

Werkstofftechnik

Werkstoffeigenschaften und Werkstoffprüfung

Vorlesung „Allgemeine Werkstoffeigenschaften“



Quelle: Victoriana

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Werkstoffeigenschaften - Übersicht

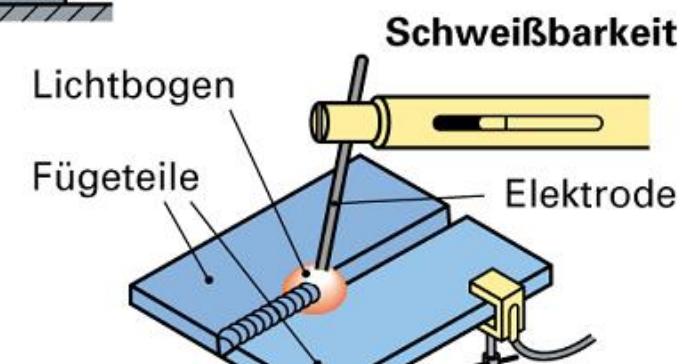
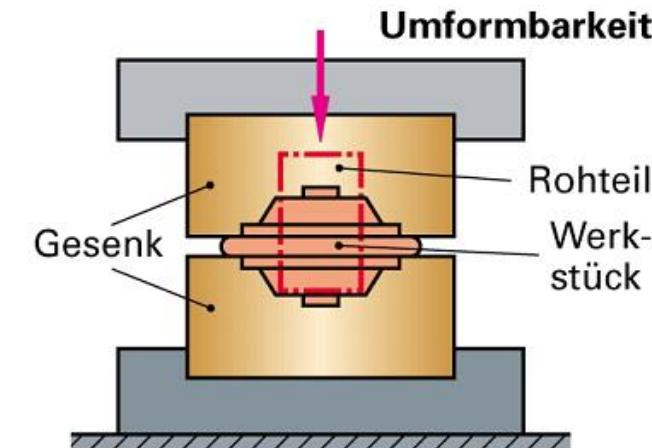
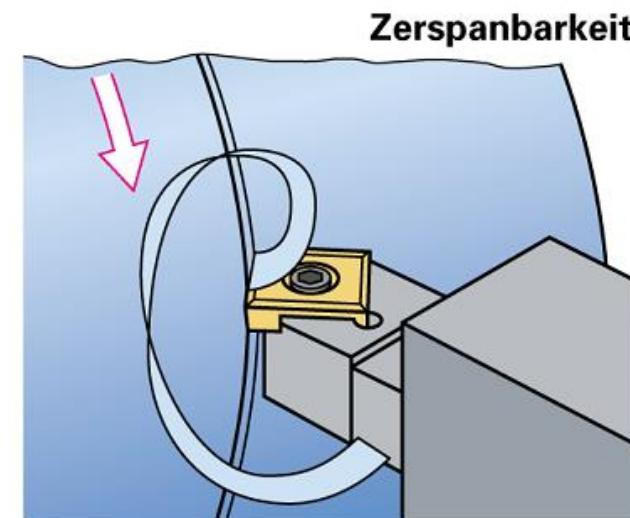
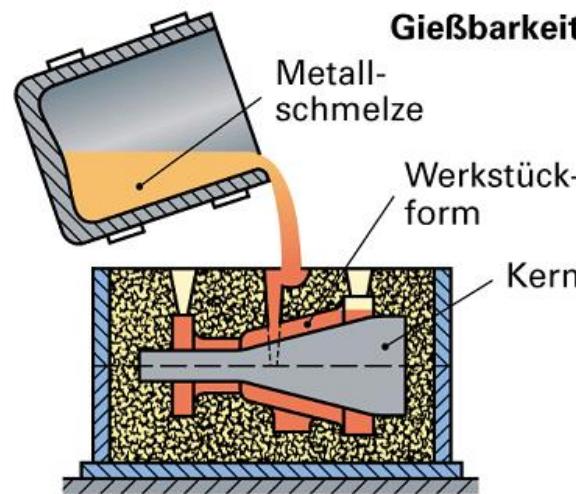
Die Werkstoffeigenschaften können folgendermaßen unterteilt werden:

- Fertigungstechnische Eigenschaften
- Chemisch-technologische Eigenschaften
- Mechanisch-technologische Eigenschaften
- Physikalische Eigenschaften

Werkstoffeigenschaften und Werkstoffprüfung

Fertigungstechnische Eigenschaften

Fertigungstechnische Eigenschaften beschreiben die Eignung der Werkstoffe für verschiedene Fertigungsverfahren



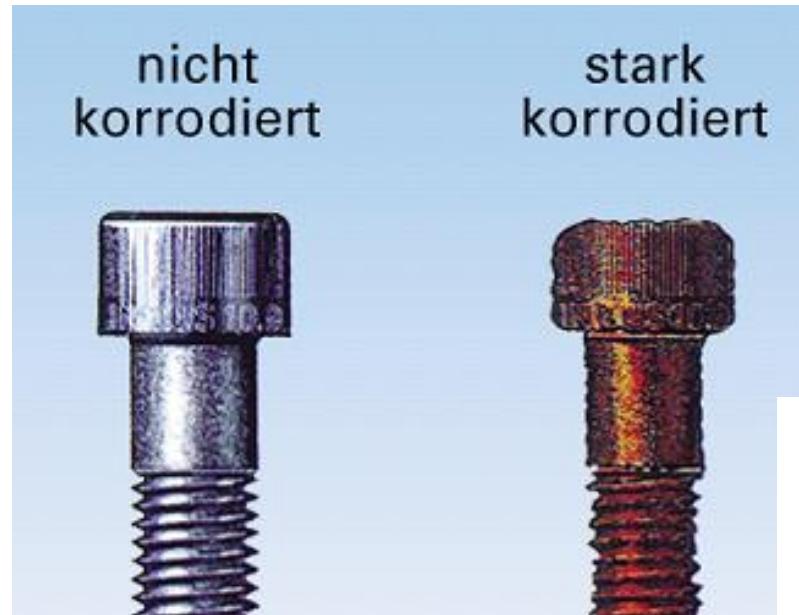
Quelle: Europa Lehrmittel

Werkstoffeigenschaften und Werkstoffprüfung

Chemisch -Technologische Eigenschaften

Chemisch-technologische Eigenschaften beschreiben die Werkstoffzusammensetzung sowie die stoffliche Umwandlung der Werkstoffe durch die Wirkung der sie umgebenden Stoffe und Umweltbedingungen.

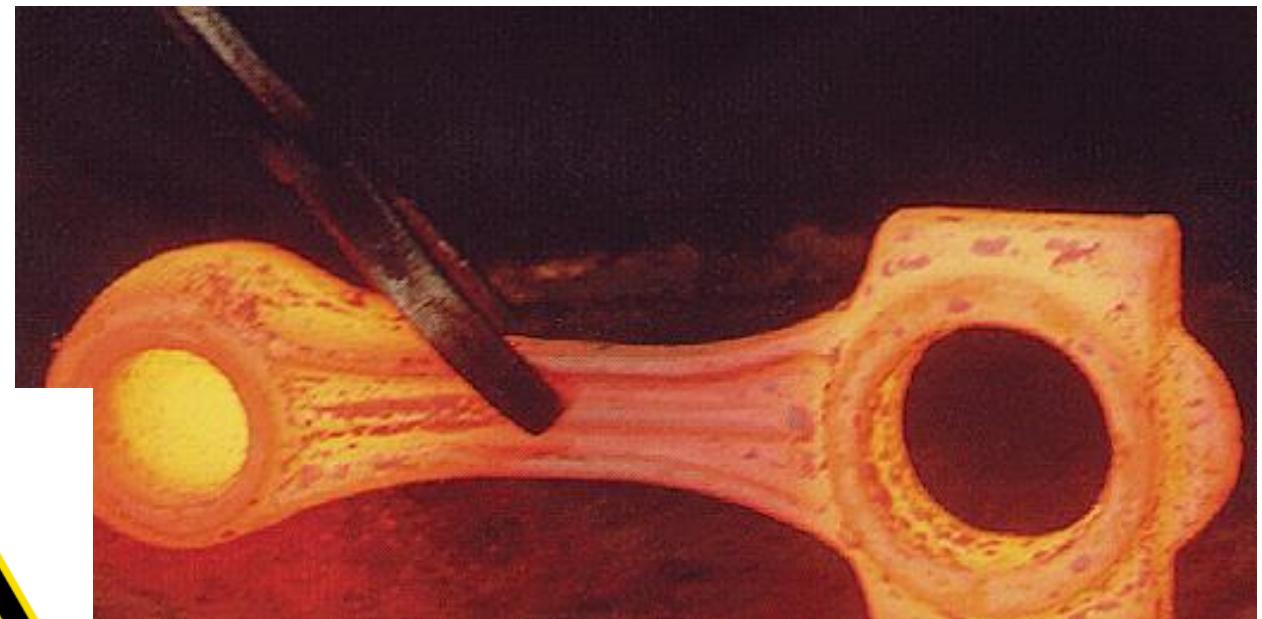
Korrosionsbeständigkeit



Brennbarkeit



*Zunderbeständigkeit
(Reaktionsverhalten bei hohen Temperaturen)*

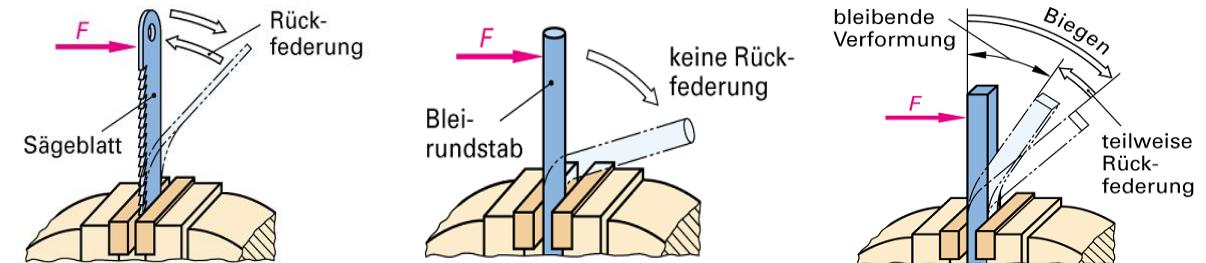


Werkstoffeigenschaften und Werkstoffprüfung

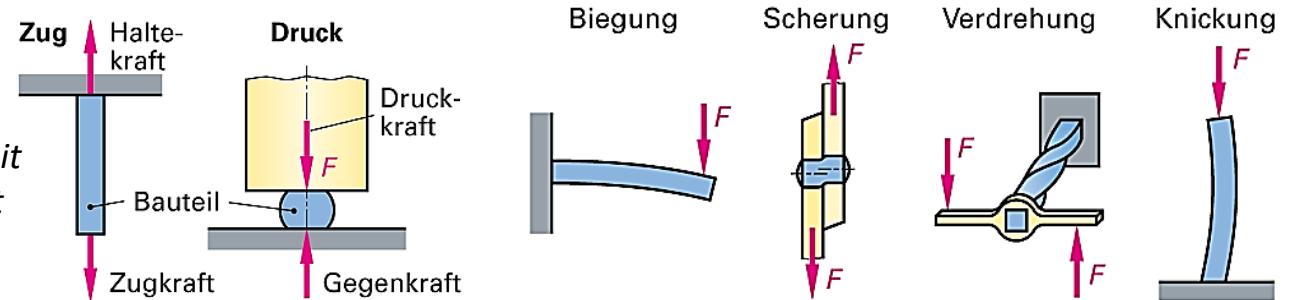
Mechanisch-Technologische Eigenschaften

Mechanisch-technologische Eigenschaften beschreiben das Verhalten der Werkstoffe unter der Wirkung von mechanischen Beanspruchungen.

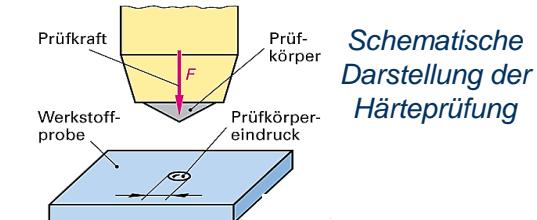
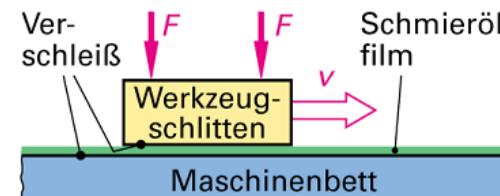
Verformungsverhalten



Festigkeit in Abhängigkeit der Beanspruchungsart



Härte zur Abschätzung des Verschleißverhaltens



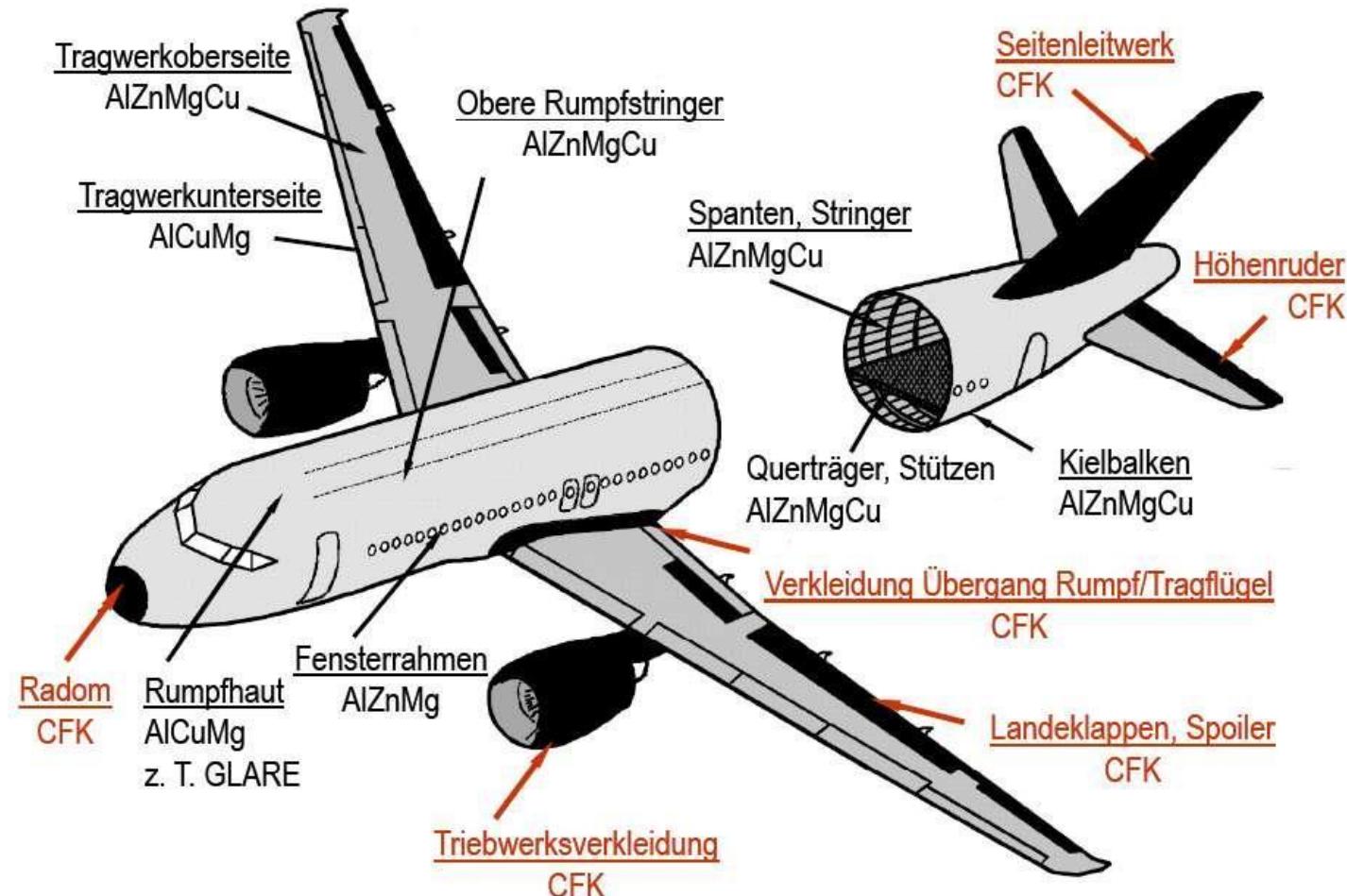
Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Sehen wir uns zunächst einige allgemeine
Werkstoffeigenschaften an!

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Warum besteht ein Flugzeug vorwiegend aus Aluminium?



Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Die Dichte ρ

„Leicht“ oder „schwer“ ist immer relativ. Die Dichte ist die korrekte physikalische Größe!

Dichte

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Masse
Volumen

Metalle

ρ (Cu):	8,9 g/cm ³
ρ (Fe):	7,8 g/cm ³
ρ (Ti):	4,5 g/cm ³
ρ (Al):	2,7 g/cm ³
ρ (Mg):	1,7 g/cm ³

} Leichtmetalle

Keramik

ρ (Al ₂ O ₃):	4 g/cm ³
ρ (Si ₃ N ₄):	3,2 g/cm ³

Kunststoffe

ρ (PE):	0,9 g/cm ³
ρ (PA):	1,1 g/cm ³

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

„Welche physikalische Größe war für diesen Schaden verantwortlich?



Quelle: Victorianana

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Der thermische Ausdehnungskoeffizient α

Der Ausdehnungskoeffizient α ist die relative Längenänderung bei einer Temperaturänderung um 1 K.

Temperaturänderung ΔT

Längenänderung Δl

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Ausgangslänge l_0

The diagram shows a horizontal bar. At the bottom, its original length is labeled l_0 . Above it, its new length after heating is labeled l_1 . A double-headed arrow between the two positions indicates the change in length, labeled Δl .

Metalle

$$\alpha (\text{Cu}): 16,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\alpha (\text{Fe}): 11,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\alpha (\text{Ti}): 8,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\alpha (\text{Al}): 23,1 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\alpha (\text{Mg}): 24,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

Ausgewählte lineare,
thermische
Ausdehnungskoeffizienten
bei Raumtemperatur

Keramik

$$\alpha (\text{Al}_2\text{O}_3): 6,7 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\alpha (\text{Si}_3\text{N}_4): 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

Kunststoffe

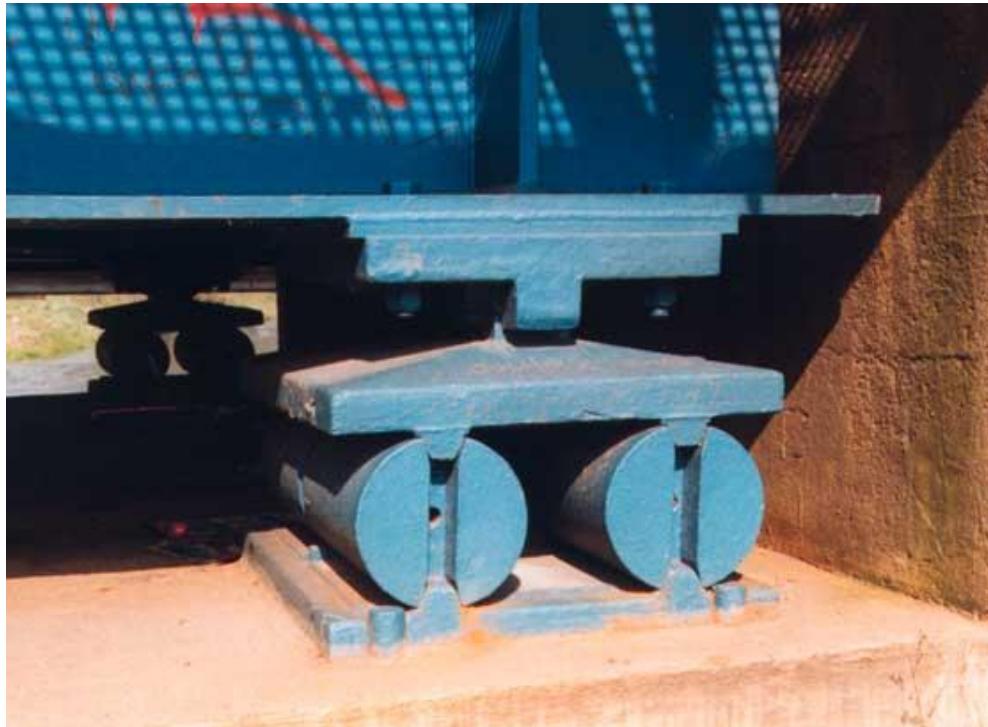
$$\alpha (\text{PE}): 150-200 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

$$\alpha (\text{PA}): 60-150 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

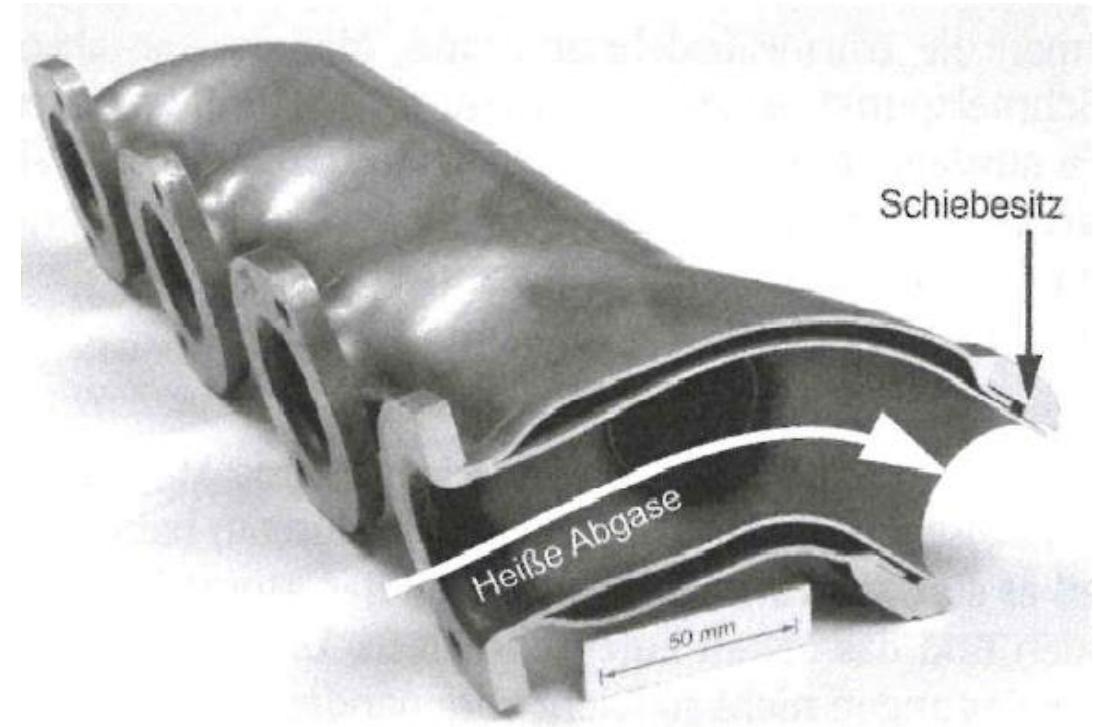
Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Der thermische Ausdehnungskoeffizient α

*Kompensation der Wärmeausdehnung
durch einseitig bewegliche Lagerung*



*Schiebesitz bei doppelwandigen Abgasrohren
zur Verringerung von Wärmespannungen*



Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Der thermische Ausdehnungskoeffizient α

Übungsaufgabe:

Eine Stahlschiene hat bei 10°C eine Länge von 100 m. Welche Länge hat die Schiene bei $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$

- a) im Sommer bei 40°C
- b) Im Winter bei -5°C
- c) Wie groß ist dabei die gesamte Längenänderung?

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Welcher Werkstoff wird bei Überlandleitungen eingesetzt und warum?



Quelle: Wikipedia

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Die elektrische Leitfähigkeit σ

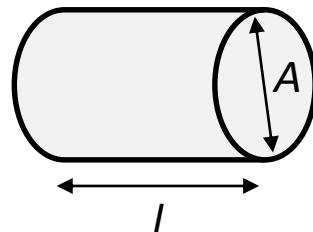
Der Kehrwert der elektrischen Leitfähigkeit σ ist der spezifische Widerstand ρ .

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$\sigma = \left[\frac{s}{m} \right] = \left[\frac{1}{\Omega m} \right] = \left[\frac{m}{\Omega mm^2} \right]$$

Der Widerstand eines elektrischen Leiters:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$



Metalle

ρ (Cu):	0,017 $\Omega mm^2/m$
ρ (Fe):	0,15 $\Omega mm^2/m$
ρ (Ti):	0,8 $\Omega mm^2/m$
ρ (Al):	0,026 $\Omega mm^2/m$
ρ (Mg):	0,044 $\Omega mm^2/m$

Ausgewählte spezifische
Widerstände ρ

Keramik

ρ (Al_2O_3):	10 ¹⁸ $\Omega mm^2/m$
ρ (Si_3N_4):	10 ¹⁸ $\Omega mm^2/m$

Kunststoffe

ρ (PP):	10 ¹¹ $\Omega mm^2/m$
--------------	----------------------------------

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Die elektrische Leitfähigkeit σ

Übungsaufgabe:

Eine Kupferkabel besitzt eine Länge von 5 m und eine Querschnittsfläche von 20 mm^2

- a) Um wieviel Prozent müsste der Kabelquerschnitt angepasst werden, um die gleichen Leitfähigkeitseigenschaften mit dem Werkstoff Aluminium zu erhalten?
- b) Welches prozentuale Leichtbaupotenzial ergibt sich daraus?

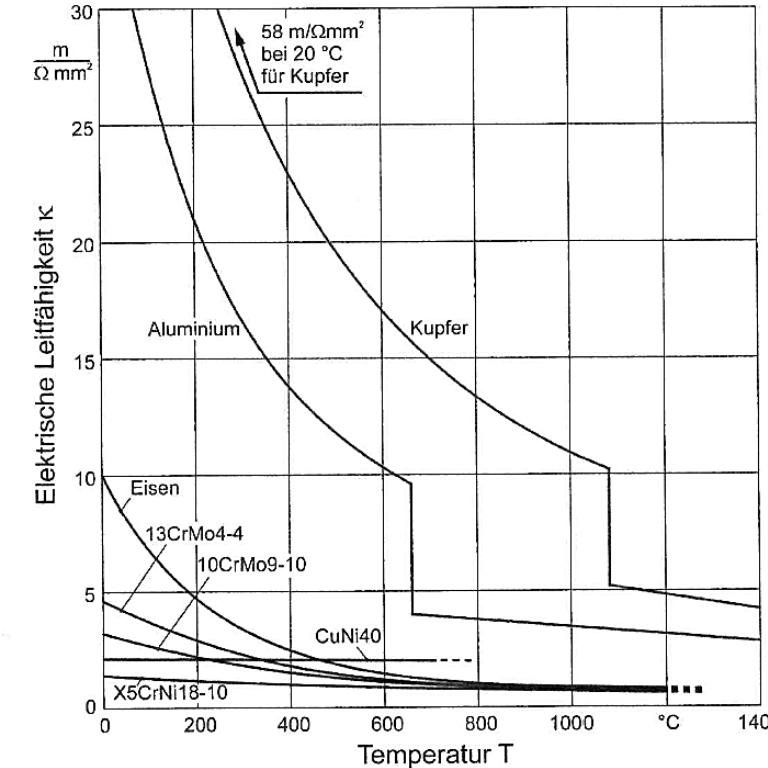
Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Die elektrische Leitfähigkeit σ

Einige Punkte sollten Sie jetzt schon verinnerlichen:

- Ein Metall mit hoher elektrischer Leitfähigkeit ist immer reines Metall, da Fremdatome den Elektronenfluss stören würden.
- Elektroleitungen sind meist aus Kupfer. Reinaluminium ist jedoch eine zunehmend interessantere Alternative (Leichtbau!).
- Die elektrische Leitfähigkeit nimmt mit zunehmender Temperatur ab!

Elektrische Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur, nach Richter und Tslaf



Quelle: Schwab

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Welcher physikalischer Werkstoffkennwert ist für die Auslegung eines Hitzeschildes verantwortlich?



Quelle: Raumfahrer

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Die Wärmeleitfähigkeit λ

Metalle mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit σ besitzen auch eine hohe Wärmeleitfähigkeit λ

Das Wiedemann-Franz'sches Gesetz:

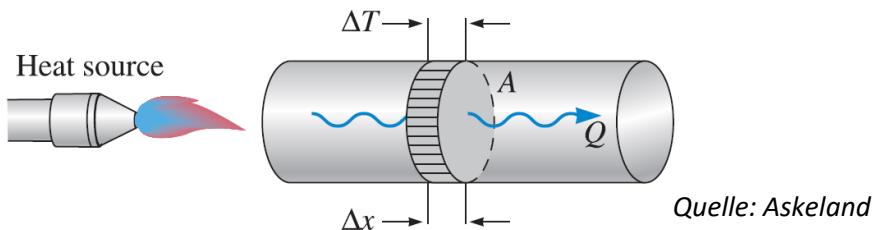
$$\lambda = L \cdot T \cdot \sigma$$

$$\text{mit } \lambda = \left[\frac{W}{mK} \right]$$

Die Wärmeleitungsgleichung:

$$Q = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot t$$

$$\text{mit } Q = [J] = [Ws]$$



Metalle

λ (Cu):	400,1 W/mK
λ (Fe):	80,2 W/mK
λ (Ti):	22 W/mK
λ (Al):	236 W/mK
λ (Mg):	156 W/mK

Ausgewählte
Wärmeleitfähigkeiten λ

Keramik

λ (Al_2O_3):	16 W/mK
λ (Si_3N_4):	15 W/mK

Kunststoffe

λ (PE):	0,57 W/mK
λ (PA):	0,35 W/mK

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Die Wärmeleitfähigkeit λ

Übungsaufgabe:

Durch eine ebene Stahlplatte mit der Fläche $A = 5 \text{ m}^2$ und der Dicke $\Delta x = 12 \text{ mm}$ fließt eine Wärmemenge Q von 80 kJ. Die Wandtemperaturen betragen 80°C und 78°C . Berechnen Sie bei einem λ von 58 W/mK die Zeit t für die Wärmeübertragung.

Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Die Wärmeleitfähigkeit λ

Übungsaufgabe:

Ein Rundstab aus Kupfer soll die Verlustwärme eines elektronischen Bauteils entlang seiner Achse ableiten.

Die Länge des Stabes beträgt 140mm, die Wärmeleitfähigkeit von Kupfer im betreffenden Temperaturbereich 390 W/mK, die abzuleitende Wärmeleistung 70W.

Welchen Durchmesser d muss der Kupferstab mindestens aufweisen, damit die Temperaturdifferenz zwischen den Enden maximal 90K beträgt? Radiale Wärmeverluste (am Umfang des Stabes) seien nicht betrachtet.

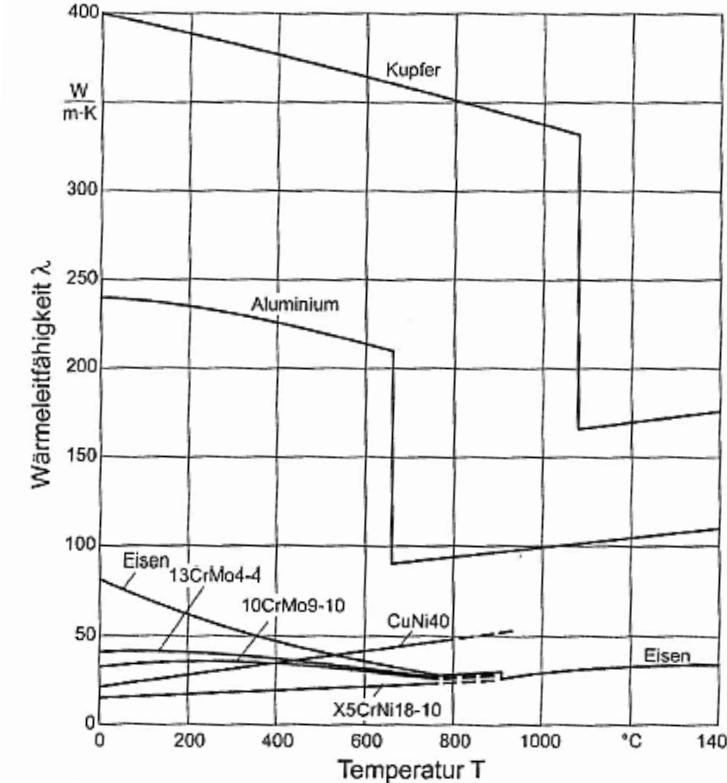
Allgemeine Werkstoffeigenschaften

Allgemeine Werkstoffeigenschaften – Die Wärmeleitfähigkeit λ

Einige Punkte sollten Sie jetzt schon verinnerlichen:

- Es besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen el. Leitfähigkeit und Wärmeleitfähigkeit.
- Bei metallischen Werkstoffen wird die Wärme über Atomschwingungen (Phononen) und Elektronen übertragen.
- Legierungen besitzen eine geringere Wärmeleitfähigkeit als reine Metalle, da die Wirksamkeit der Wärmeübertragung durch die Elektronen gemindert wird (siehe el. Leitfähigkeit).

Wärmeleitfähigkeit einiger metallischer Werkstoffe in Abhängigkeit von der Temperatur



Quelle: Schwab