

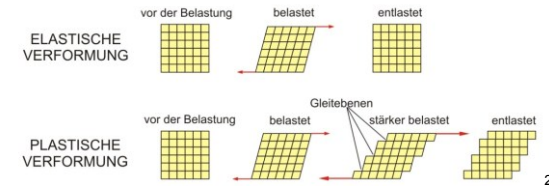
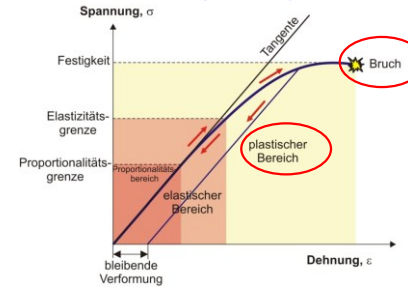


Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

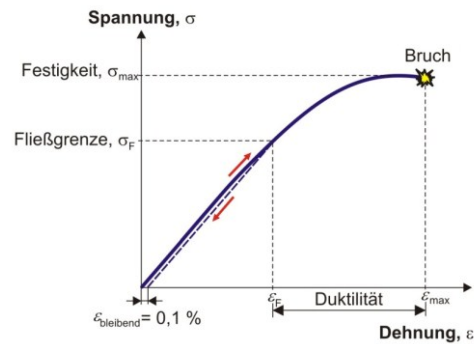
7.

Mechanische Eigenschaften 2.

Belastungsdiagramm



Plastische Verformung



Fließgrenze

(Zug-)Festigkeit

- Zugfestigkeit
- Druckfestigkeit
- Biegefestigkeit
- Scherfestigkeit,
- Torsionsfestigkeit

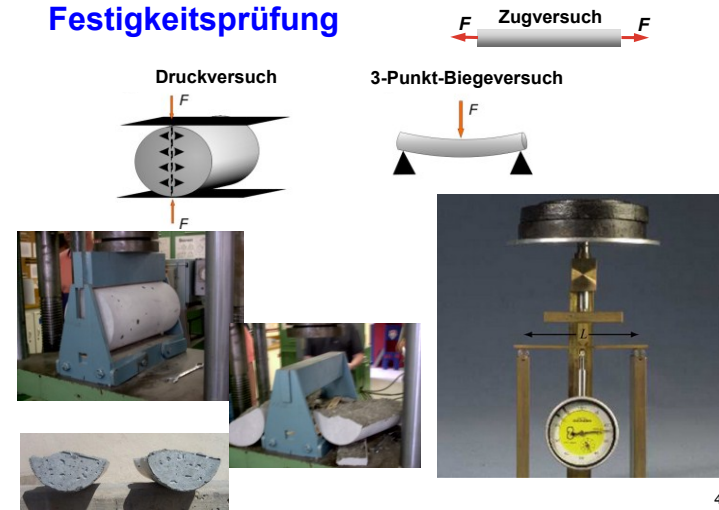
Duktilität (Verformbarkeit)

- Dehnbarkeit
- Zusammendrückbarkeit
- Biegebarkeit, ...

Sprödigkeit ↔



Festigkeitsprüfung



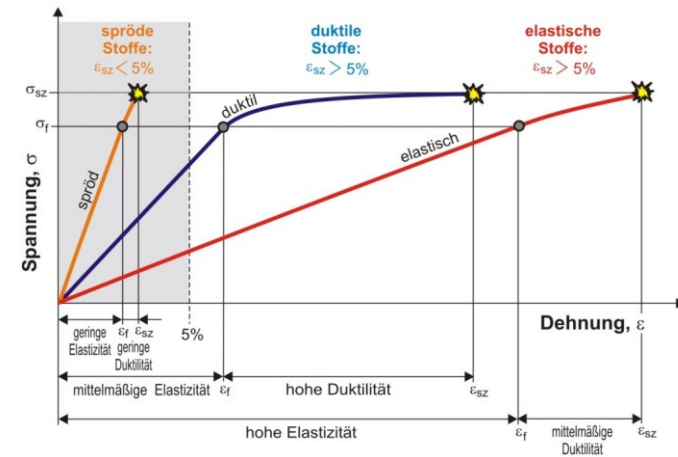
3

4

Einige Festigkeitswerten:

Material	$\sigma_{\text{max, Zug}}$ (MPa)	$\sigma_{\text{max, Druck}}$ (MPa)
Zahnschmelz	≈ 10	≈ 400
Dentin	≈ 110	≈ 300
Keramiken	5-400	20-5000
Porzellan	≈ 25	≈ 300
Polyethylen (große Dichte)	≈ 30	
Amalgam	30-55	200-450
PMMA (Polymethylmethacrylat)	≈ 50	≈ 80
Glas	$\approx 50-70$	≈ 700
Gold	108	
Aluminiumoxid	≈ 170	≈ 2100
Zirkoniumdioxid	≈ 250	≈ 2500
Goldlegierungen	300-900	
Pd-Ag Legierungen	400-700	
Ni-Cr Legierungen	400-900	
Co-Cr Legierungen	600-800	
Ti Legierungen	900-1100	
kohlenstofffaserverstärktes (61%) Epoxid	≈ 1700	

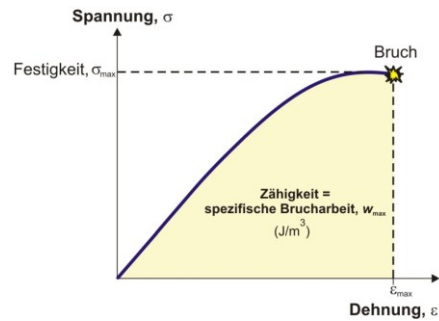
5



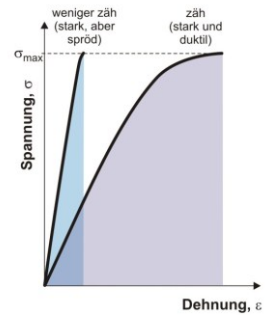
6

Zähigkeit

Oder spezifische Brucharbeit (w_{max})

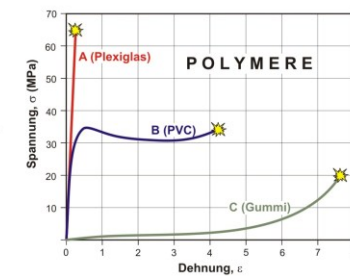
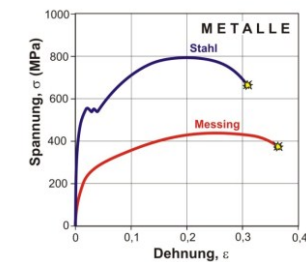
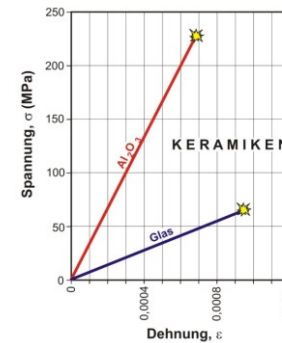


Festigkeit ↔ Zähigkeit:

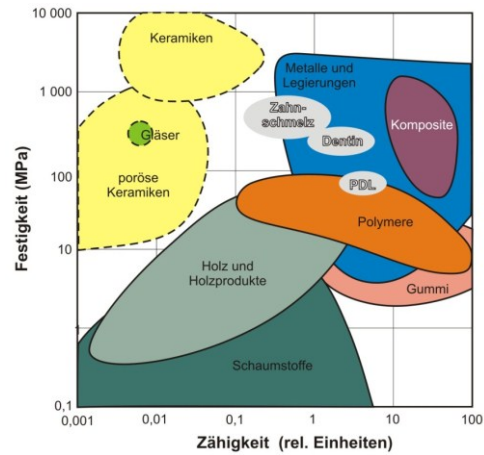


7

Beispiele:

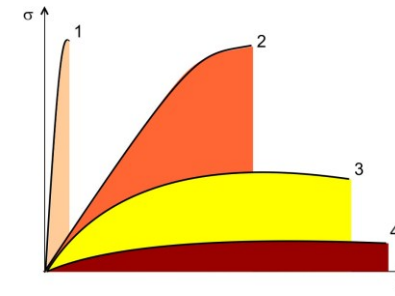


8



9

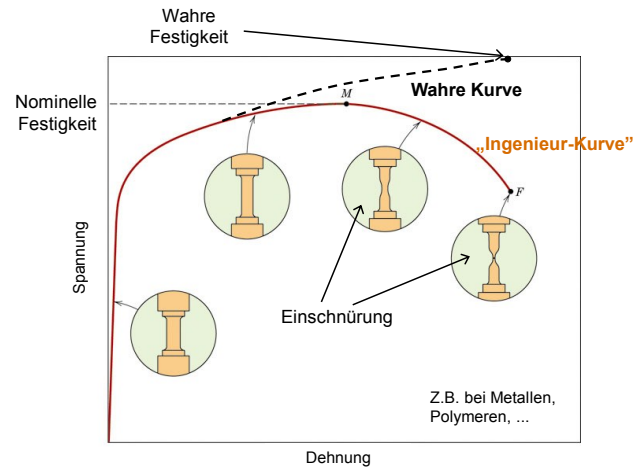
Übersicht



- 1) steif, stark, spröde (brüchig)
- 2) elastisch, stark, zähig
- 3) plastisch, mittelstark, zähig
- 4) plastisch, schwach

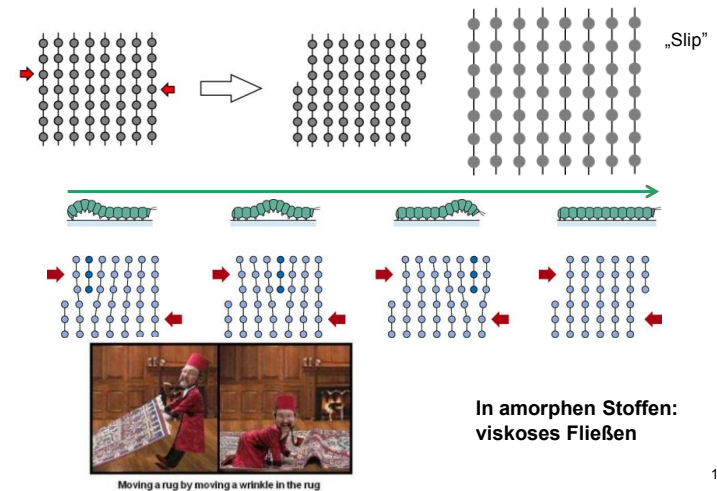
10

Nennspannung ↔ wahre Spannung



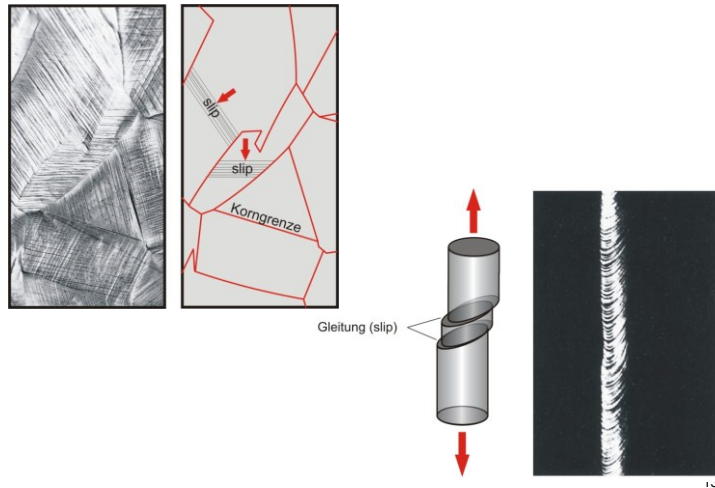
11

Mechanismus der plastischen Verformung in Kristallen:

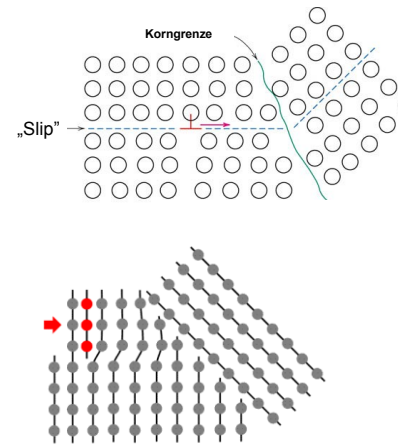


12

Bewegungsmöglichkeiten der Dislokationen?!



Bewegungsmöglichkeiten der Dislokationen?!



Die Größen der plastischen Verformung

→ $(\sigma_p, \epsilon_m, \sigma_m, w_m)$,
bzw. die Härte

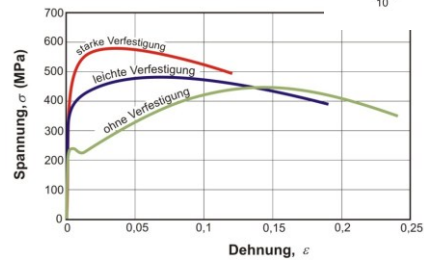
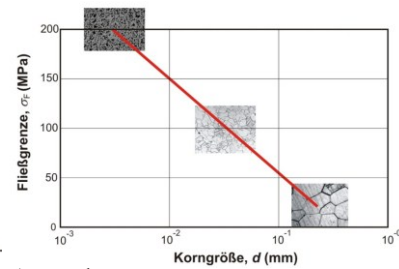
sind sehr empfindlich
gegen Defekte.

→ Ähnlicherweise:
Sprödigkeit der Keramiken

14

Beeinflussung der plastischen Eigenschaften und der Festigkeit von Metallen

Kornfeinung (d):



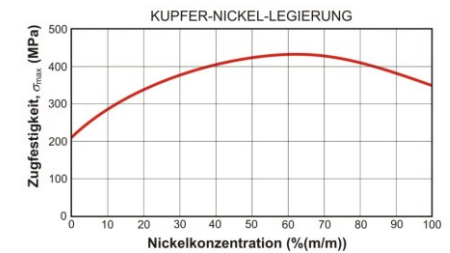
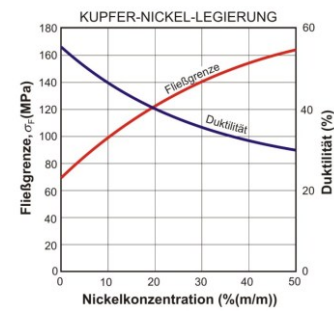
Verformungsverfestigung
(Kaltverfestigung):



15

Legierung

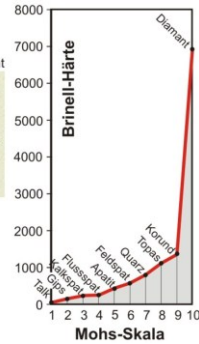
Z.B.: Cu-Ni



Härte

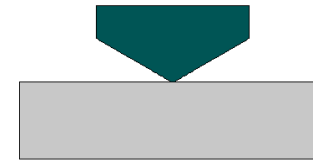
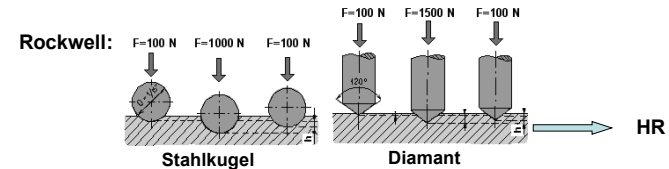


Mohs-Skala:

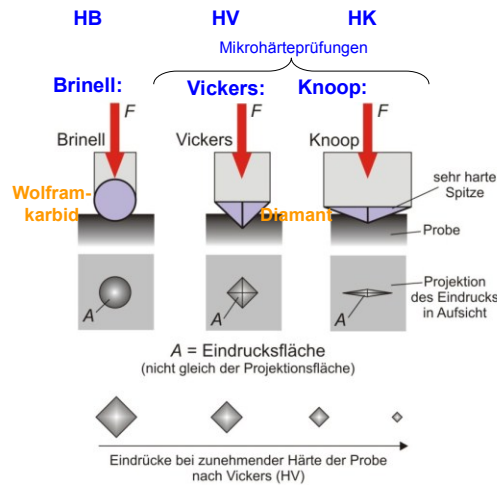


17

- Härteprüfungen:
- Rockwell
 - Brinell
 - Vickers
 - Knoop
 - Barcol
 - Shore



18



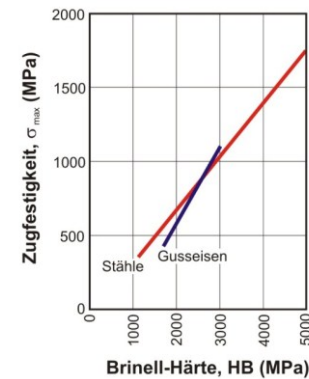
$$H = \frac{F}{A} \text{ (Pa)}$$



19

Zusammenhang der Härte mit anderen Größen:

- Elastizitätsgrenze
- Festigkeit



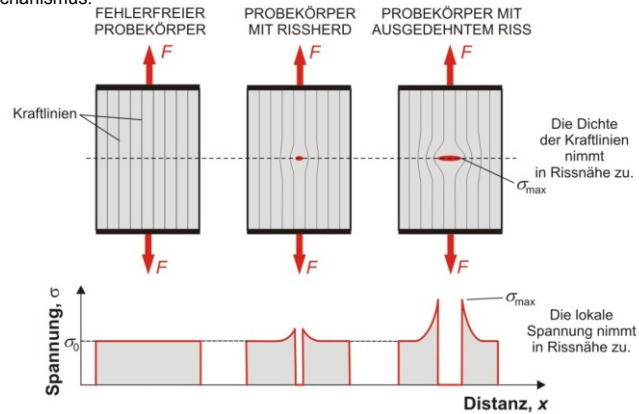
Einige Härtewerte:

Material	HV (MPa)	HK (MPa)
Zahnschmelz	≈ 3400	3400-4000
Dentin	≈ 600	≈ 700
Amalgam	≈ 1000	
Gold		60-70
Gold-legierungen	600-250	≈ 2000
Pd-Ag-Legierungen	1400-1900	
Co-Cr-Legierungen	≈ 4000	3000-4500
Ni-Cr-Legierungen	3000-4000	2000-3500
Glas		≈ 5000
Porzellan	4500-7000	≈ 6000
Akrylat	≈ 200	≈ 200

20

Bruch

Mechanismus:



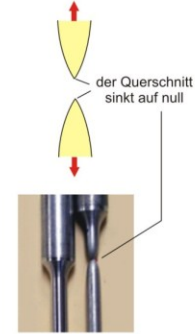
→ Spannungskonzentration

- Keine plastische verformung **Sprödbbruch**
- Plastische Verformung **Duktiler Bruch**

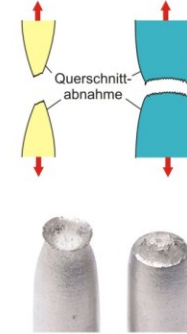
21

Bruch

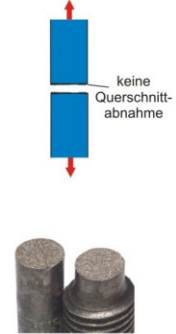
Bruch eines vollkommen duktilen Materials



Bruch eines mäßig duktilen Materials

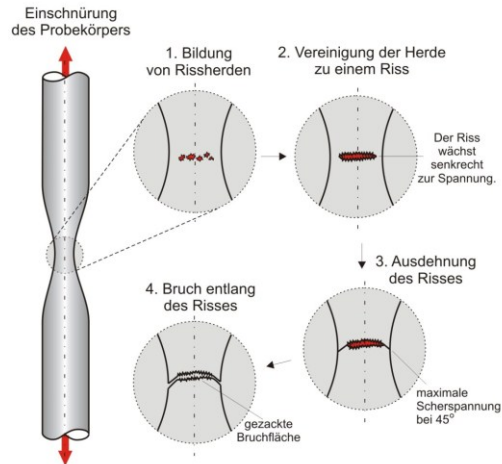


Bruch eines spröden Materials



22

Phasen eines Zähbruchs



23

Ermüdung



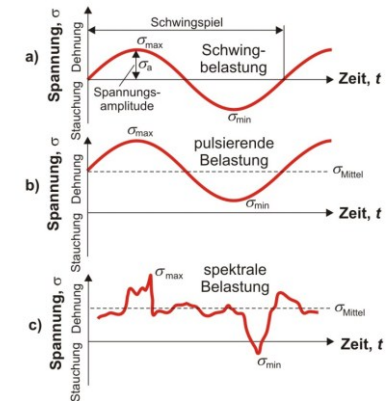
Sich wiederholende Belastungen

→ Strukturänderungen

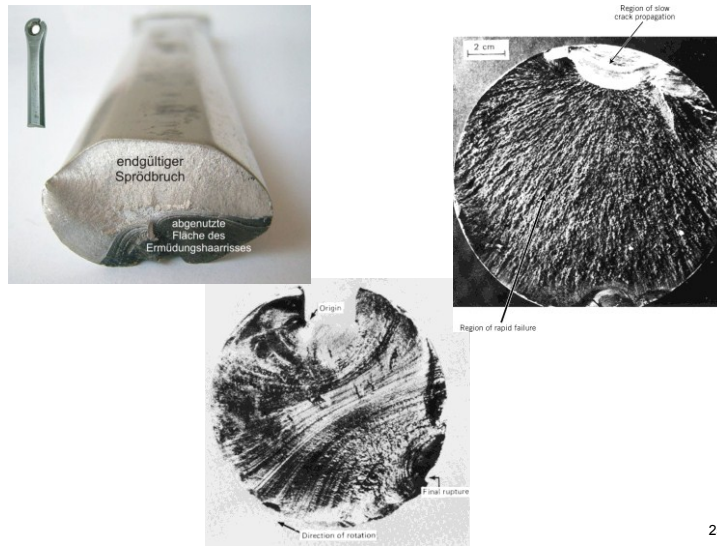
→ Ermüdungsrisse

→ Ermüdungsbruch

Belastungstypen:

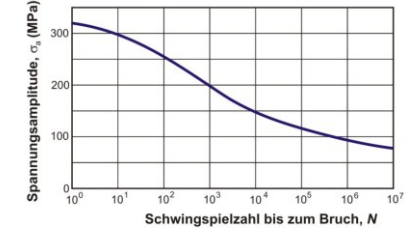
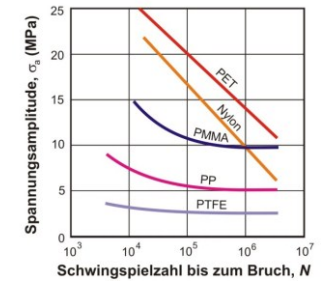
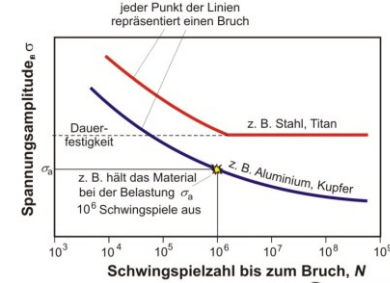


24

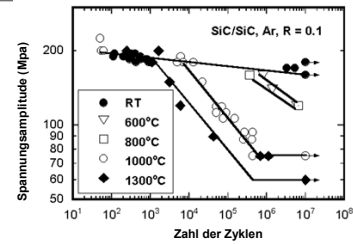
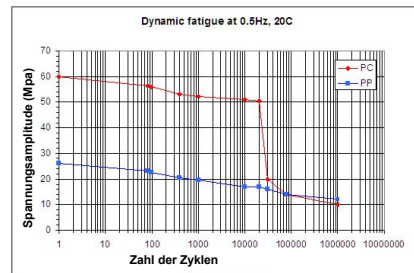


25

Wöhlerlinie:



26



27

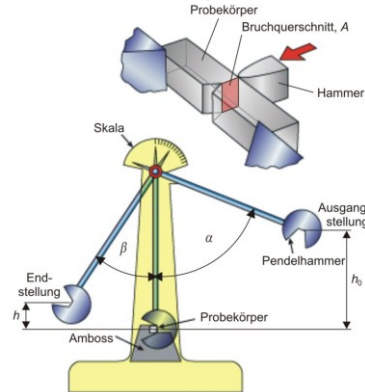
Verschleiß



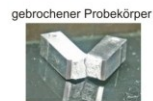
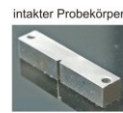
Härte!

28

Kerbschlagversuch



Charpy-Test:



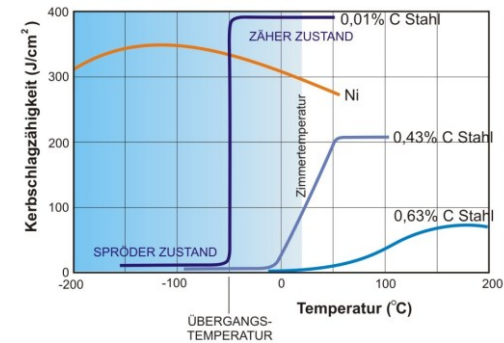
Kerbschlagarbeit = Verlust der potenziellen Energie des Hammers (J)

Kerbschlagzähigkeit =
Kerbschlagarbeit/Querschnitt der Probe
(J/m²)

29

Rolle der Temperatur:

Sprödbbruch ← Duktilbruch



30

Englische Fachwörter:

Steifigkeit	stiffness, rigidity
Elastizität	elasticity, flexibility
Spezifische elastische Verformungsarbeit	resilience
Festigkeit	strength
Duktilität	ductility
Brüchigkeit	brittleness
Zähigkeit	toughness
Kerbschlagarbeit	impact energy (notch toughness)
Härte	hardness

Kapitel des Lehrbuches:
16-17

Hausaufgaben:
4. Kapitel:
26, 27, 29, 30, 32,
33, 34, 36

31