

Physikalische Grundlagen  
der zahnärztlichen Materialwissenschaft

– 11 –

Elektrische Eigenschaften.  
Zusammenfassung

erarbeitet von: Gergely AGÓCS, Ferenc TÖLGYESI  
19. November 2020.

Kapitel des  
Lehrbuches:  
19, 21

FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

1

Widerstand und Leitfähigkeit

Elektrische Ladungsträger: Elektronen, Ionen.

Spezifischer Widerstand ( $\rho$ ):

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} \quad (\Omega m)$$

Elektrische Leitfähigkeit ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad ((\Omega m)^{-1} = S/m)$$

(  $G = \frac{1}{R}$  nennt man elektrischen Leitwert. )

Stoff	$\sigma$ (S/m)	
Silber	$6,8 \cdot 10^7$	Leiter
Gold	$4,3 \cdot 10^7$	
Platin	$0,94 \cdot 10^7$	
Germanium	2,2	Halbleiter
Silizium	$4 \cdot 10^{-4}$	
Zirkon	$\approx 10^{-10}$	Isolator
Porzellan	$\approx 10^{-11}$	
Glas	$\approx 10^{-13}$	
PMMA	$\approx 10^{-12}$	
PE	$\approx 10^{-16}$	

FAFA\_DE

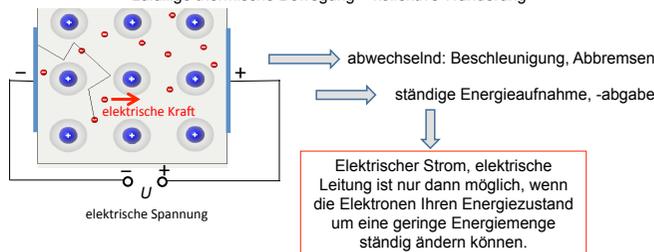
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

2

Elektrische Strom und Spannung

Elektrischer Strom = kollektive Wanderung von elektrischen Ladungsträgern (Elektronen, Ionen, ...)  
 → Dazu sind freie (quasifreie) Ladungsträger nötig.

Z. B. Bewegung von Elektronen in einem Metallgitter:  
zufällige thermische Bewegung + kollektive Wanderung

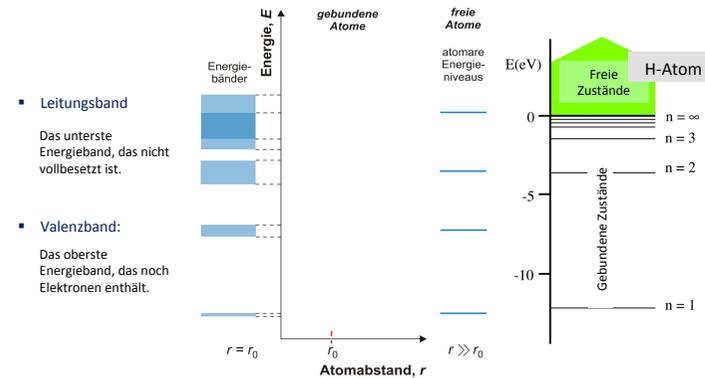


FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

3

Elektronenstruktur: Energiebänder

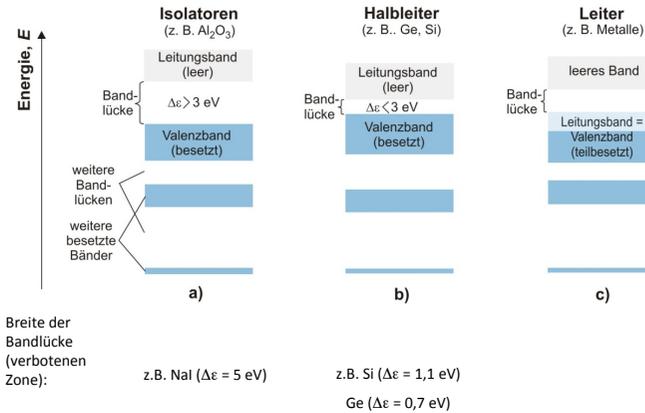


FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

4

## Elektronenstruktur: Energiebänder

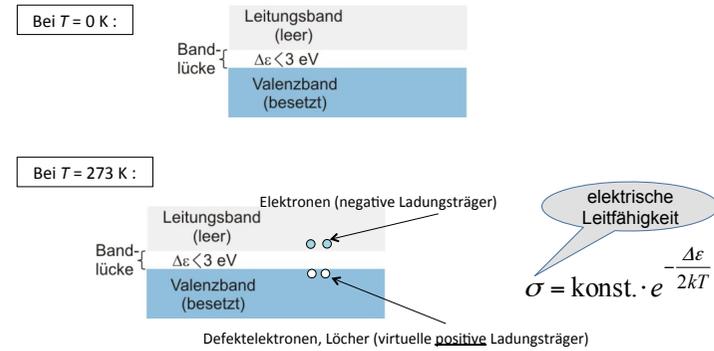


FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

5

## Eigenhalbleiter (intrinsic Halbleiter)



FAFA\_DE

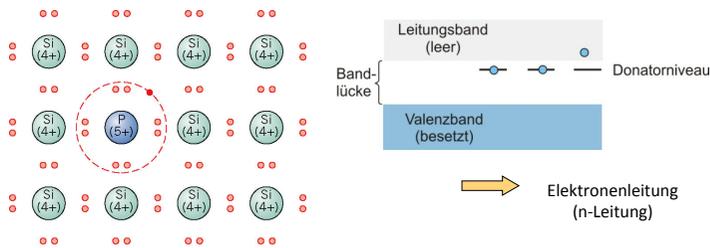
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

6

## Dotierte Halbleiter: n-Typ

Grundkristall z. B.: Si  
 ${}_{14}\text{Si}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

Dotierung: z. B.: P  
 ${}_{15}\text{P}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$



FAFA\_DE

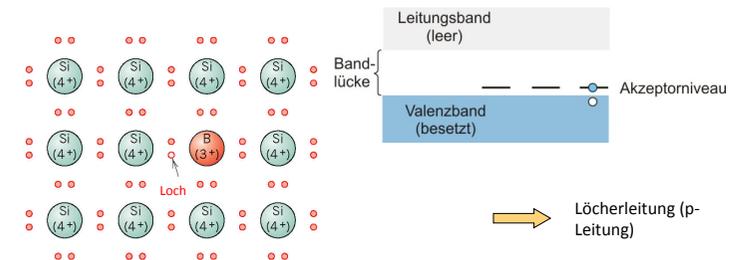
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

7

## Dotierte Halbleiter: p-Typ

Grundkristall z. B.: Si  
 ${}_{14}\text{Si}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$

Dotierung: z. B.: B  
 ${}_{5}\text{B}: 1s^2 2s^2 2p^1$

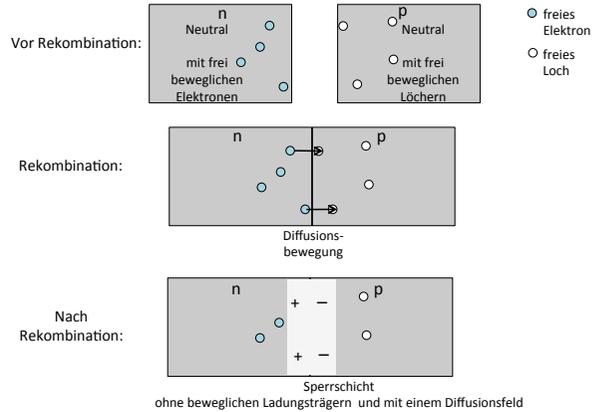


FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

8

## Anwendungen: Halbleiterdiode

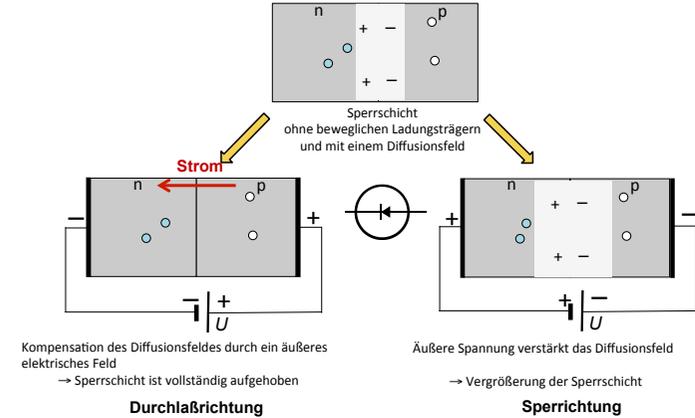


FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

9

## Anwendungen: Gleichrichter

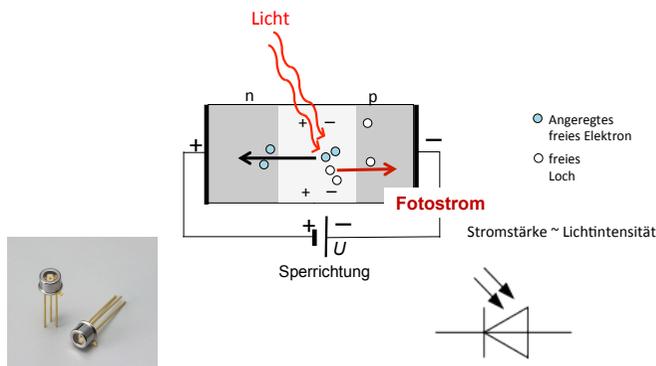


FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

10

## Anwendungen: Photodiode

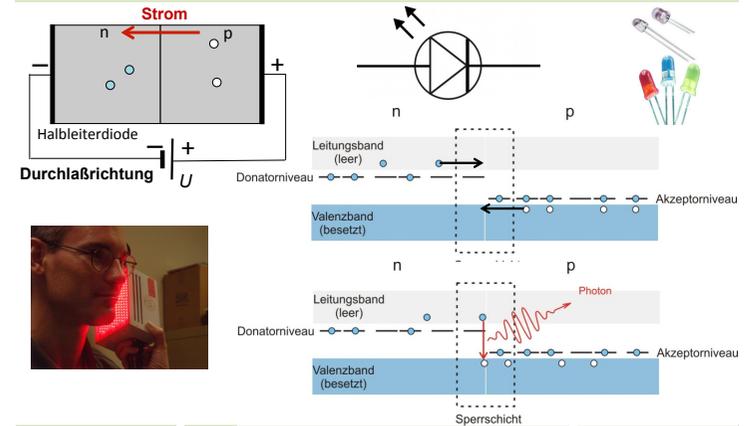


FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

11

## Anwendungen: Leuchtdiode (LED)

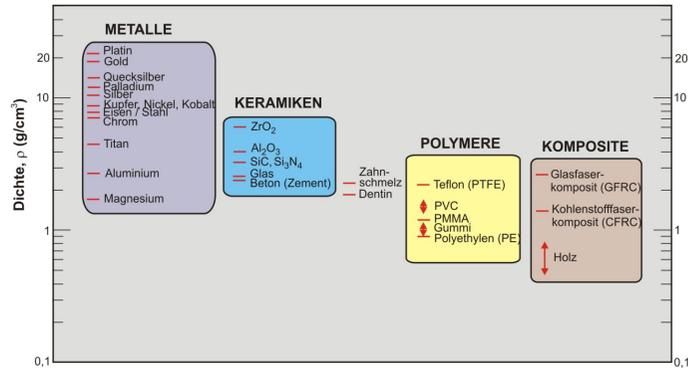


FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

12

## Vergleichende Zusammenfassung



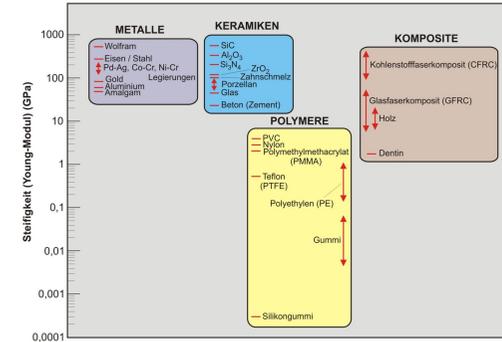
**Dichte:** Komposite, Polymere < Keramiken < Metalle

FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

13

## Vergleichende Zusammenfassung



**Steifigkeit:** Polymere < Komposite < Keramiken, Metalle

**Elastische Rückstellung (Elastizität):** Keramiken < Metalle < Komposite < Polymere

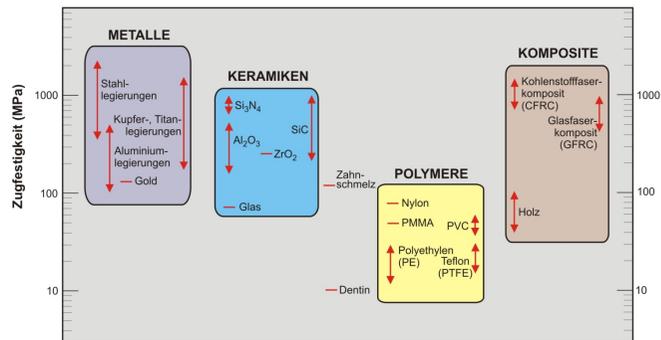
**Duktilität:** Keramiken < Metalle < Komposite < Polymere

FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

14

## Vergleichende Zusammenfassung



**Zugfestigkeit:** Polymere < Komposite, Keramiken < Metalle

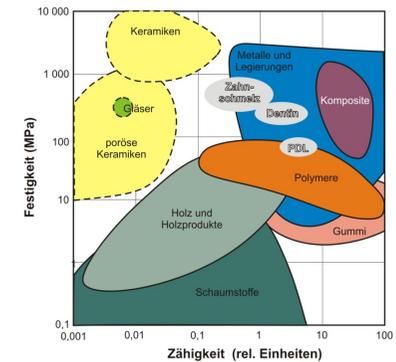
**Druckfestigkeit:** Polymere < Komposite, Keramiken, Metalle

FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

15

## Vergleichende Zusammenfassung



**Zähigkeit:** Keramiken < Polymere, Komposite, Metalle

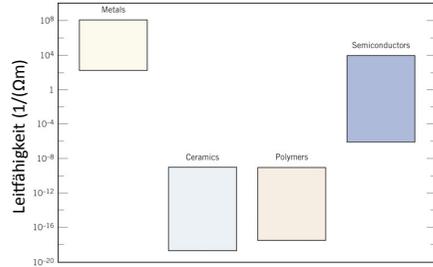
**Härte:** Polymere < Komposite < Metalle < Keramiken

FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

16

## Vergleichende Zusammenfassung



- Elektrische Leitfähigkeit:** Keramiken, Komposite, Polymere < Metalle
- Wärmeleitfähigkeit:** Keramiken, Komposite, Polymere < Metalle
- Schmelzpunkt:** Polymere < Komposite < Metalle < Keramiken
- Wärmeausdehnungskoeffizient:** Keramiken < Polymere, Komposite, Metalle
- Reflektanz:** Keramiken, Komposite, Polymere < Metalle
- Transmittanz:** Metalle < Komposite < Polymere, Keramiken

FAFA\_DE

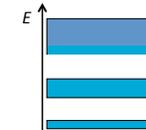
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

17

## Metalle

Im Allgemeinen:

- fest
- hohe Dichte
- steif
- stark
- duktil (bearbeitungsfähig)
- zäh (Zähbruch)
- hart
- niedrige spez. Wärmekap.
- guter Wärmeleiter
- wärmeschockbeständig
- guter elektr. Leiter
- opak, metallfarbig
- geringe Korrosions-beständigkeit



FAFA\_DE

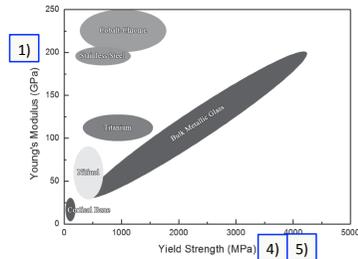
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

18

## Metallische Gläser (amorphe Metalle)

- 1) weniger steif
- 2) elastischer
- 3) stärker
- 4) härter
- 5) weniger abnutzung
- 6) weniger Korrosion
- 7) bessere Biokompatibilität

<https://www.youtube.com/watch?v=Yg0hUqdzXGw>



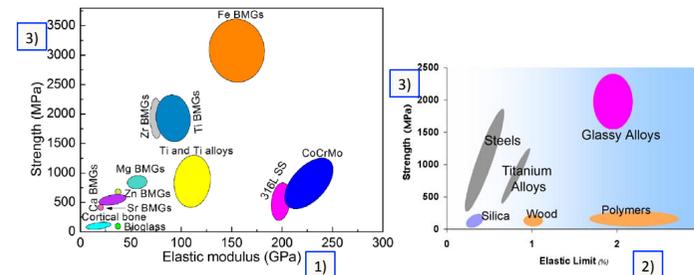
FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

19

## Metallische Gläser (amorphe Metalle)

- 1) weniger steif
- 2) elastischer
- 3) stärker
- 4) härter
- 5) weniger abnutzung
- 6) weniger Korrosion
- 7) bessere Biokompatibilität



FAFA\_DE

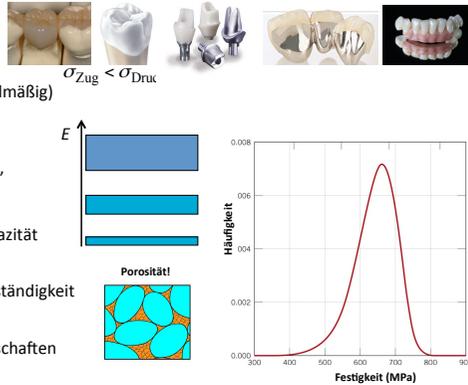
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

20

## Keramiken

**Im Allgemeinen:**

- fest
- mittlere Dichte
- steif
- stark (beim Zug nur mittelmäßig)
- wenig bearbeitungsfähig
- brüchig (Sprödbbruch)
- „empfindlich gegen Risse“
- hart
- mittlere spez. Wärmekapazität
- Wärmeisolator
- geringe Wärmeschockbeständigkeit
- elektr. Isolator
- vielfältige optische Eigenschaften
- korrosionsbeständig



FAFA\_DE

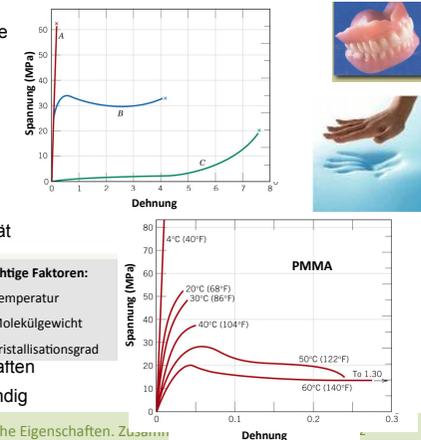
11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

21

## Polymere

**Im Allgemeinen:**

- flüssig oder fest, kleine Dichte
- wenig steif - elastisch
- mittelmäßig stark - schwach
- duktil
- mittelmäßig zäh - spröde
- mittelmäßig hart - weich
- viskoelastisch
- mittlere spez. Wärmekapazität
- Wärmeisolator
- mittlere Wärmeschockbeständigkeit
- elektr. Isolator
- vielfältige optische Eigenschaften
- mittelmäßig korrosionsbeständig



- Wichtige Faktoren:**
- Temperatur
  - Molekulargewicht
  - Kristallisationsgrad

FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

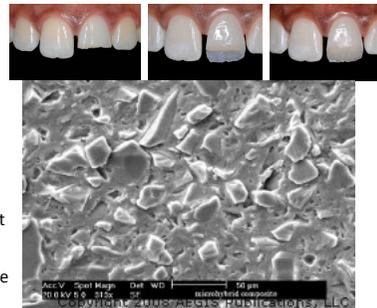
## Komposite

**Im Allgemeinen:**

- fest
- niedrige - mittlere Dichte
- mittelmäßig steif - elastisch
- stark
- duktil
- zäh
- hart – mittelmäßig hart
- mittlere spez. Wärmekapazität
- Wärmeisolator
- mittlere Wärmeschockbeständigkeit
- elektr. Isolator
- vielfältige und veränderliche optische Eigenschaften
- korrosionsbeständig

**Wichtige Faktoren:**

- Zusammensetzung
- Teilchengröße



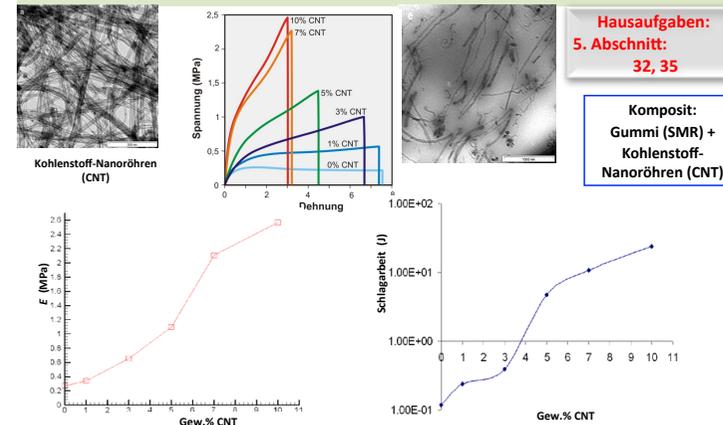
→ Mikrohybrid → Nanohybrid-Komposite

FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

23

## Komposite



**Hausaufgaben:**  
5. Abschnitt:  
32, 35

**Komposit:**  
Gummi (SMR) +  
Kohlenstoff-  
Nanoröhren (CNT)

FAFA\_DE

11 | Elektrische Eigenschaften. Zusammenfassung

24