

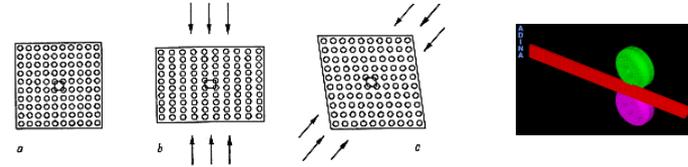


## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde 8.

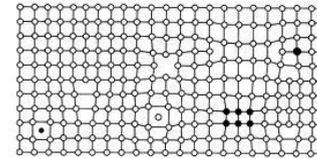
Mechanische Eigenschaften 2.

1

## Elastische Verformung auf dem atomaren Niveau



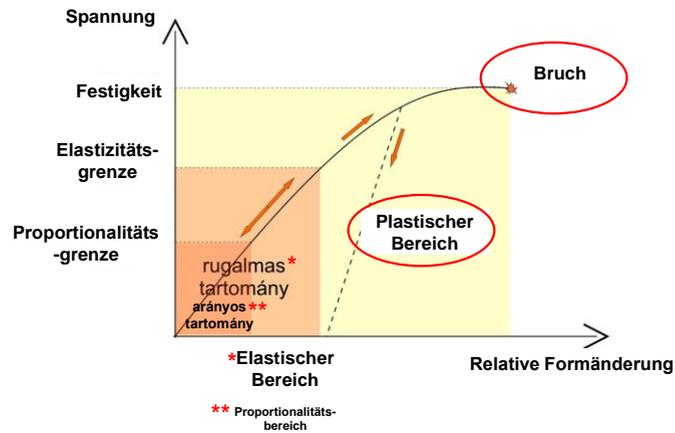
Auswirkung der Gitterdefekte, Korngröße?



Die elastischen Eigenschaften  
( $E$ ,  $\mu$ ,  $\epsilon_{el}$ ,  $\sigma_{el}$ ,  $w_{el}$ )  
sind nicht empfindlich gegen  
Gitterdefekte.

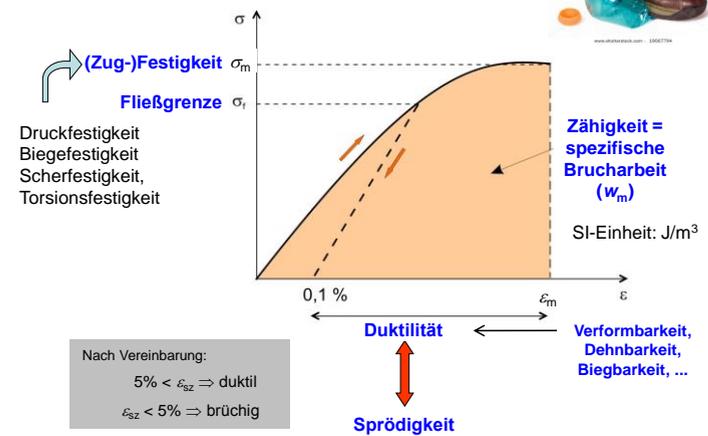
2

## Belastungsdiagramm



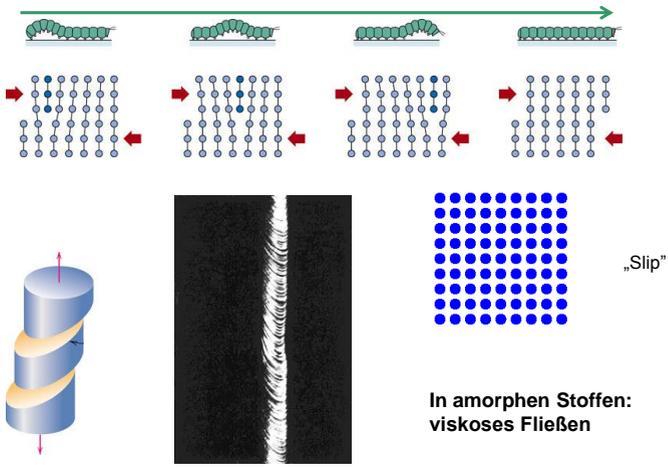
3

## Plastische Verformung



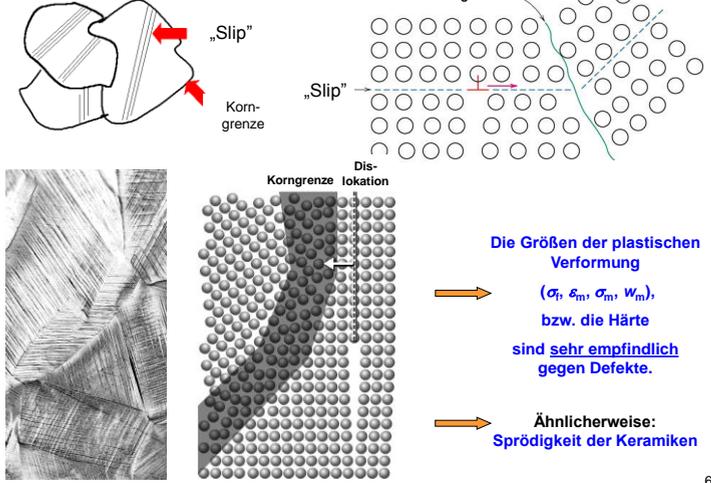
4

**Mechanismus der plastischen Verformung in Kristallen:**



5

**Bewegungsmöglichkeiten der Dislokationen?!**



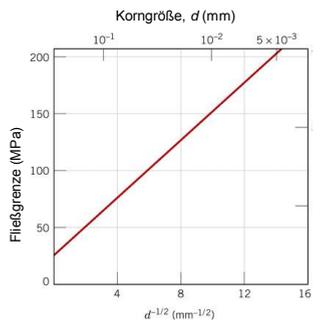
Die Größen der plastischen Verformung ( $\sigma$ ,  $\epsilon_m$ ,  $\sigma_m$ ,  $w_m$ ), bzw. die Härte sind sehr empfindlich gegen Defekte.

Ähnlicherweise: Sprödigkeit der Keramiken

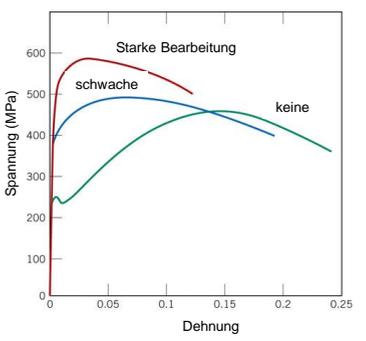
6

**Beeinflussung der plastischen Eigenschaften und der Festigkeit von Metallen**

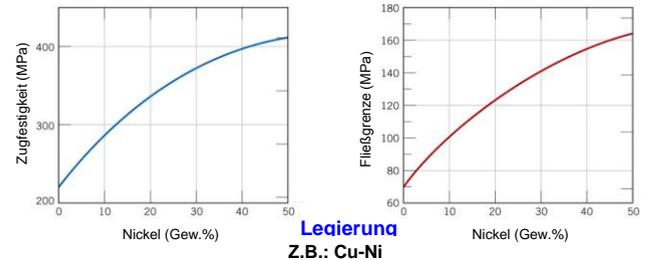
**Kornfeinung (d):**



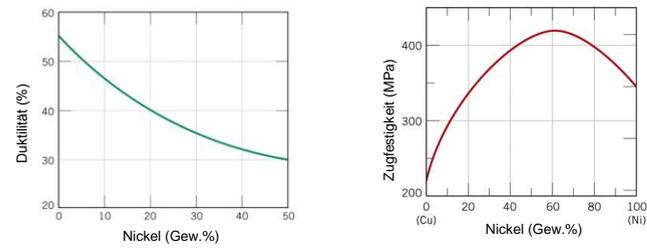
**Verformungsverfestigung (Kaltverfestigung):**



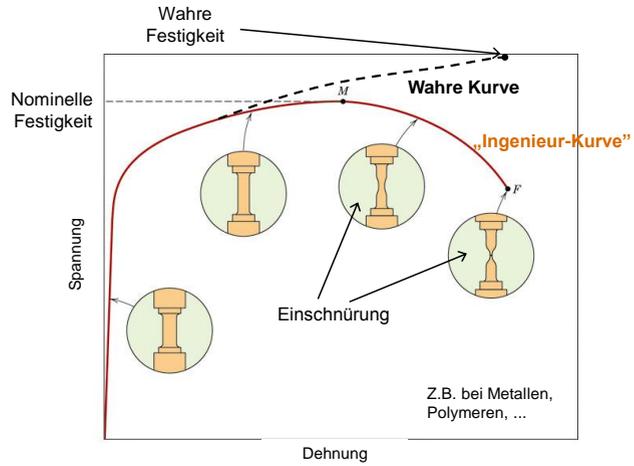
7



**Legierung Z.B.: Cu-Ni**



## Nennspannung ↔ wahre Spannung



9

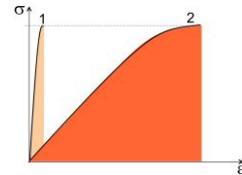
## Festigkeitsprüfung



## Einige Festigkeitswerten:

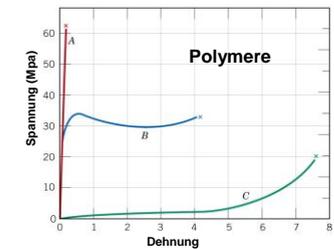
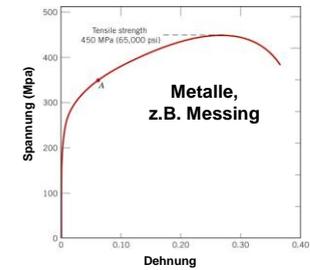
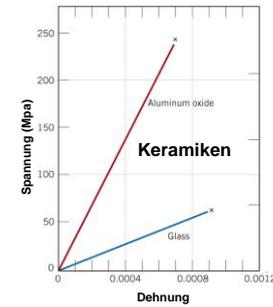
Material	$\sigma_m$ , Zug (MPa)	$\sigma_m$ , Druck (MPa)
Zahnschmelz	≈ 10	≈ 400
Dentin	≈ 110	≈ 300
Amalgam	30-55	200-450
Gold	108	
Goldlegierungen	300-900	
Pd-Ag-Legierungen	400-700	
Co-Cr-Legierungen	600-800	
Ni-Cr-Legierungen	400-900	
Glas	≈ 70	≈ 700
Keramiken	5-400	20-5000
Porzellan	≈ 25	≈ 300
PMMA (Polymethylmethacrylat)	≈ 50	≈ 80

## Festigkeit ↔ Zähigkeit:

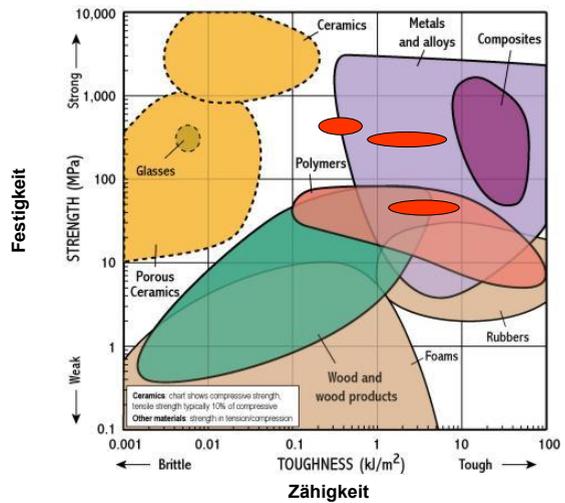


11

## Beispiele:

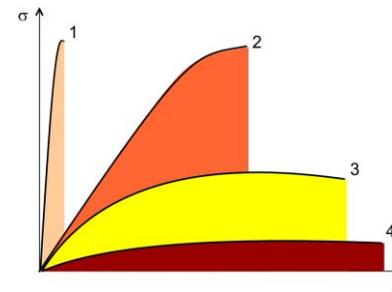


2



13

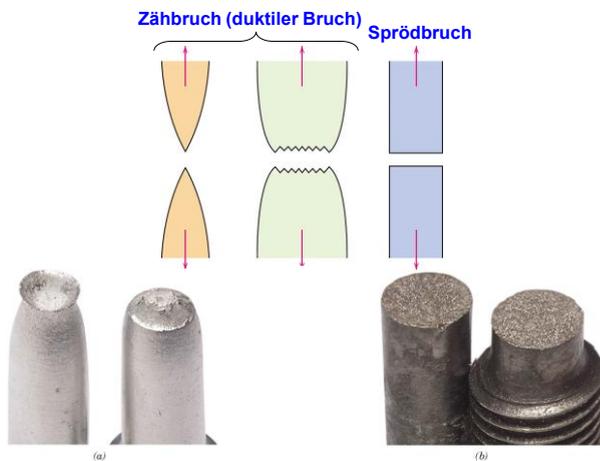
## Übersicht



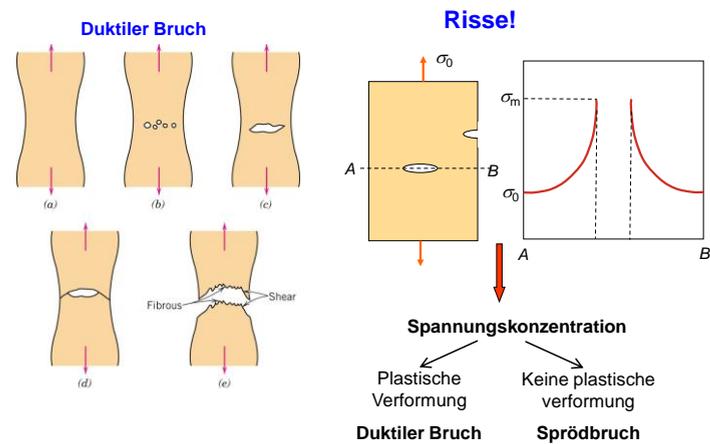
- 1) *steif, stark, spröd, brüchig*
- 2) *elastisch, stark, zähig*
- 3) *plastisch, mittelstark, zähig*
- 4) *plastisch, schwach*

14

## Bruch



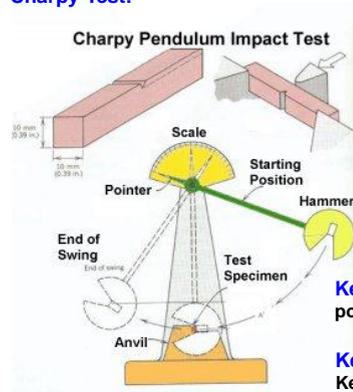
15



16

# Kerbschlagversuch

Charpy-Test:

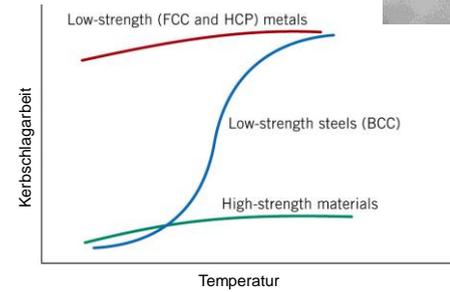


**Kerbschlagarbeit** = Verlust der potenziellen Energie des Hammers (J)

**Kerbschlagzähigkeit** = Kerbschlagarbeit/Querschnitt der Probe (J/m<sup>2</sup>)

17

Sprödbbruch ← Duktilbruch



18

# Härte

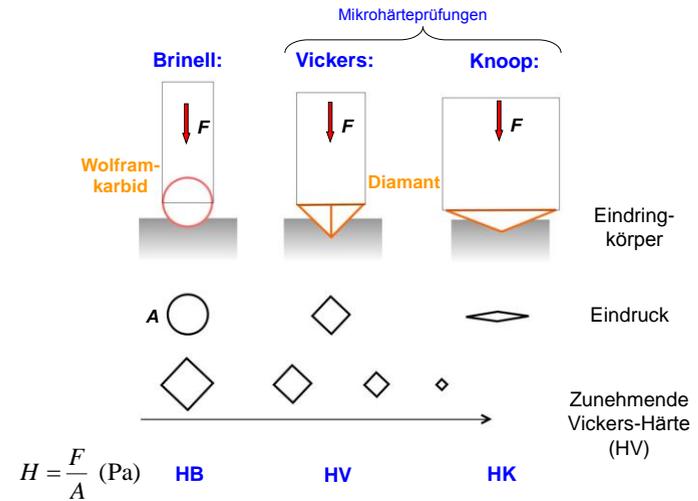
Mohs-Skala:

1	2	3	4	5	5	7	8	9	10
Talk	Gips	Kalkspat	Flußspat	Apatit	Feldspat	Quarz	Topas	Korund	Diamant
(Mg <sub>3</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> )	(CaCO <sub>3</sub> )	(CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	(CaF <sub>2</sub> )	(Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH·Cl·F))	(SiO <sub>2</sub> )	(KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	(Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> (OH·F) <sub>2</sub> )	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	(C)



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

19

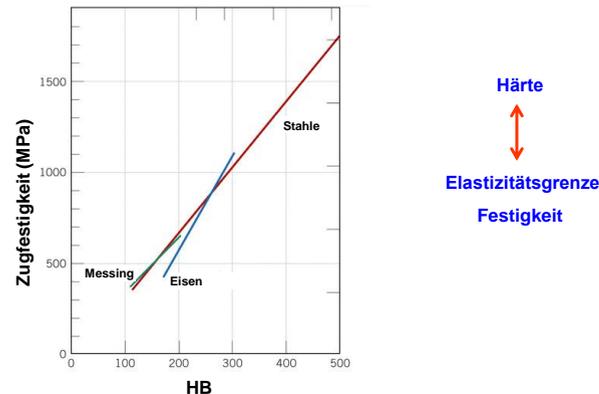


20



21

### Zusammenhang der Härte mit anderen Größen:



22

### 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

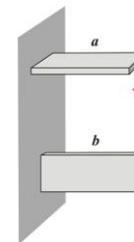
### Englische Fachwörter:

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

23

### Hausaufgaben

- Ein PMMA-Stab des rechteckigen Querschnitts (Länge: 15 cm, Seitenlängen des Querschnitts: 2 mm, bzw. 20 mm) wird an einem Ende mit einem Gewicht von 0,1 kg belastet. (Das andere Ende ist fest.) Der Elastizitätsmodul von PMMA beträgt 3 GPa. Wie groß ist die Biegung
  - bei einer Belastung nach Bild „a“? (2,76 cm)
  - bei einer Belastung nach Bild „b“? (0,276 mm)
- Wie groß ist die Biegesteifigkeit des PMMA-Stabes in der vorigen Aufgabe in den zwei Fällen?
  - (35,5 N/m)
  - (3550 N/m)
- Ein Gummiseil der Länge 30 cm und des Querschnitts 1,5 cm<sup>2</sup> wird bis zur Elastizitätsgrenze ( $\sigma_e = 7 \text{ MPa}$ ,  $\epsilon_e = 1$ ) gedehnt. (Das Spannungs-Dehnungs-Diagramm soll als geradlinig genommen werden.)
  - Was ist die spezifische elastische Verformungsarbeit? ( $3,5 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3$ )
  - Was ist die bei der Dehnung des Seiles verbrauchte Arbeit? (158 J)



24