelbar nebeneinander liegende Querschnitte gegeneinander senkrecht zur Achse verschieben wollen, so daß ihre Entfernung in der Richtung der Achse nicht geändert wird.

Schubfestigkeit ist die unmittelbar vor der Zerstörung des Körpers durch Schub in dem Abscherungsquerschnitt auftretende Schubspannung.

3. **Beanspruchung auf reine Biegung** tritt auf, wenn die äußeren Kräfte zwei benachbarte Querschnitte gegeneinander so verdrehen wollen, daß diese nach der Verdrehung nicht mehr parallel sind; bei dieser Verdrehung ändern sich jedoch die Abstände ihrer Schwerpunkte nicht.

Biegungsfestigkeit ist diejenige Biegungsspannung, die in den äußersten Fasern, der auf Biegung beanspruchten Querschnitte unmittelbar vor der Zerstörung des Körpers durch Biegung vorhanden ist.

4. **Verdrehungs- oder Torsionsbeanspruchung** tritt auf, wenn die äußeren Kräfte zwei unmittelbar nebeneinanderliegende Querschnitte um die Achse des Körpers so verdrehen wollen, daß die Querschnitte parallel bleiben und ihren Abstand in der Richtung der Achse nicht ändern.

Torsionsfestigkeit ist die unmittelbar vor der Zerstörung des Körpers durch Torsion an der Bruchstelle auftretende Torsionsspannung. Die Torsionsbeanspruchung ist für die Hochbaukonstruktionen von untergeordneter Bedeutung, und soll hierauf an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden.

Treten von den erwähnten Beanspruchungen zwei oder mehr gleichzeitig auf, so spricht man von zusammengesetzter Beanspruchung und demgemäß auch von zusammengesetzter Festigkeit.

In der Praxis handelt es sich nun weniger um die Festigkeiten für die verschiedenen Beanspruchungsweisen als um die betreffende zulässige Inanspruchnahme. Unter dieser letzteren versteht man diejenige Kraft für ein qcm, die man dem Material mit Sicherheit auf die Dauer zumuten kann. Für die Wahl dieser zulässigen Beanspruchung ist die Elastizitätsgrenze maßgebend, und zwar soll diese niemals erreicht oder gar überschritten werden. Um nun aber unvorhergesehenen Überbelastungen oder Materialänderungen Rechnung zu tragen, führt man einen Sicherheitskoeffizienten ein, indem man mit der zulässigen Beanspruchung nur bis zu einem Bruchteil der Elastizitätsgrenze herangeht, z. B.  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{2}{3}$ .

Näheres über die zulässigen Beanspruchungen für die verschiedenen Beanspruchungsarten findet sich in § 10. Für solche Konstruktionen, die einem plötzlichen Belastungswechsel unterworfen sind und bei denen die Belastungen mit Erschütterung oder Stößen verbunden auftreten, nimmt man die zulässige Beanspruchung geringer an als bei den durch ruhende Belastung beanspruchten Konstruktionen; man rechnet dann noch mit einem sog. Stoßkoeffizienten, indem man als zulässige Beanspruchung einen weiteren Bruchteil der zulässigen Beanspruchung für ruhende Lasten einführt, oder die stoßend wirkenden Lasten mit einem größeren Wert in Rechnung stellt.

Bei der Belastung der Konstruktion spielt noch der Elastizitätsmodul oder die Elastizitätszahl eine wesentliche Rolle. Diese Zahl gibt uns ein Bild von der Widerstandsfähigkeit des Materials gegen Deformationen; je größer der Elastizitätsmodul ist, desto widerstandsfähiger ist das Material gegen elastische Deformationen.

Die Größe ( $E$ ) der Elastizitätszahl für die verschiedenen Materialien hat man durch Versuche bestimmt und hat als Mittelwert für Fluß-, Schweißeisen und Stahl gefunden  $E = 2000000$  kg/qcm, für Gußeisen  $1000000$  kg/qcm.

## § 10. Berechnungsweise für die verschiedenen Beanspruchungsarten.

1. **Zug- und Druckfestigkeit (Normalspannung, Normalfestigkeit).** Wirken auf einen stabförmigen, geradachsigen Körper äußere Kräfte in der Stabachse, so erzeugen diese eine über den ganzen Querschnitt gleichmäßig verteilte Zug- oder Druckbeanspruchung, je nachdem die Kräfte dem Körper eine positive Verlängerung oder eine negative Verlängerung (Verkürzung) zu erteilen bestrebt sind. Hat der Stab konstanten