

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

10.

Kapitel des Lehrbuches: 20, 21

Optische Eigenschaften. Zusammenfassung

Hausaufgaben: 5. Abschnitt: 16, 17, 19, 20, 27, 31

Optische Eigenschaften (Durchsichtigkeit, Farbe)

transparent
transluzent
opak

Farbe 2 (im durchgehenden Licht)

Fluoreszenz

Farbe 3

Farbe 1 (im reflektierten Licht)

opaleszent

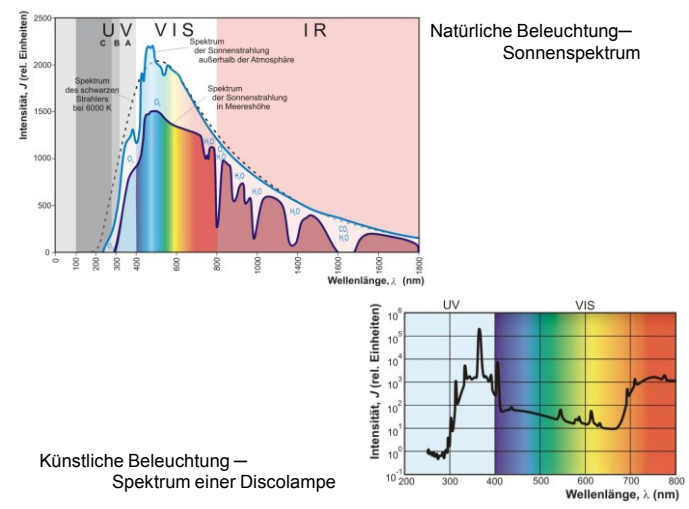
Absorption
Reflexion
Streuung

Einfallendes Licht

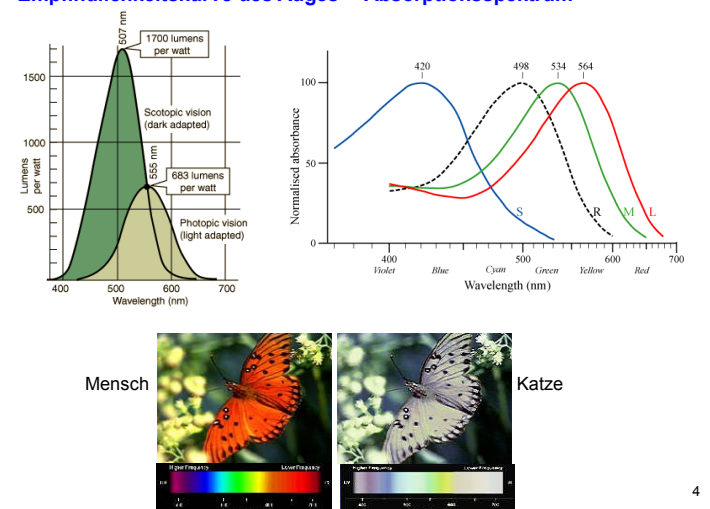
Spektrale Verteilung des einfallenden Lichtes!

Spektrale Empfindlichkeit des Auges!

Spektrale Zusammensetzung des einfallendes Lichtes – Emissionsspektrum

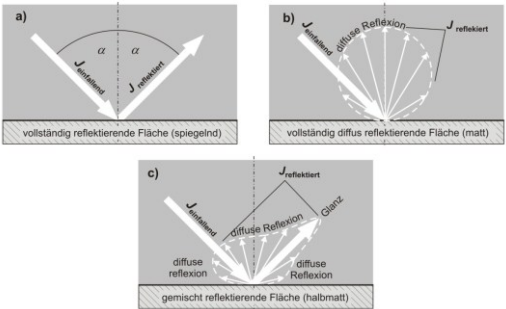


Empfindlichkeitskurve des Auges – Absorptionsspektrum



Wechselwirkungen mit der Materie ⇒ Farbe

1. Reflexion:

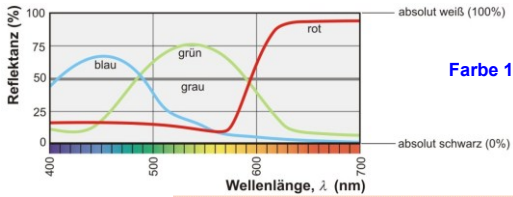


Spektraler Reflexionskoeffizient
(Reflektanz, Reflexionsgrad) $\rho(\lambda)$ (R_λ):

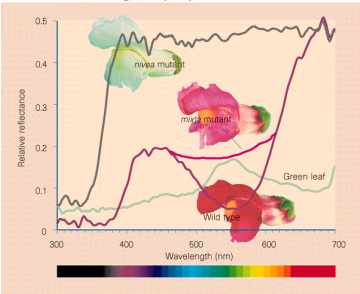
$$\rho(\lambda) = \frac{J_{\text{reflektiert}}}{J_{\text{ein}}} \quad \longleftrightarrow \quad \rho = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

5

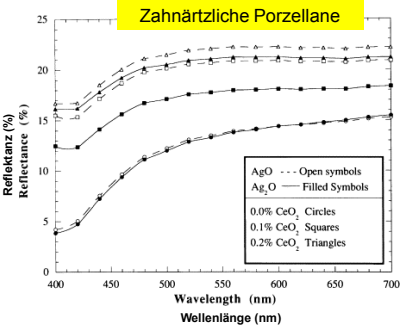
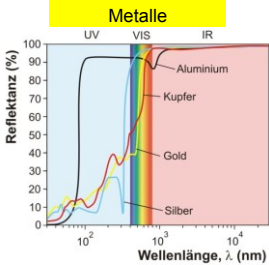
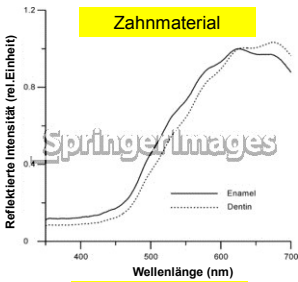
Reflexionsspektrum:



Farbe 1 (im reflektierten Licht)



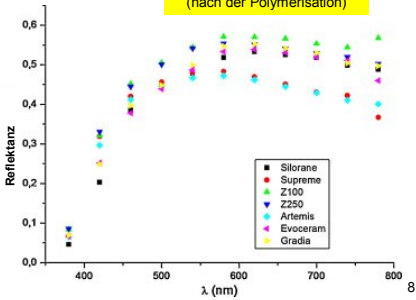
6



7

Dental resin composite	Manufacturer	Organic matrix	Filler particle type	Filler particle size (µm)
Filtek Silorane		Silorane	Quartz filler, yttrium fluoride	0.1–2
Filtek Supreme XT		Bis-GMA, UDMA, TEGDMA and Bis-EMA	Zirconium-Silica agglomerate, highly dispersed silica	0.6–1.4
Filtek Z250		Bis-GMA, UDMA and Bis-EMA	Zirconium, Silica	0.01–3.5
Z100		Bis-GMA and TEGDMA	Zirconium, Silica	0.01–3.5
Gratia Direct		UDMA, dimethacrylate copolymers	Silica and pre-polymerized fillers	0.007–1.7

Verbundwerkstoffe
(nach der Polymerisation)



2. Streuung:

Spektraler Streukoeffizient $\sigma(\lambda)$: $\sigma(\lambda) = \frac{J_{\text{gestreut}}}{J_{\text{ein}}}$

- elastische Streuung (λ, f, ε konstant)

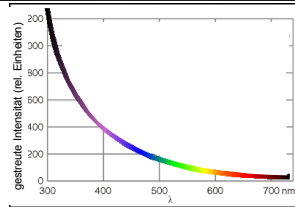
Rayleigh-Streuung

Größe der Streuteilchen $\ll \lambda$



Streuungs-
spektrum:

$$\sigma \propto \frac{d^6}{\lambda^4}$$



Inhomogenitäten!



Mie-Streuung

Größe der Streuteilchen $\approx \lambda$



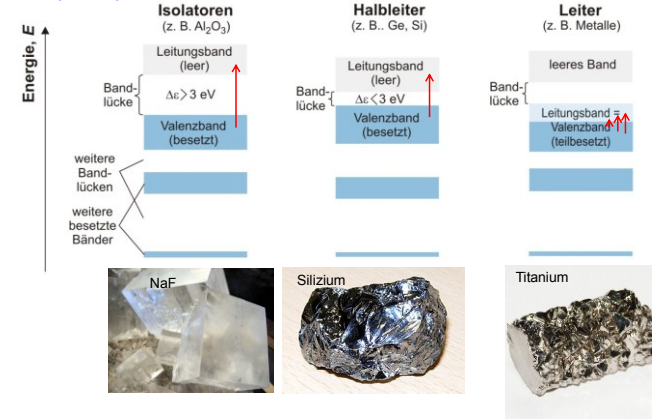
σ ist unabhängig
von λ

3. Absorption:

Spektraler Absorptionskoeffizient $\alpha(\lambda)$:

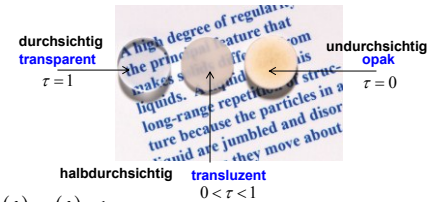
$$\alpha(\lambda) = \frac{J_{\text{absorbierte}}}{J_{\text{ein}}}$$

Absorptionsspektrum:

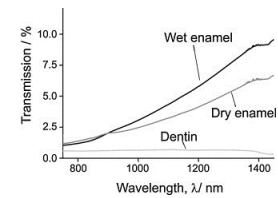
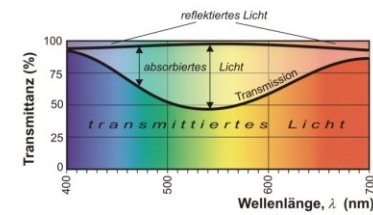


5. Transmission :

Spektraler Transmissionskoeffizient, Transmittanz $\tau(\lambda)$: $\tau(\lambda) = \frac{J_{\text{durchgelassen}}}{J_{\text{ein}}}$

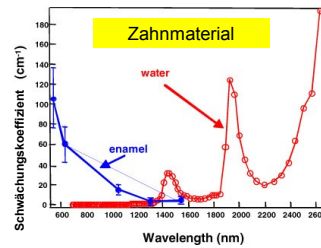
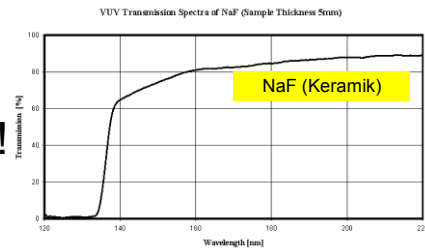


$$\rho(\lambda) + \sigma(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$



4. Schwächung = Streuung + Absorption:

NaF

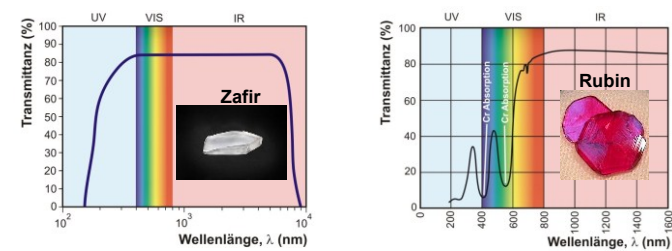


11

10

12

Transmissionsspektrum:

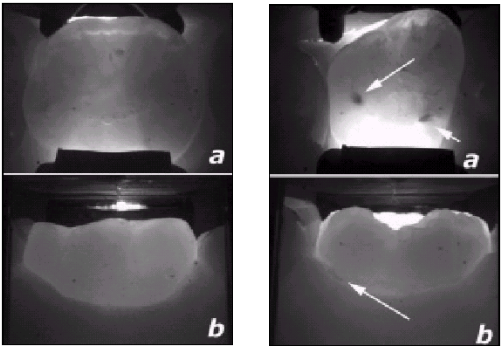
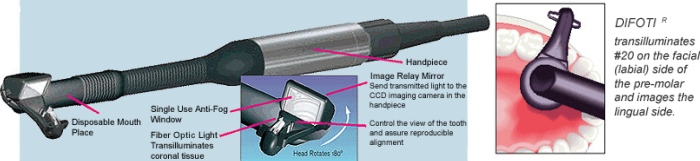


Farbe 2
(im durchtretenden
Licht)



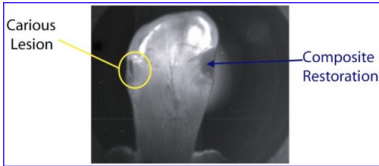
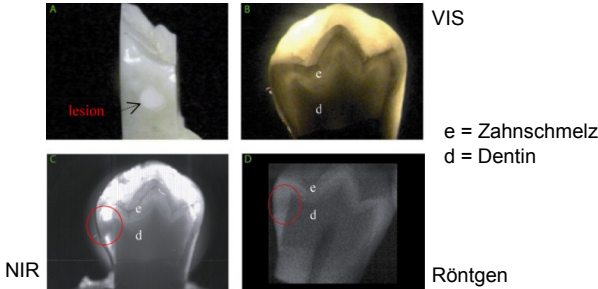
13

DIFOTI® (Digital Imaging Fiber-Optic Trans-Illumination)



14

Durchleuchtung im nahen Infrarot (NIR)



15

Materials Selection



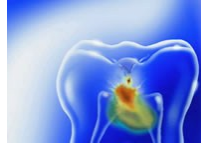
16

5. Fluoreszenz

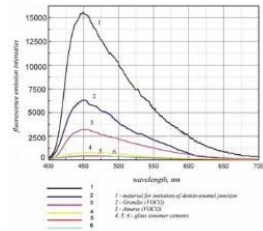
Fluoreszenz des Zahnschmelzes



Fluoreszenz von Bakterien



Fluoreszenzspektrum von Füllungsmaterialien



Farbe 3

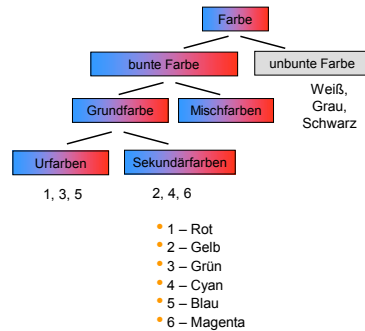


17



18

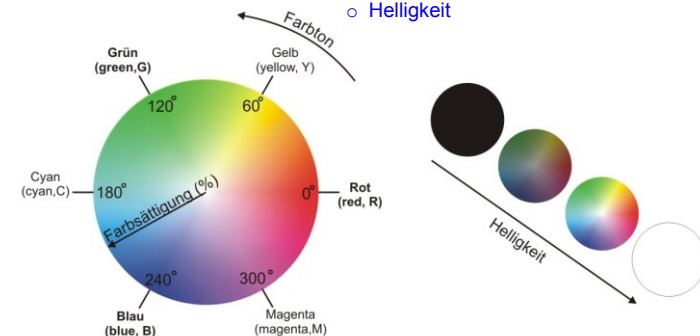
Farbe



19

„Farbraum“: 3 Koordinaten

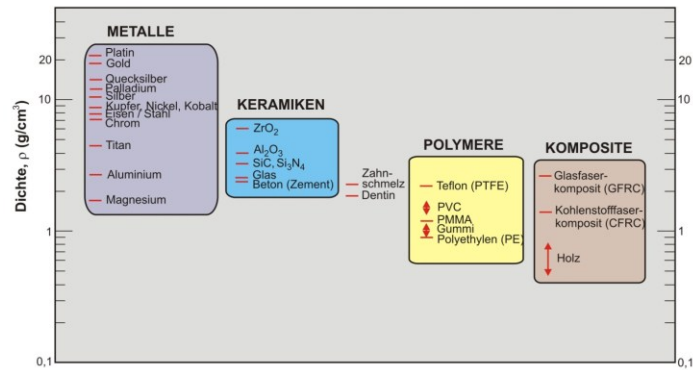
- Farbton
- Farbsättigung
- Helligkeit



Farbton	hue
Farbsättigung	saturation, chroma
Helligkeit	brightness, lightness, luminance, value

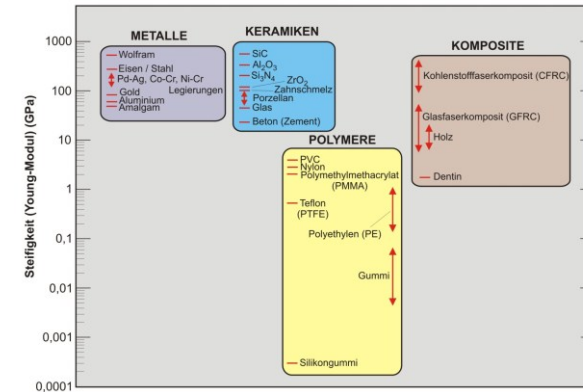
20

Vergleichende Zusammenfassung



Dichte: Composite, Polymere < Keramiken < Metalle

21

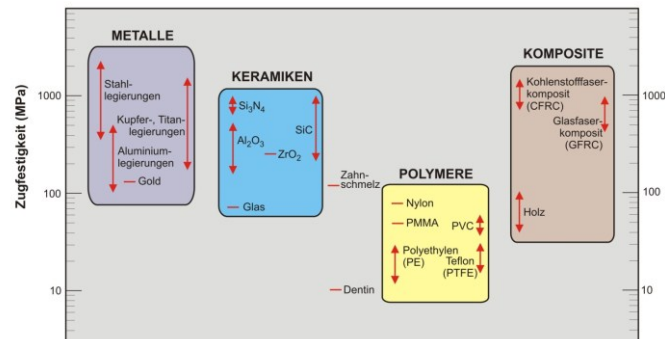


Steifigkeit: Polymere < Composite < Keramiken, Metalle

Elastische Rückstellung: Keramiken < Metalle < Composite < Polymere

Duktilität: Keramiken < Metalle < Composite < Polymere

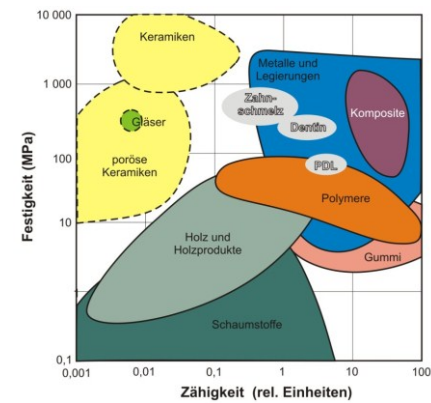
22



Zugfestigkeit: Polymere < Composite, Keramiken < Metalle

Druckfestigkeit: Polymere < Composite, Keramiken, Metalle

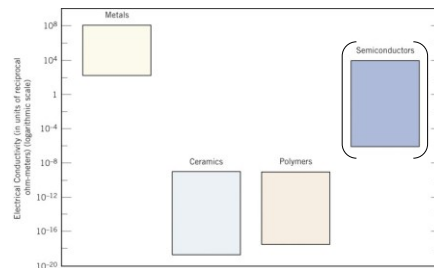
23



Zähigkeit: Keramiken < Polymere, Composite, Metalle

Härte: Polymere < Composite < Metalle < Keramiken

24



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

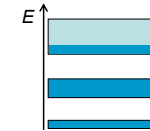
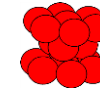
25

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 Korrosionsbeständigkeit



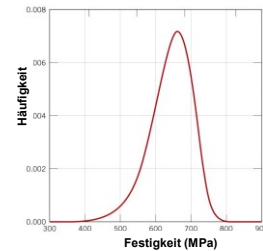
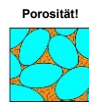
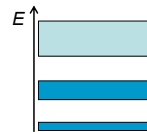
26

Keramiken



Im Allgemeinen:

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



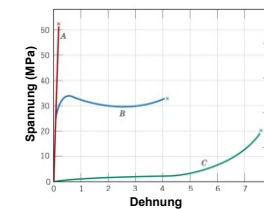
27

Polymere



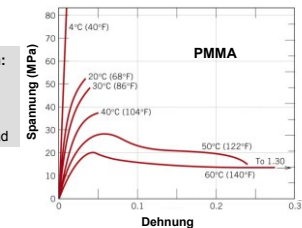
Im Allgemeinen:

- 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

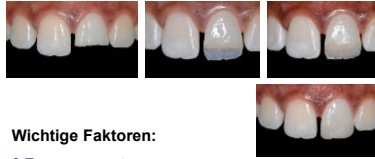


28

Komposite (zahnärztliche)

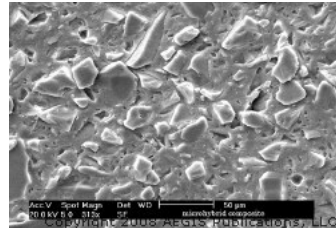
Im Allgemeinen:

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



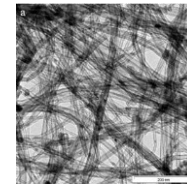
Wichtige Faktoren:

- Zusammensetzung
- Teilchengröße



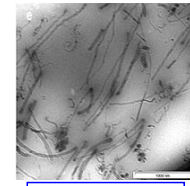
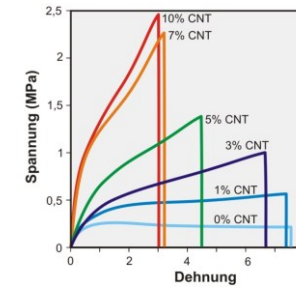
→ Mikrohybrid- → Nanohybrid-Komposite

29

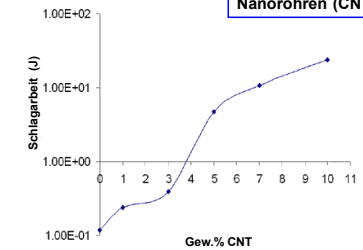
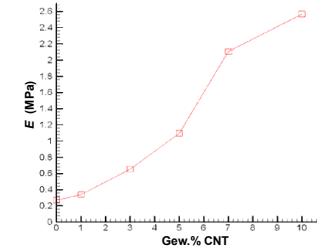


Kohlenstoff-Nanoröhren (CNT)

„Kombination von günstigen Eigenschaften“



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



30