

Physikalische Grundlagen  
der zahnärztlichen Materialwissenschaft

– 6 –

Materialklassen.

Polymere und Komposite

erarbeitet von: Gergely AGÓCS, Ferenc TÖLGYESI  
15. Oktober 2020.

Kapitel des  
Lehrbuches:  
12, 13

FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

1

Schwerpunkte

- ❖ Polymere: Polymertypen (Polydimethylsiloxan, Acrylate)
- ❖ Struktur der Polymere: Polymerisationsgrad, Polydispersitätsindex, Kristallisationsgrad
- ❖ Komposite (Verbundwerkstoffe): Matrixphase, Dispersionsphase
- ❖ Teilchen-, Faser-, Schichtverbundwerkstoff
- ❖ Hybridverbundwerkstoff

Guttapercha zur Kanalfüllung



Kompositfüllung

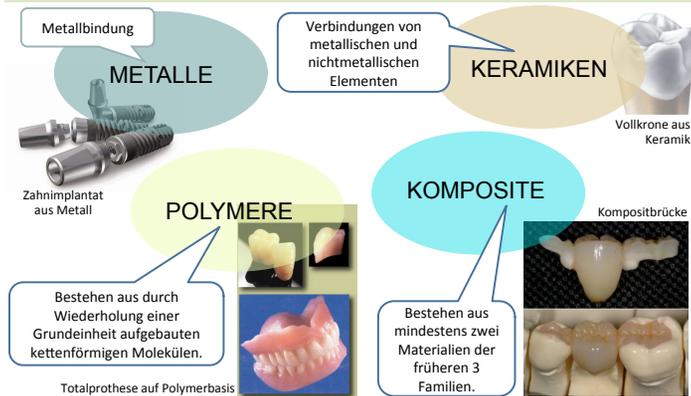


FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

2

Zahnärztliche Materialklassen



FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

3

Polymere

Herstellung:

- ❖ Stufenwachstumspolymerisation, Kettenpolymerisation
- ❖ natürlich, künstlich

Struktur:

- innerhalb der Kette kovalente, zwischen den Ketten eher sekundäre Bindungen
- Homopolymer (Monomere der gleichen Art, z.B. Polyethylen) oder Copolymer (Monomere unterschiedlicher Arten, z.B. Alginat)
- amorph oder semikristallin (amorph + kristallin)

Anwendungsbeispiele:

- Zahnersatz
- Füllungsmaterial
- Abdruckmaterial

FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

4

## Polymere

**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

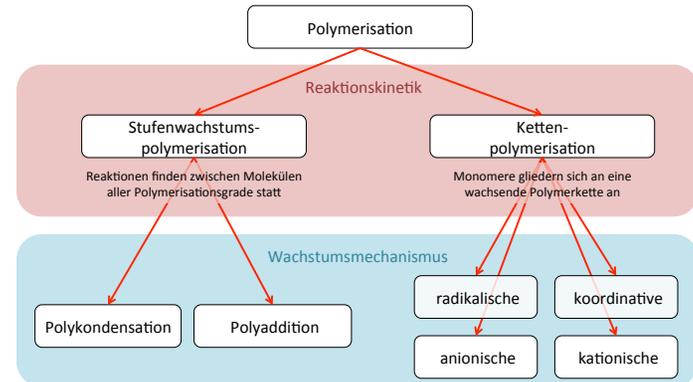


Prothese auf PMMA-Basis



Prothese auf Nylon-Basis

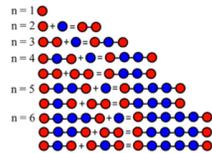
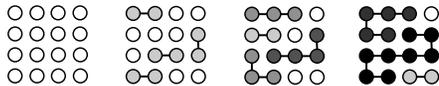
## Polymerisation: Aufteilung



## Polymerisation: Kinetik

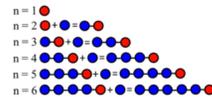
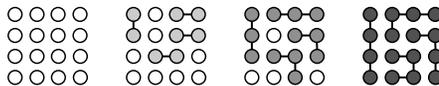
**Stufenwachstumspolymerisation:**

Moleküle von allen Größen reagieren ( $n$ -mer +  $n$ -mer)



**Kettenpolymerisation:**

schrittweises Wachstum ( $n$ -mer + Monomer)



## Stufenwachstumspolymerisation



Monomere → Polymere + kleine Moleküle (z.B. H<sub>2</sub>O)

Monomere → Polymere

**Beispiele:**

- Polyester (Carbonsäure + Alkohol)
  - Polyethylenterephthalat (PET)
- Polyamide (Carbonsäure + Amin)
  - Nylon
  - Protein (Eiweiß)
- Phenoplaste (Phenol + Aldehyd)
  - Bakelit
- Polysaccharide (aus Monosacchariden)
  - Alginat (Alginsäure)
  - Glycogen und Stärke
  - Cellulose
  - Viskose
  - Cellulosehydrat (Cellophan)
  - Cellulosenitrat (Nitrocellulose)

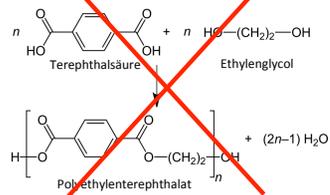
**Beispiele:**

- Polyurethane (PUR) (Diol + Polyisocyanaten)
- Epoxidharz (Bisphenol A + Epichlorhydrin)



## Polyester

ein Polyester: Polyethylterephthalat (PET) Terephthalsäure + Ethylenglycol



Sportmundschutz mit PET-Folie im Frontzahnbereich



PET-Flaschen

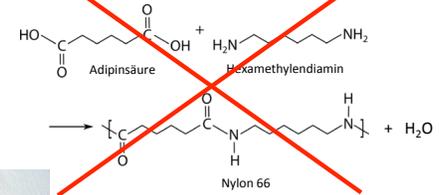
FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

9

## Polyamide

ein Polyamid: Nylon 66 Adipinsäure + Hexamethylendiamin



Zahnbürsten-Borsten aus Nylon



aus Nylon gefertigte, allergiefreie Valplast®-Prothese

FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

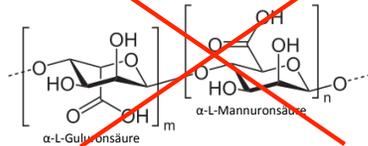
10

## Polysaccharide

ein Biopolysaccharid: Alginsäure und Alginat  $\alpha$ -L-Guluronsäure +  $\beta$ -D-Mannuronsäure



Alginat: Quelle (Braunalgen) Rohstoff und Abdruck



Alginatabformung des Oberkiefers

FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

11

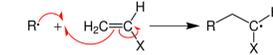
## Kettenpolymerisation

Beispiel: radikalische Kettenpolymerisation

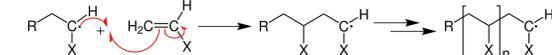
1. Zerfall des Initiators (I) unter Bildung von zwei Radikalen R\* :



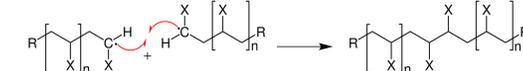
2. Kettenstart: das Radikal bricht die Mehrfachbindung auf und erzeugt ein wachstumsfähiges Primärradikal:



3. Kettenwachstum: An das Primärradikal lagern sich nun ständig Monomere an:



4. Kettenabbruch: Zusammentreffen (Kombination) zweier Radikale:



FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

12

## Kettenpolymerisation

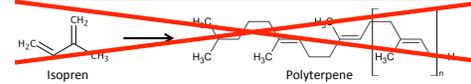
Bezeichnung des Polymers	Struktur	Anwendung: Industrie	Anwendung: Zahnmedizin
Polyethylen (PE)	<chem>CC</chem>		
Polyvinylchlorid (PVC)	<chem>CCl</chem>		
Polytetrafluorethylen (PTFE, Teflon)	<chem>CC(F)(F)F</chem>		
Polymethylmethacrylat (PMMA, Plexiglas)	<chem>CC(C)C(=O)OC</chem>		

FAFA\_DE

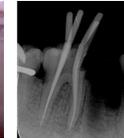
6 | Polymere und Komposite

13

## Polyterpene



### Guttapercha



Wurzelfüllung mit Guttapercha nach Wurzelkanalbehandlung

### Kautschuk und Gummi



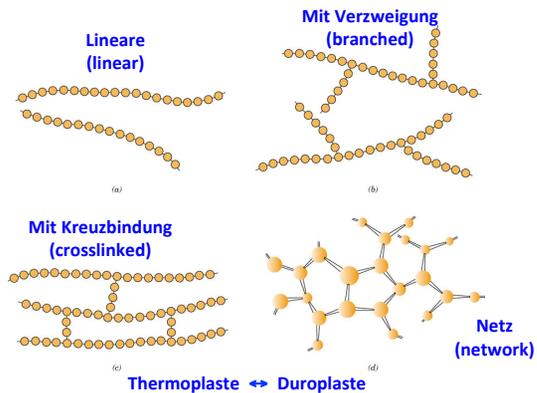
Zahnisolierung mit Gummikofferdam

FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

14

## Polymere: Struktur

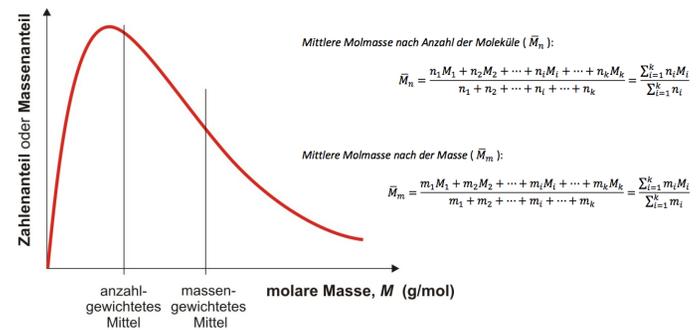


FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

15

## Polymer-Präparat



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

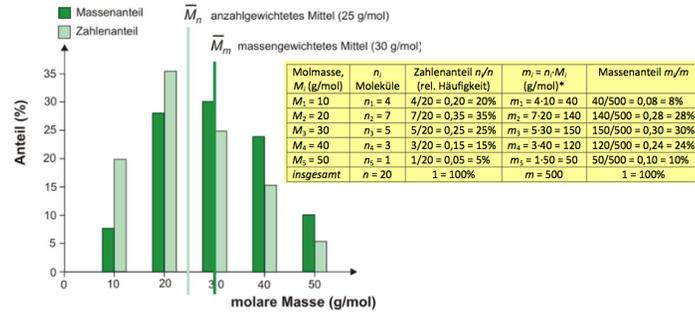
Polydispersionsgrad:  $\frac{\bar{M}_m}{\bar{M}_n}$   
"Streuung der Länge"

FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

16

## Polymer-Präparat

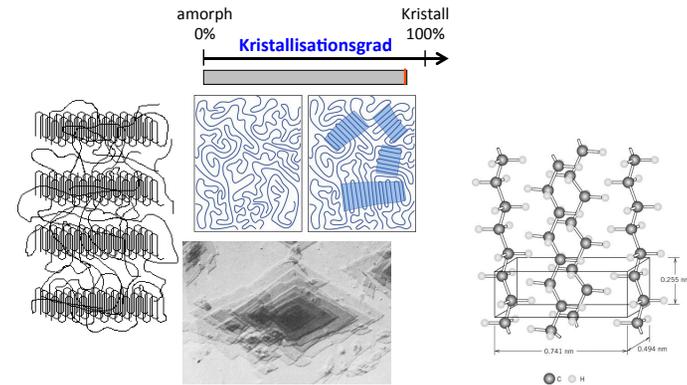


FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

17

## Semikristalline Struktur

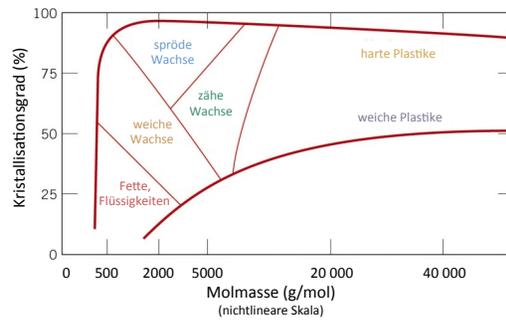


FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

18

## Physikalische Eigenschaften



FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

19

## Komposite

### 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



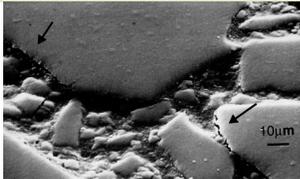
FAFA\_DE

6 | Polymere und Komposite

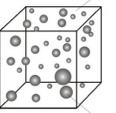
20

## Komposite

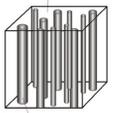
**Matrix (Polymer, Metall, Keramik)**  
 +  
**Dispersierter Stoff (Keramik, Metall, ...)**



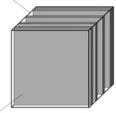
Matrixphase



Dispersionsphase



Hybrid-Verbundwerkstoff:  
mehrere disperierte  
Komponente

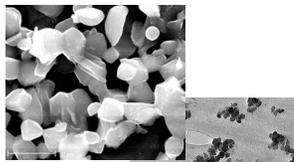


FAFA\_DE
6 | Polymere und Komposite
21

## Komposite

Teilchenverbundwerkstoffe

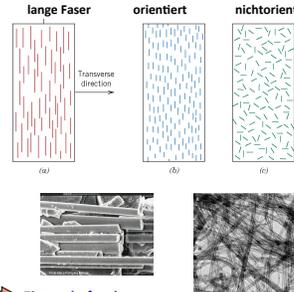
grobkörnig      feinkörnig



Faserverbundwerkstoffe

lange Faser      kurze Faser

orientiert      nichtorientiert



➔ **Eigenschaften!**

FAFA\_DE
6 | Polymere und Komposite
22

## Komposite im Alltag



Stahlbeton



Materials used in 787 body

Fiberglass	Carbon laminate composite
Aluminum	Carbon sandwich composite
	Aluminum/steel/titanium

Total materials used  
By weight

Steel	10%	Composites	50%
Titanium	15%	Aluminum	20%
Other	5%		

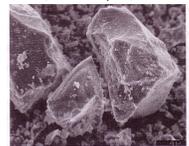
By comparison, the 777 uses 12 percent composites and 50 percent aluminum.

FAFA\_DE
6 | Polymere und Komposite
23

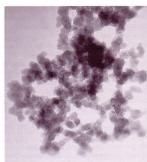
## Komposite in der Zahntechnik

**Matrix:** Polymer (Methacrylat)  
**Teilchen:** Glas, Keramikristalle (z.B. Quarz), Polymer, + Pigment, + UV-Absorbent, ...

grobkörnig  
(0,1-100 µm)



feinkörnig  
(≈ 40 nm)



Chemical structures: bis-GMA, TEGDGMA, UDMA

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

Nächste  
Vorlesung:  
Kapitel  
14

FAFA\_DE
6 | Polymere und Komposite
24