



## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

6.

### Struktur der Materie

Keramiken, Polymere, Komposite

Schwerpunkte:

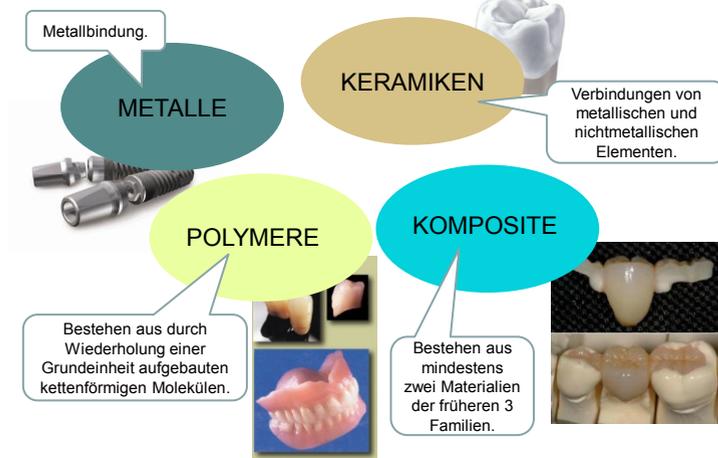
- ❖ Zirkon
- ❖ Statistische Beschreibung eines Polymerpräparates

Kapitel des Lehrbuches:  
11-13

Hausaufgaben:  
3. Kapitel.:  
21, 24, 25, 27

1

## Zahnärztliche Materialklassen



2

## Keramiken

**Definition:** Verbindung metallischer und nichtmetallischer Elemente (Es gibt Ausnahmen!)



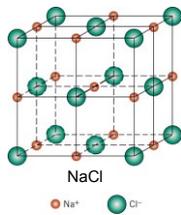
### Allgemeine Eigenschaften:

- mittlere Dichte
- fest
- hohe Steifigkeit, Härte, aber Brüchigkeit, schlechte Bearbeitungsfähigkeit
- gute Hitze- und Korrosionsbeständigkeit
- schlechte Hitzeschockbeständigkeit
- schlechte elektrische und Wärmeleitung
- diverse optische Eigenschaften
- Biokompatibilität



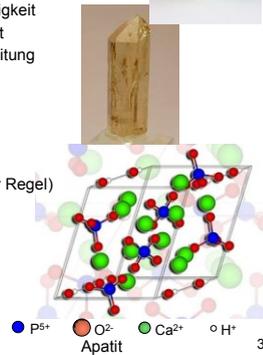
### Struktur:

- Ionenbindung, kovalente Bindung
- unterschiedlich große Ionen (in der Regel)
- kristallin oder amorph



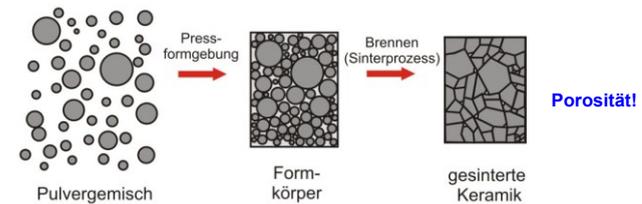
### Anwendungsbeispiele:

- Kronen, Brücken
- Wurzelstift
- Zemente
- Polierstoffe



3

## Herstellung: Ausbrennen, Sintern

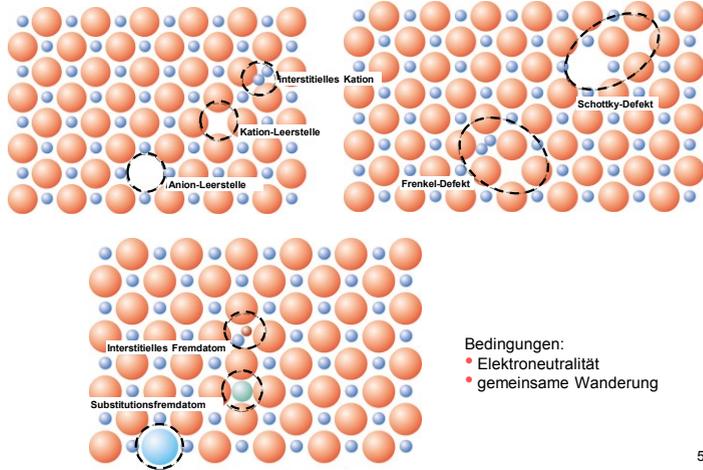


**Glaskeramik:** Amorphes Glas → Kristall Umwandlung bei hoher Temperatur (ohne Schmelzen)

⇒ feinkörniges polykristallines Material

4

### Defekte:

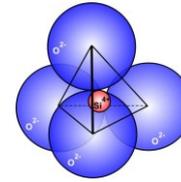


5

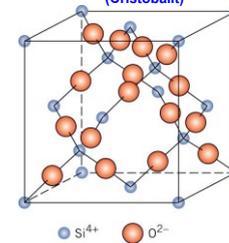
### Silikate

Mehrheitselemente: Si és O

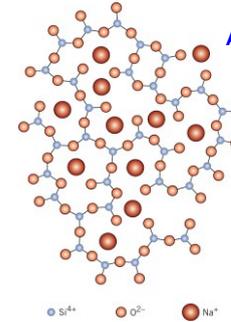
Baueinheit:  
 $\text{SiO}_4^{4-}$



#### • Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) Kristall (Cristoballit)

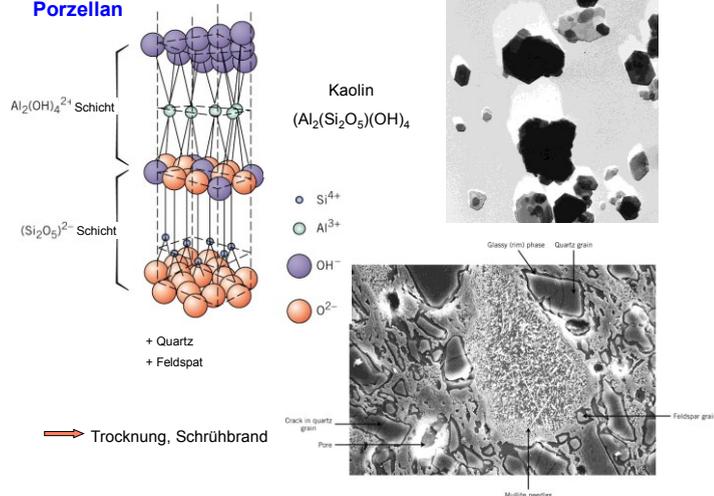


#### Amorphes Glas



6

### Porzellan



### Oxidkeramiken

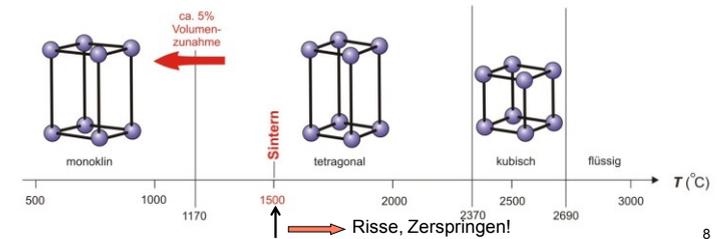
#### • Zirkoniumdioxid ( $\text{ZrO}_2$ , Zirkon)

Eigenschaften (im dichtgesinterten Zustand):

- weiß
- Dichte etwa  $6 \text{ g/cm}^3$
- Hohe Festigkeit und Zähigkeit, steif, hart (s. später)

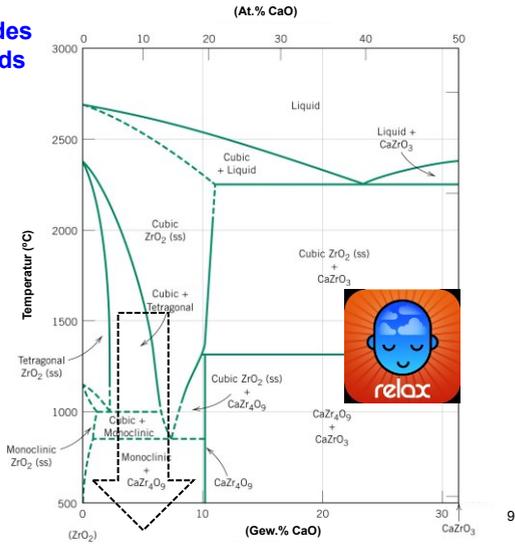
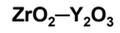
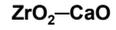
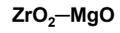
Herstellung:

- Aus Zirkonsand ( $\text{ZrSiO}_4$ )
- Teure Reinigung, Hafniumoxid bleibt etwa 1% (Radioaktivität  $< 1 \text{ Bq/g}$ )
- Heißes oder kaltes Pressen, Sinterprozess



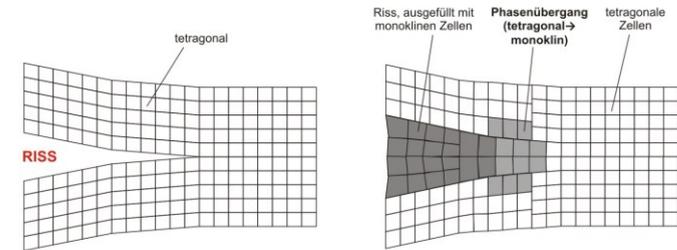
8

## Stabilisierung des Zirkoniumdioxids



9

„Selbstreparatur“ von Zirkon:



→ Durch Zugabe von Zirkon können andere Keramiken auch verstärkt werden.

→ s. Umwandlungsverstärkte Keramiken

10

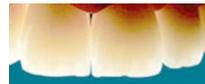
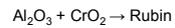
## Aluminiumoxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

Eigenschaften:

- durchsichtig, weiß
- Schmelzpunkt 2700°C
- Dichte cca. 4 g/cm<sup>3</sup>
- Sehr hart (s. später)



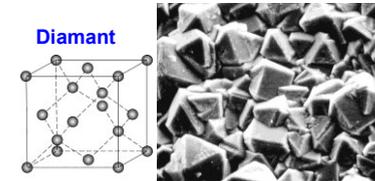
Kristalline Strukturen: Korund



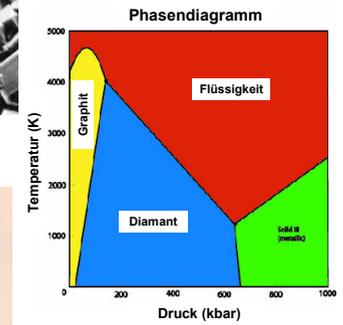
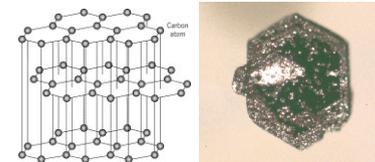
11

## Kohlenstoff

Diamant

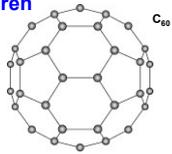


Graphit

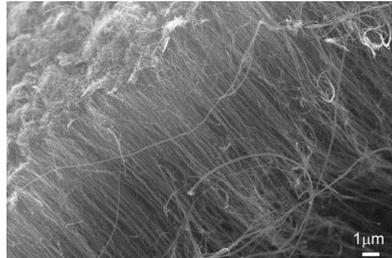
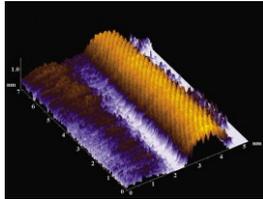
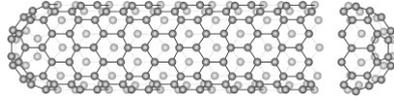


12

## Fulleren



## Nanoröhre



13

## Polymere

Definition des Polymere: aus Basiseinheiten, den sog. Monomeren bestehendes, langes kettenartiges Makromolekül

### Eigenschaften:

- Kleine Dichte
- Fest oder flüssig bei Raumtemperatur
- kleine/mittlere Steifigkeit, Härte, gute Bearbeitungsfähigkeit
- Viskoelastizität
- Verhältnismäßig schwache Wärme- und Korrosionsbeständigkeit
- Schlechte elektrische und Wärmeleitung
- Diverse optische Eigenschaften



### Struktur:

- innerhalb der Kette kovalente, zwischen den Ketten eher sekundäre Bindungen
- Semikristallin oder amorph

### Herstellung:

- ❖ Polyaddition
- ❖ Polykondensation

### Anwendungsbeispiele:

- Zahnersatz
- Füllungsmaterial
- Abdruckmaterial

14

## Monomer

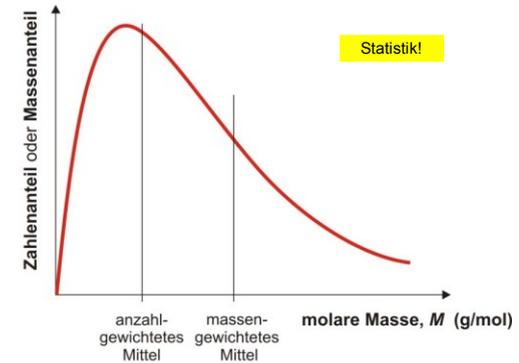
Bezeichnung des Polymers	Struktur des Monomers	Anwendung: Industrie	Anwendung: Zahnmedizin
Polyethylen (PE)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$		
Polyvinylchlorid (PVC)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array}$		
Polytetrafluorethylen (PTFE, Teflon)	$\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{F} & \text{F} \end{array}$		
Polymethylmethacrylat (PMMA, Plexiglas)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{CH}_3 \\   &   \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\   &   \\ \text{H} & \text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \\ & \parallel \\ & \text{O} \end{array}$		

• **Homopolymer:**  
Monomere der gleichen Art

• **Copolymer:**  
Monomere unterschiedlicher Arten

15

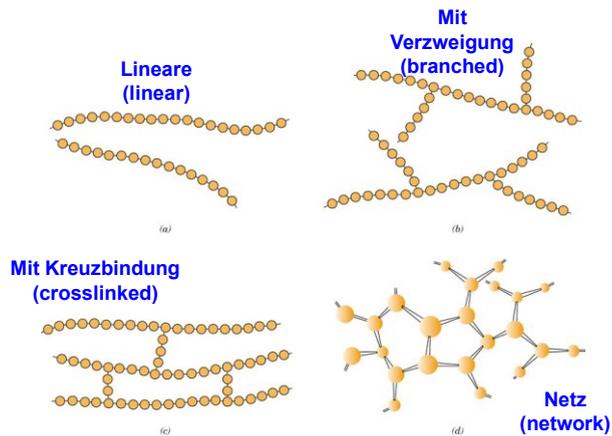
## Polymer-Präparat



Polymerisationsgrad :  $\frac{\bar{M}_n}{M_{\text{Monomer}}}$

Polydispersionsgrad :  $\frac{\bar{M}_m}{\bar{M}_n}$

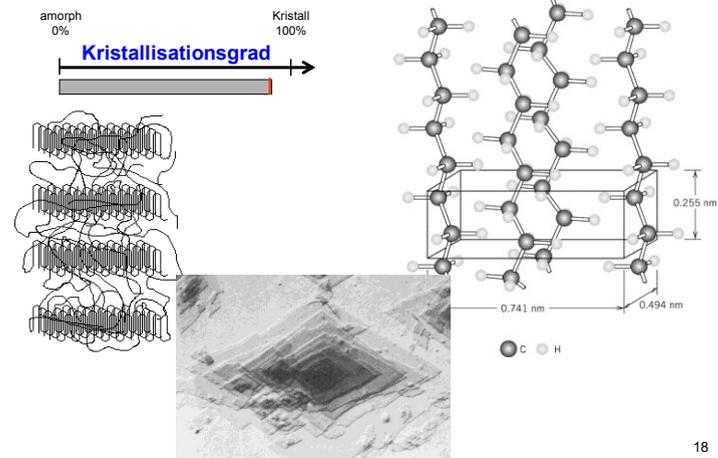
16



Thermoplaste ↔ Duroplaste

17

### Semikristalline (teilkristalline) Struktur



18

### Komposite (Verbundwerkstoffe)

#### Eigenschaften:

- Kleine Dichte
- Fest bei Raumtemperatur
- Vorteilhafte Eigenschaften der einzelnen Komponenten werden kombiniert
- Hohe Festigkeit, gleichzeitig hohe Elastizität und Zähigkeit
- Diverse optische Eigenschaften



#### Anwendungsbeispiele:

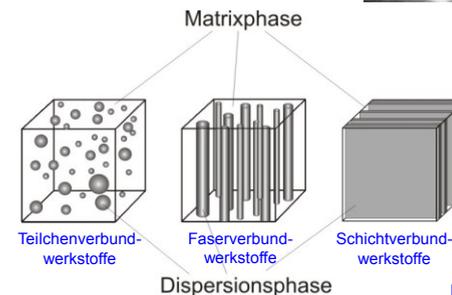
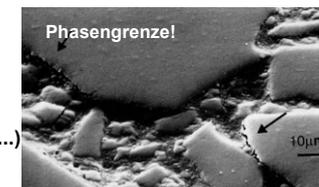
- > Füllungsmaterial
- > Instrumente



19

### Struktur der Komposite

**Matrix (Polymer, Metall, Keramik)**  
+  
**Dispergierter Stoff (Keramik, Metall, ...)**



**Hybrid-Verbundwerkstoff:**  
mehrere dispergierte  
Komponente

20

