

Vorlesung Werkstofftechnik

- Vorlesung Reale Strukturen und Eigenschaften

Prof. Dr.-Ing. Christian Willberg^{id}

Hochschule Magdeburg-Stendal

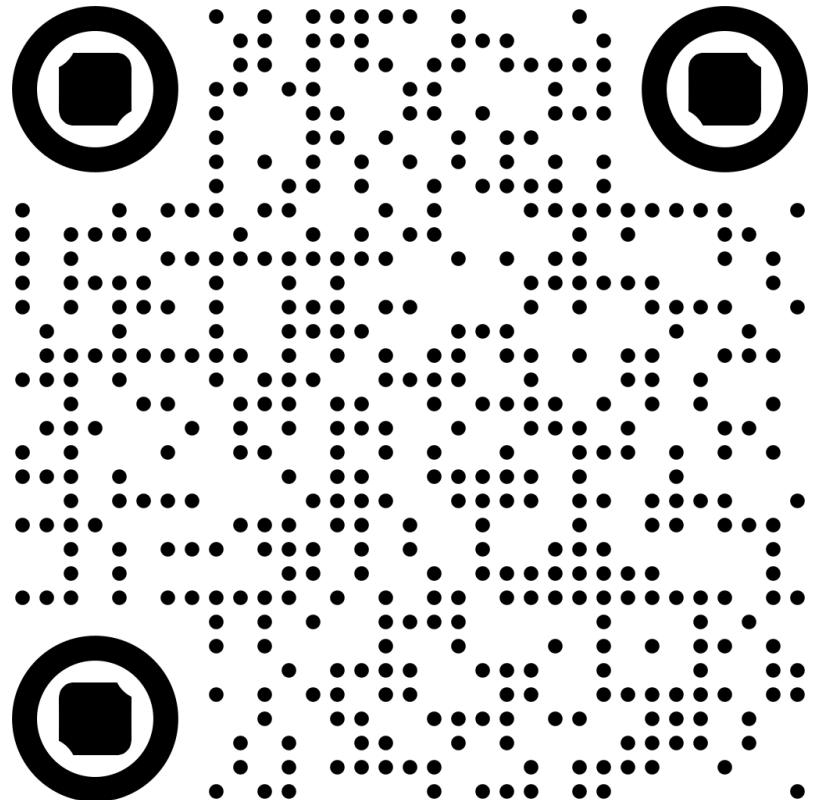
Kontakt: christian.willberg@h2.de

Teile des Skripts sind von
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Häberle
übernommen



Inhalte

- Fehler in Kristallen
- Plastizität
- Grundlagen mechanischer Eigenschaften



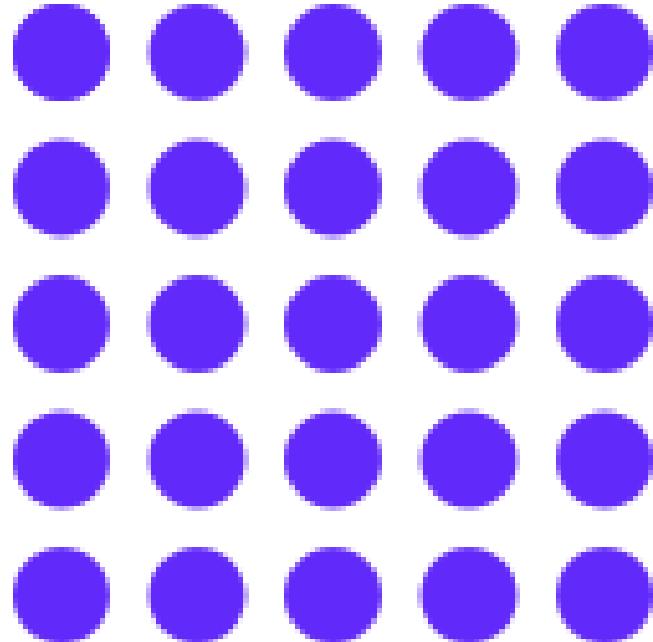
Realstruktur von Kristallen

Gitterbaudefekte

- Nulldimensionale Fehlstellen (Punktdefekte): Leerstellen, Zwischengitteratom, Zwischengitter-Fremdatome, Substitutions-Fremdatom
- Eindimensionale Fehlstellen (Liniendefekte): Versetzungen
- Zweidimensionale Fehlstellen (Flächendefekte): Stapelfehler, Korngrenzen, Subkorn-grenzen, Phasengrenzen

Nulldimensionale Fehlstellen

- Was gibt es für mögliche Varianten?



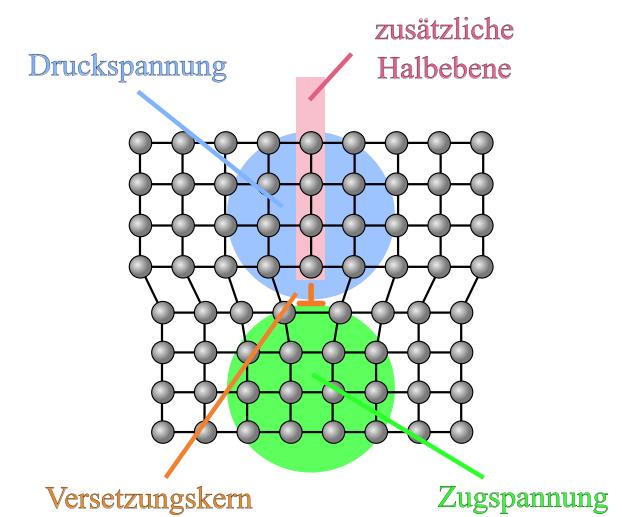
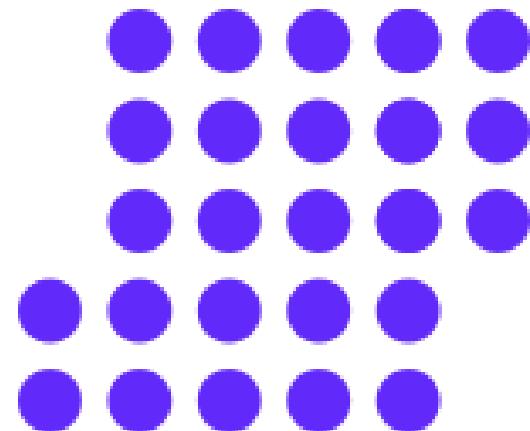
Fremdatome

- Wie lassen sich Fremdatome nutzen?

Versetzungen

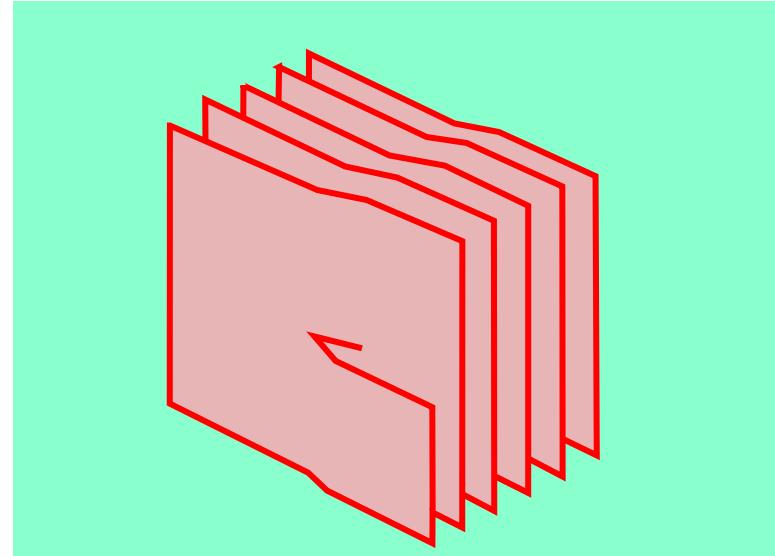
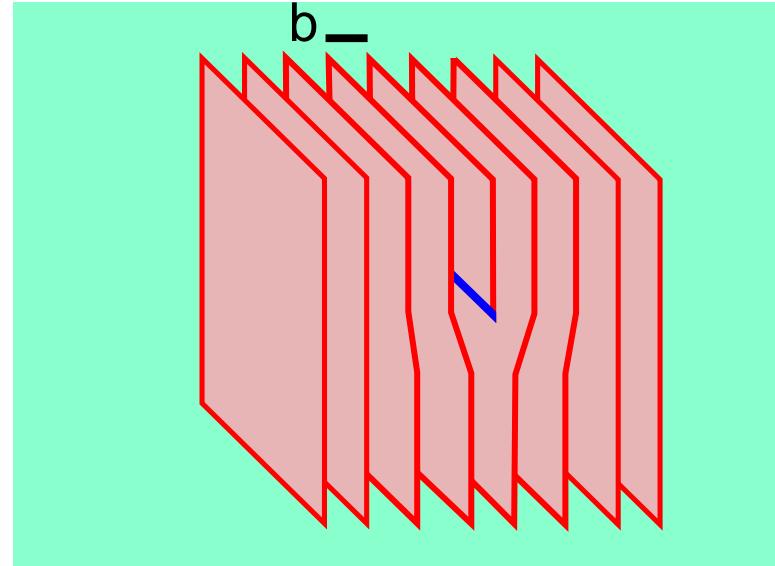
Versetzungen entstehen

- beim Kristallwachstum
- aufgrund von Eigenspannungen
- durch plastische Verformungen



Versetzungarten

- Stufenversetzung
- $$E \approx \frac{3}{4} G b^2$$
- Schraubenversetzungen
- $$E \approx \frac{1}{2} G b^2$$

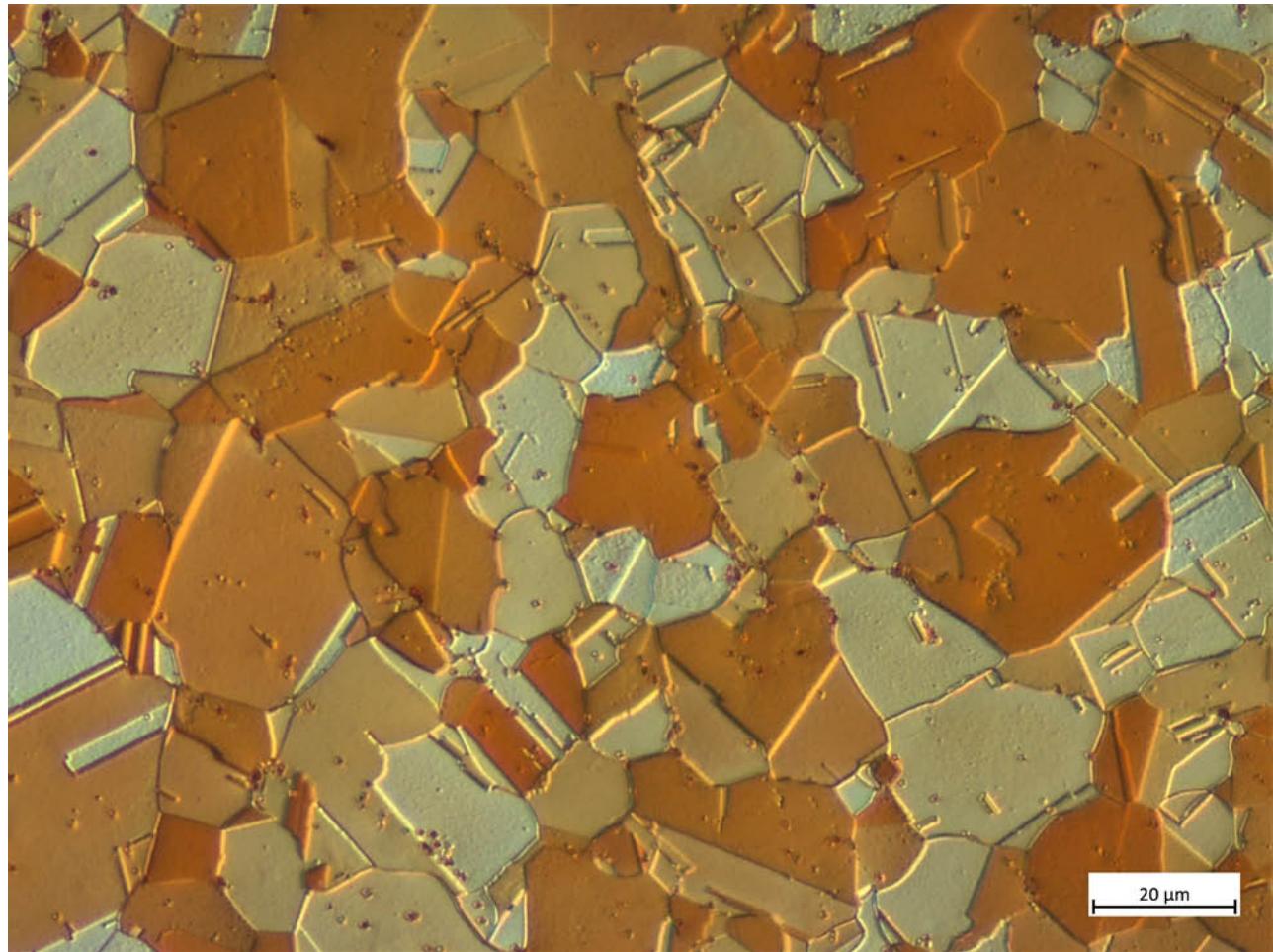


Defektübersicht

Zweidimensionale Fehlstellen - Korngrenzen

- Korngrenzen
- Phasengrenzen
- Subkorngrenzen

Skript



Plastizität

Gut oder Schlecht



Beispiele

Hohe Plastizität:

- Knete
- feuchter Ton
- Metalle und Metallegierungen mit geeignetem Atomgitter:
 - glühender Stahl beim Schmieden
 - Kaltumformung von Blechen

Geringe Plastizität:

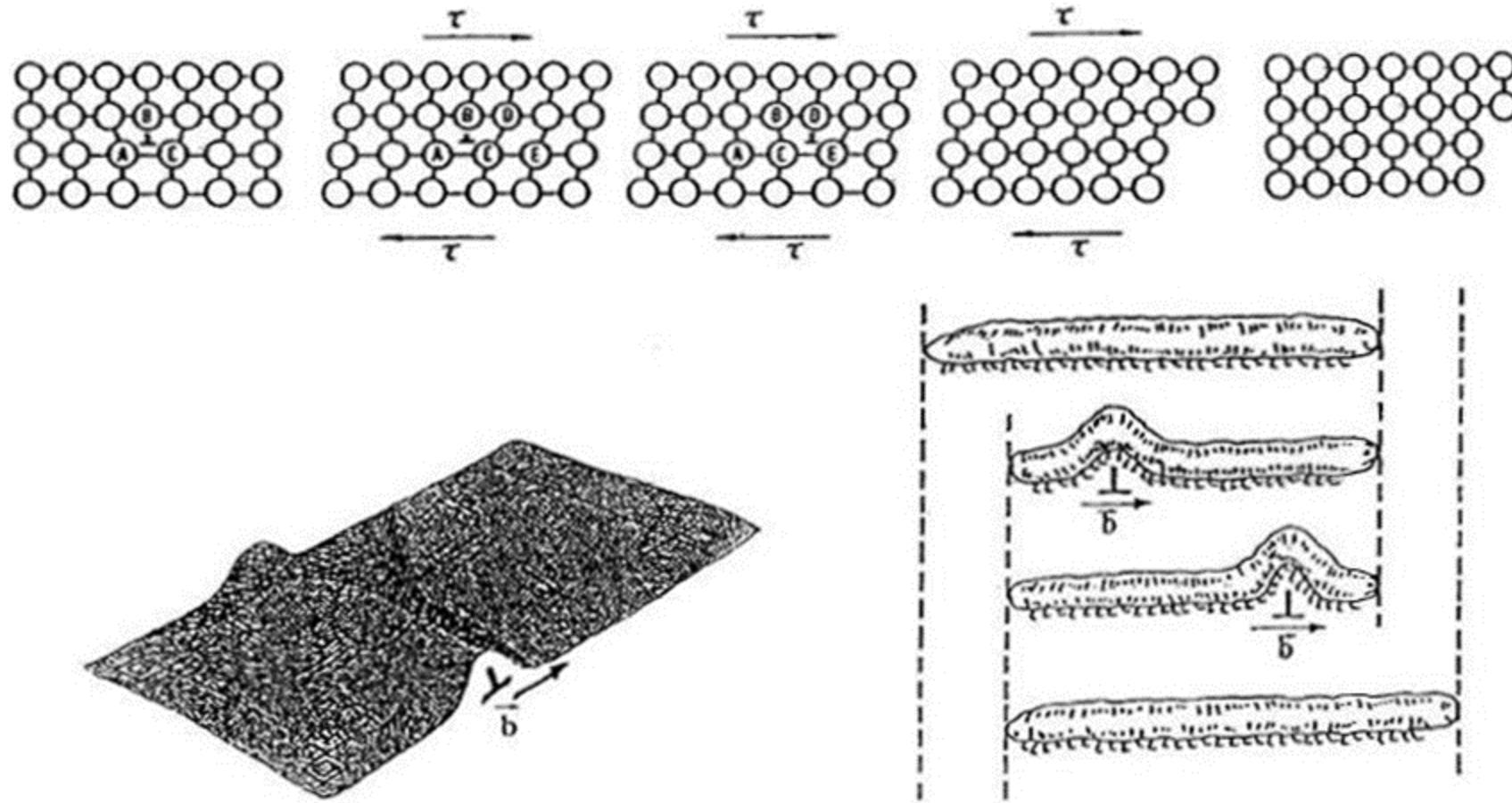
- Gummi
- Keramik
- Faserkunststoffverbunde (Epoxid-Glasfaser oder Epoxid-Kohlefaser)

Plastizität - Einkristall

Die plastische Verformung eines Kristalls vollzieht sich im Wesentlichen durch Abgleiten von Atomschichten entlang bestimmter kristallographischer Ebenen und Richtungen unter Einwirken von Schubspannungen.

- Gleitsystem besteht aus Gleitebene und Gleitrichtung
- kritische Schubspannung ($\tau_{K_r} \approx G/10$ - Abschätzung oder theoretische Schubfestigkeit)
- Realität um Faktor ~ 100 niedriger durch Versetzungen

Bild



Plastische Verformung des polykristallinen Werkstoffs

- Mikro- und Makroplastizität
 - Plastische Verformung beginnt bei "ungünstigen" Orientierungen
- Korngrenzen
 - Barriere für Versetzungsbewegung
 - bei hohen Temperaturen können Korngrenzen gleiten (Kriechen)
 - gezielte Fertigung kann durch Korngrenzen Zähigkeit erhöhen
- Heterogenität
 - Mehrphasigkeit
 - inhomogene Verteilung der Spannungen und Verformungen
- Anisotropie

Polykristall Plastizität

Beispiel aus einer Simulation

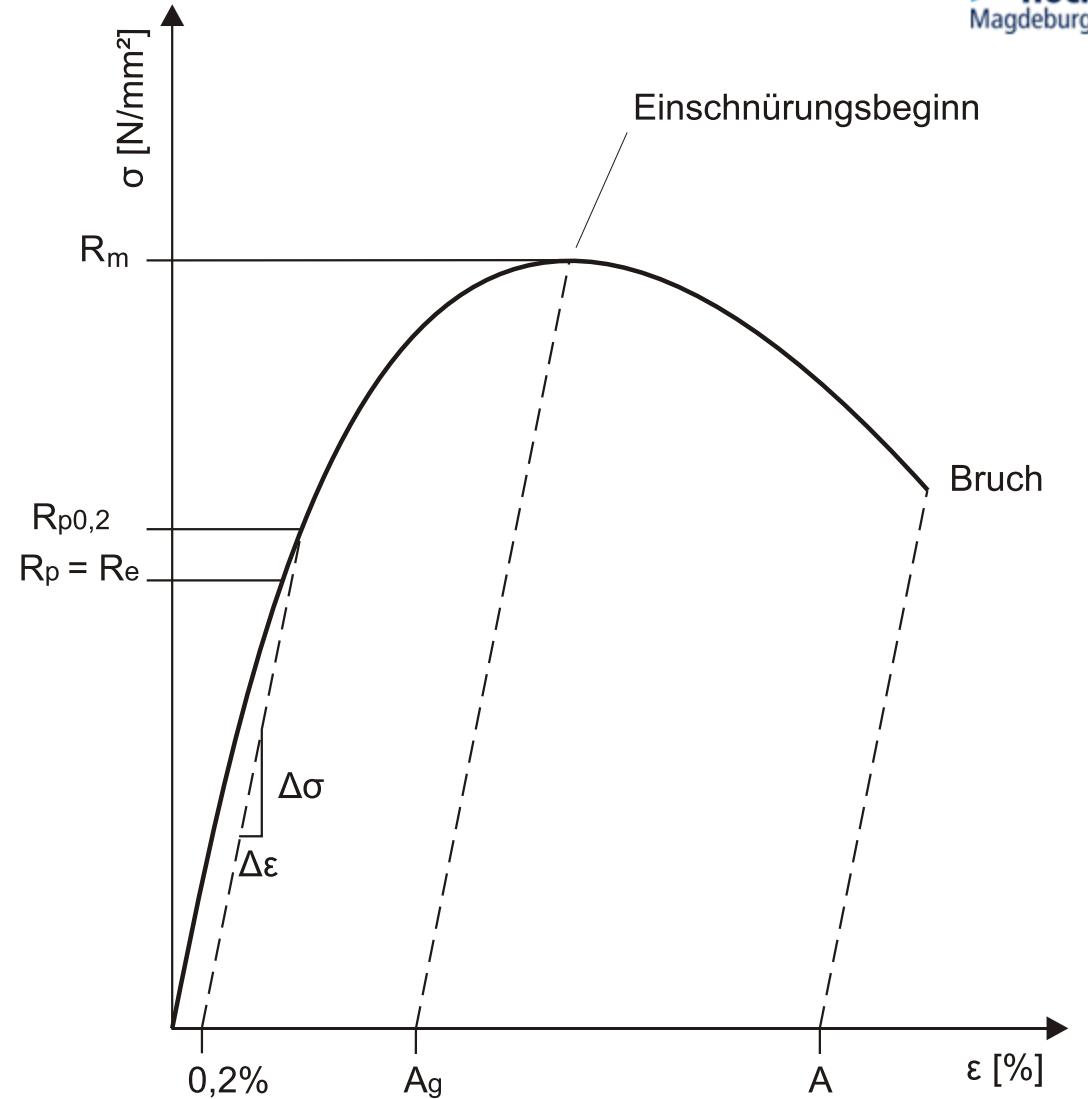
Konzept Spannung - Dehnung

- Geometriefreie Kennwerte
- Diskussion: Wie kann man einen Kennwert bestimmen, der nur durch das Material bestimmt ist?
- Beispiel: Dichte

Streckgrenze

- R_m - Zugfestigkeit
- R_e - Streckgrenze
- Dehngrenze oder
Elastizitätsgrenze $R_{p0,2}$
 - Belastung und dann
Entlastung 0.2% Dehung
verbleibt
- Dehngrenze wird als
Ersatzstreckgrenze verwendet

Datenblatt Stahl

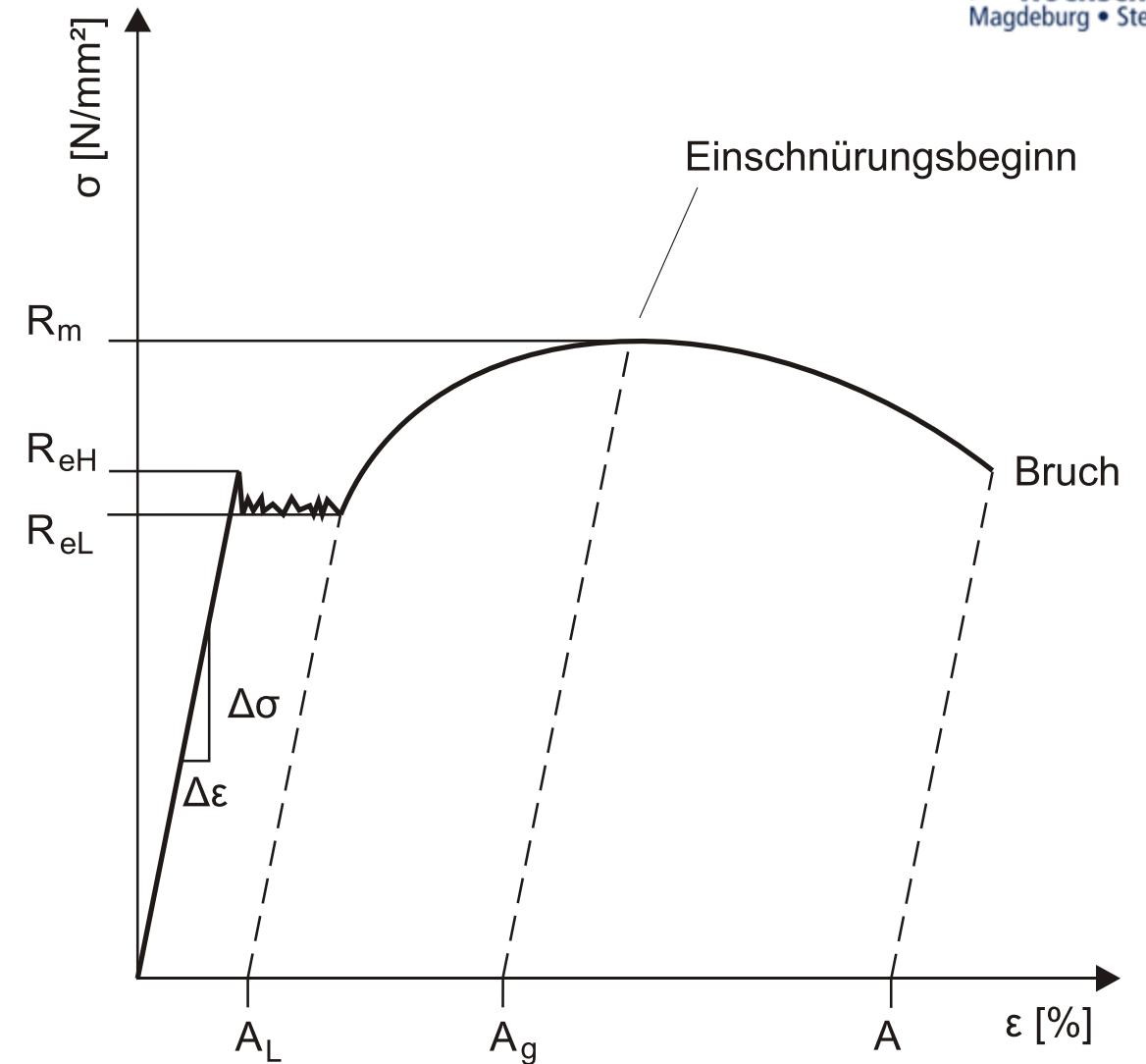


Streckgrenze

- obere Streckgrenze R_{eH}
- untere Streckgrenze R_{eL}

gezackter Bereich:
Lüdersbereich

[Beispielvideo](#)

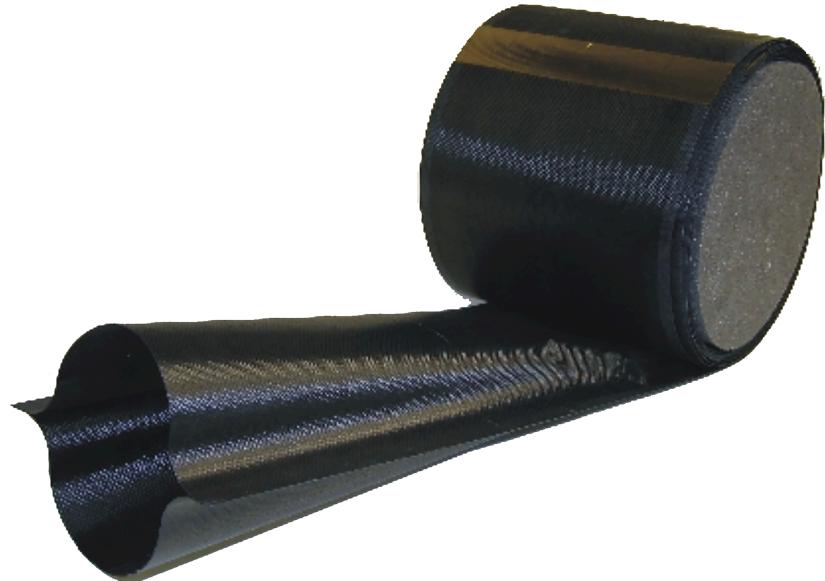


Plastizität - Umformen

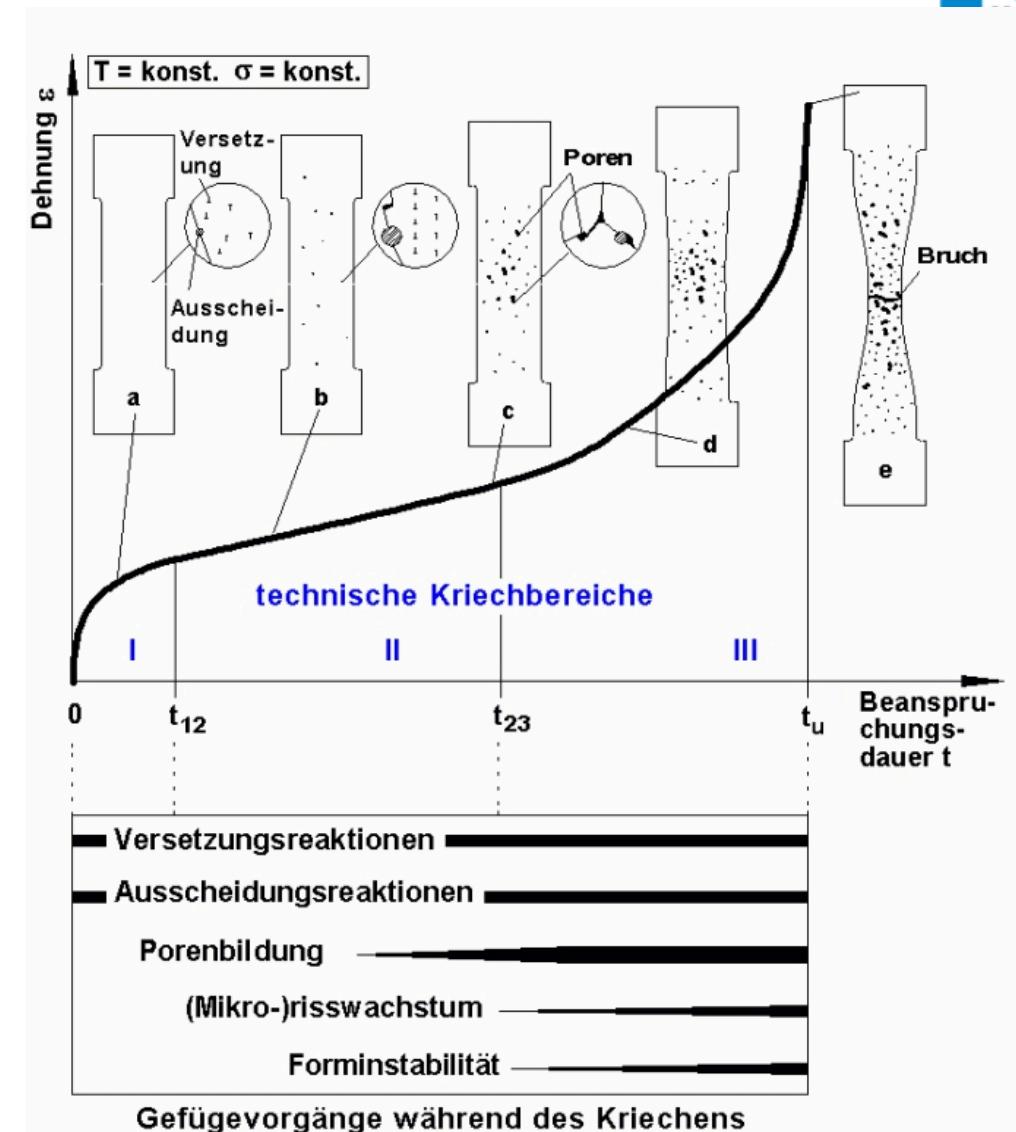
- Tiefziehen Prinzip
- Tiefziehen Real

Kriechen

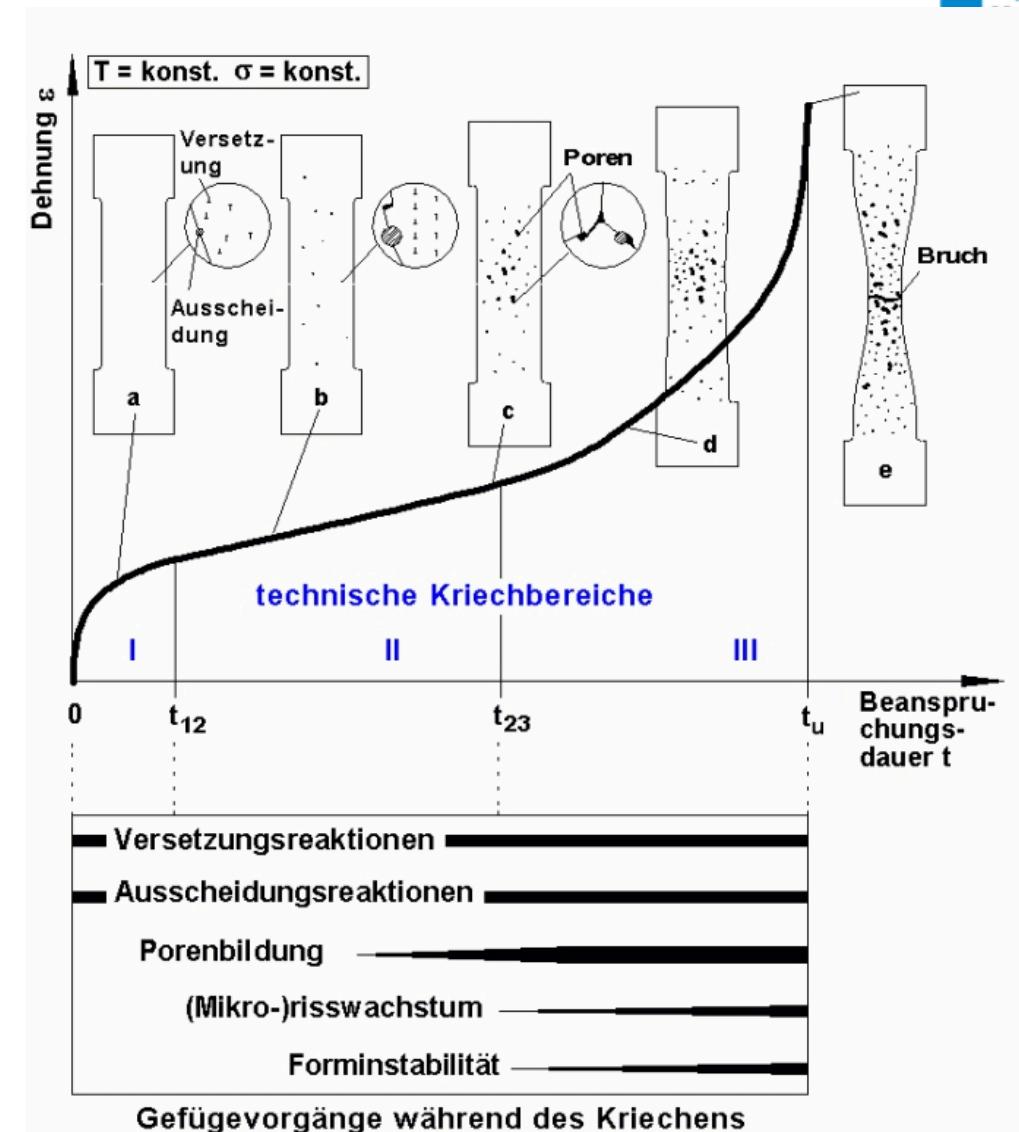
- Zeitabhängige Verformung bei konstanter Belastung
- Beispiel [entfallbare Raumfahrtstrukturen](#)



- findet bei Metallen oberhalb einer Übergangstemperatur statt ($0.3 - 0.4 \cdot T_S$)
- auch bei geringen mechanischen Spannungen unterhalb der Streckgrenze R_e findet eine irreversible plastische Verformung, die langsam, aber stetig voranschreitet statt



- temperatur-, spannungs-, zeit- und werkstoffabhängig
- Ursache:
Versetzungsbewegungen,
Leerstellendiffusion,
Korngrenzengleiten,
Korngrenzendiffusion



Kriechen in Kunststoffen

- bestehen aus Molekülketten
- diese gleiten bzw. entknäueln sich diese unter äußerer
- Sekundärbindungen zwischen den Makromolekülen werden neu gebildet und Deformation bleibt erhalten