

Zugspannung/Druckspannung

Wird ein Bauteil über seine gesamte Querschnittsfläche gleichmäßig durch eine Kraft, die senkrecht zum Flächenelement wirkt, auf Zug bzw. Druck beansprucht, so versteht man unter der Zug- bzw. Druckspannung folgende Quotienten:

Zug- und Druckspannung

$$\sigma_z = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_D = \frac{F}{A}$$

$$\text{Zugspannung } \sigma = \frac{\text{Zugkraft}}{\text{Fläche}}$$

$$\text{Druckspannung} = \frac{\text{Druckkraft}}{\text{Fläche}}$$

$$[\sigma_z] = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$[\sigma_D] = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Die größte Zug- bzw. Druckspannung tritt im kleinsten Querschnitt auf. Jede Durchschnichtsänderung durch Abnutzung oder Kerben hat einen Zug-/Druckanstieg zur Folge. Durch Einwirkung der Normalkraft verlängert bzw. verkürzt sich das Bauteil. Unterhalb der Elastizitätsgrenze ist die Formänderung der einwirkenden Kraft proportional. Bauteile werden so ausgelegt, dass sie durch äußere Kräfte nur im elastischen Bereich belastet werden. Die maximale Belastung führt dann zu einer elastischen Verformung. Das heißt, bei Wegnahme der Belastung geht die Formänderung wieder zurück. Unter der elastischen Dehnung versteht man den Quotienten aus der Längenänderung $\Delta \ell$ und der Ausgangslänge ℓ .

$$\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell}$$

Mit der Längenänderung ist stets eine Veränderung des Querschnitts verbunden. Bei der Dehnung tritt eine Querkontraktion und bei der Stauchung eine Vergrößerung des Querschnitts auf (Volumenveränderungen sind nicht zwangsläufig).

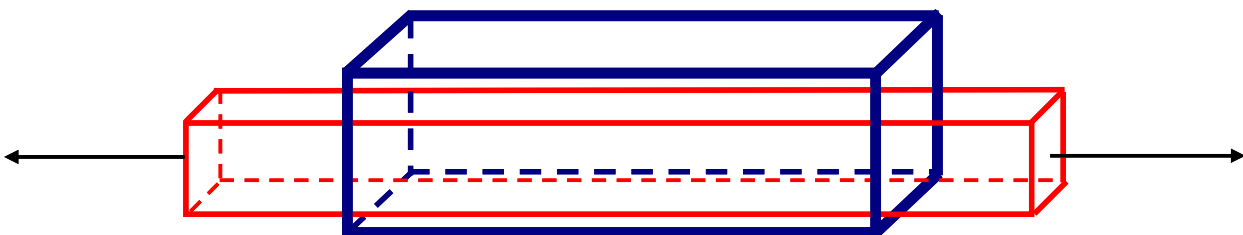


Abb. 1: Volumenveränderung
 Quelle: eigene Darstellung

Betrachtet man ein auf Zug bzw. Druck beanspruchtes Bauteil hinsichtlich seiner Längenänderung, so ist es abhängig von:

- a) der wirkenden Kraft
- b) Länge des Bauteils
- c) Querschnitt des Bauteils
- d) dem Material des Bauteils

$$\text{Es gilt: } \Delta l \sim \frac{F \cdot l}{A} \Rightarrow \Delta l = \frac{1}{E} \cdot \frac{F \cdot l}{A} = \alpha \cdot \frac{F \cdot l}{A}$$

$$\text{Mit } \sigma = \frac{F}{A}: \quad \Delta l = \frac{1}{E} \cdot \sigma \cdot l \Leftrightarrow \frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} \cdot \sigma$$

$$\Leftrightarrow \varepsilon = \frac{1}{E} \cdot \sigma \Leftrightarrow \sigma = \varepsilon \cdot E$$

$$\Leftrightarrow \boxed{\sigma = \varepsilon \cdot E}$$

Hooke-Gesetz:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

Normalspannung = Dehnung · Elastizitätsmodul

Bei einer einseitigen elastischen Ausdehnung sind die Dehnung ε und die Normalspannung σ proportional.

E: Elastizitätsmodul (Materialkonstante, die das Verhalten der Stoffe bei einer elastischen Ausdehnung kennzeichnet)

$$[E] = \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Das Hooke-Gesetz gilt nur für Deformationen, die innerhalb bestimmter Grenzen bleiben.

In folgender Abbildung ist der Zusammenhang zwischen der Normalspannung und der Dehnung über den Gültigkeitsbereich des Hooke-Gesetzes hinaus schematisch wiedergegeben.

Das Verhalten eines Baustoffes unter Belastung kann anhand des Spannungs-Dehnungs-Diagramms dargestellt werden. Dieses Diagramm ist das Ergebnis eines bis zum Materialbruch durchgeführten Zugversuchs.

Spannung σ in
 N/mm^2

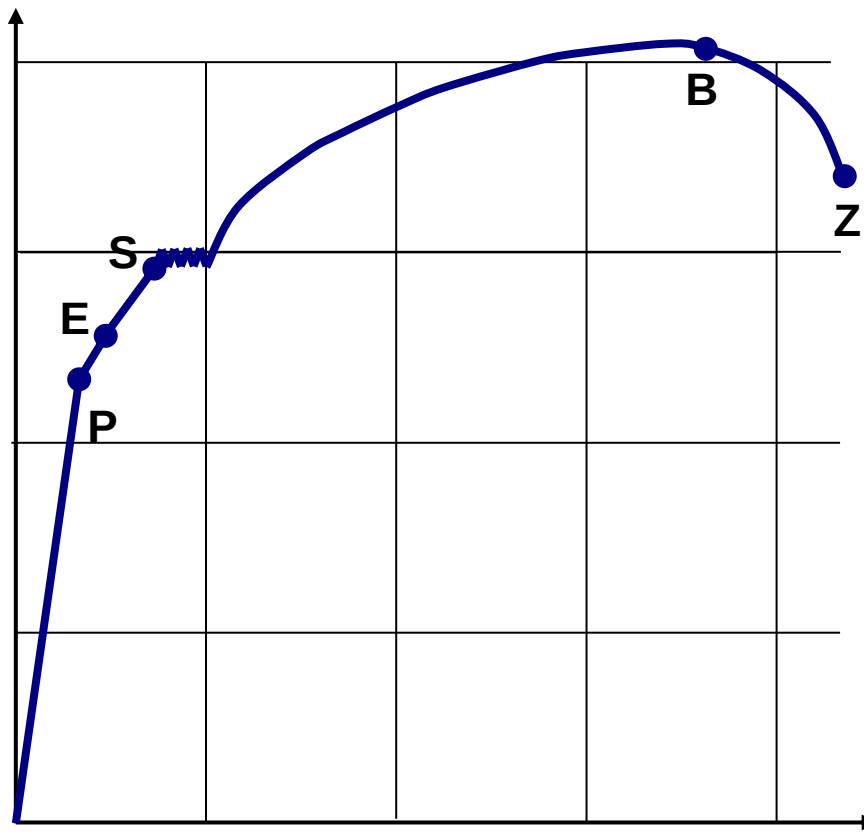


Abb. 2: Spannungs-Dehnungs-Diagramms
Quelle: eigene Darstellung

- P = Proportionalitätsgrenze:
Spannungen und Dehnungen sind verhältnismäßig
- E = Elastizitätsgrenze:
kleine bleibende Verformungen $\leq 0,01 \%$
- S = Fließgrenze:
ohne Lasterhöhung reißt sich der Stahl
- B = Bruchgrenze:
Querschnitt verringert sich
- Z = Zerreißgrenze

Das *Spannungs-Dehnungs-Diagramm* zeigt, dass die Proportionalität zwischen der Normalspannung und der Dehnung an der Proportionalitätsgrenze P endet. Je kleiner das Elastizitätsmodul ist, d.h. je flacher die Steigung der Geraden im Proportionalitätsbereich ist, desto biegsamer (weicher) ist der Baustoff.

Anschließend nimmt die Dehnung stärker als vorher zu, die Deformation ist bei vielen Stoffen aber immer noch elastisch, bis die Fließgrenze S erreicht wird. Jenseits dieser Grenze wächst die Dehnung mit zunehmender Spannung noch schneller als vorher. Es findet ein Fließen des Materials statt, d. h. der Baustoff dehnt sich ohne

Spannungssteigerung aus und es treten erhebliche bleibende Verformungen auf. Diese bleibenden Formveränderungen sind auf innere Umlagerungen zurückzuführen.

Schließlich wird die höchste Spannung, die das Material auszuhalten vermag, im Punkt B erreicht. Man nennt diese Spannung Bruchspannung. Der Bruch tritt aber erst nach einer scheinbaren Spannungsabnahme am Punkt Z ein. Dies ist die Folge der starken Querschnittseinschnürung an der Bruchstelle, da die aufgebrachte Kraft während des gesamten Versuchs auf die ursprüngliche Querschnittsfläche bezogen wird.

Der Verlauf der Kurve hängt weitgehend vom Material sowie von den äußeren Bedingungen wie Temperatur, Geschwindigkeit der Verformung usw., aber auch von der Vorgeschichte des Materials ab.

Folgendes Diagramm zeigt die Spannungs-Dehnungsdiagramme von Stahl bei Temperaturen bis 500 °C.

Spannung σ in N/mm^2

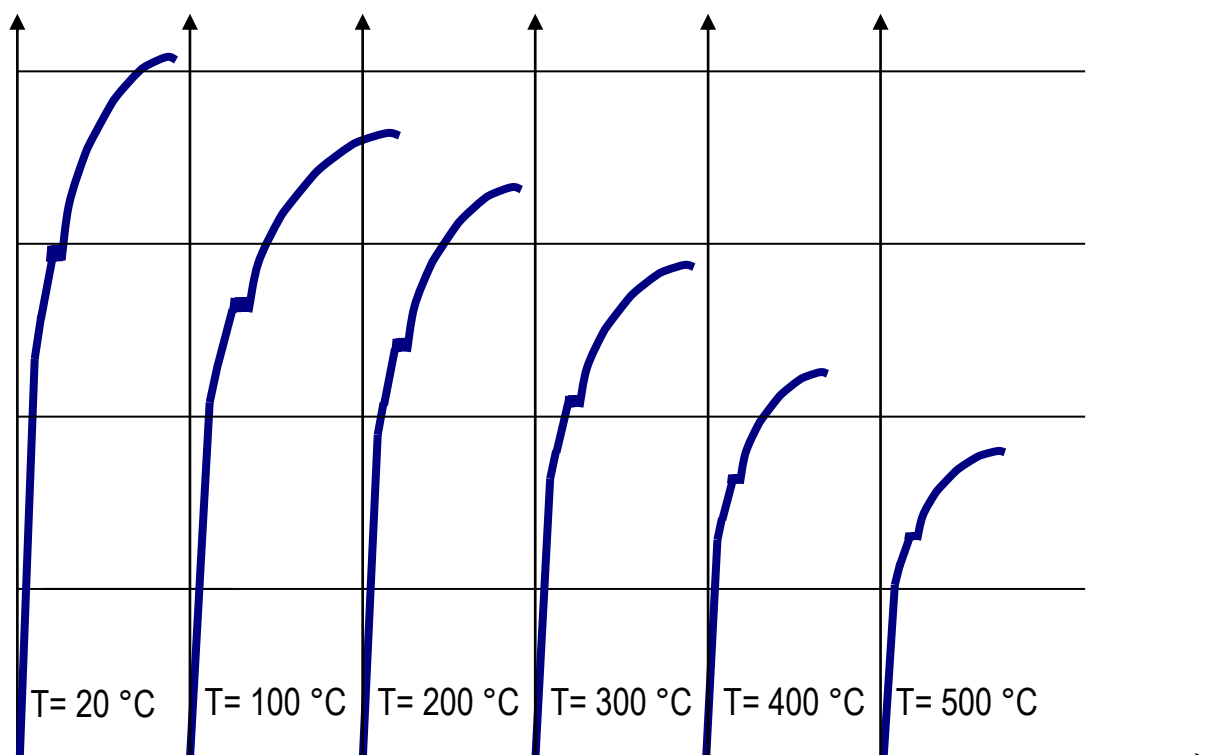


Abb. 3: Spannungs-Dehnungs-Diagramm
 Quelle: eigene Darstellung

Man erkennt, dass die Tragfähigkeit bei $t = 500 \text{ °C}$ um ca. 50 % reduziert ist.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Volumenveränderung	1
Abb. 2: Spannungs-Dehnungs-Diagramms	3
Abb. 3: Spannungs-Dehnungs-Diagramm	4