

---

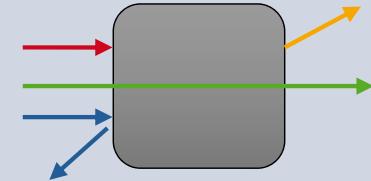
# **Wärme- und Stoffübertragung I**

## **Strahlung realer Objekte**

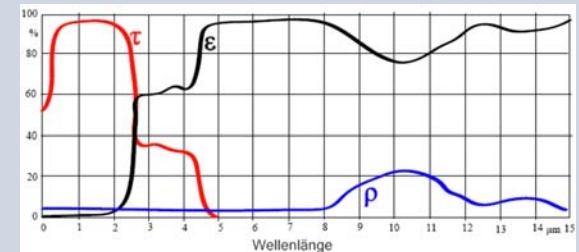
Prof. Dr. -Ing. Reinhold Kneer  
Dr. -Ing. Dr. rer. pol. Wilko Rohlfs

# Lernziele

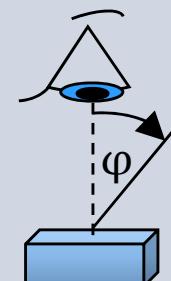
- Interaktion zwischen Strahlung und Körper
  - Definition und Deutung des Emissions-, Absorptions-, Transmissions- und Reflexionsgrades



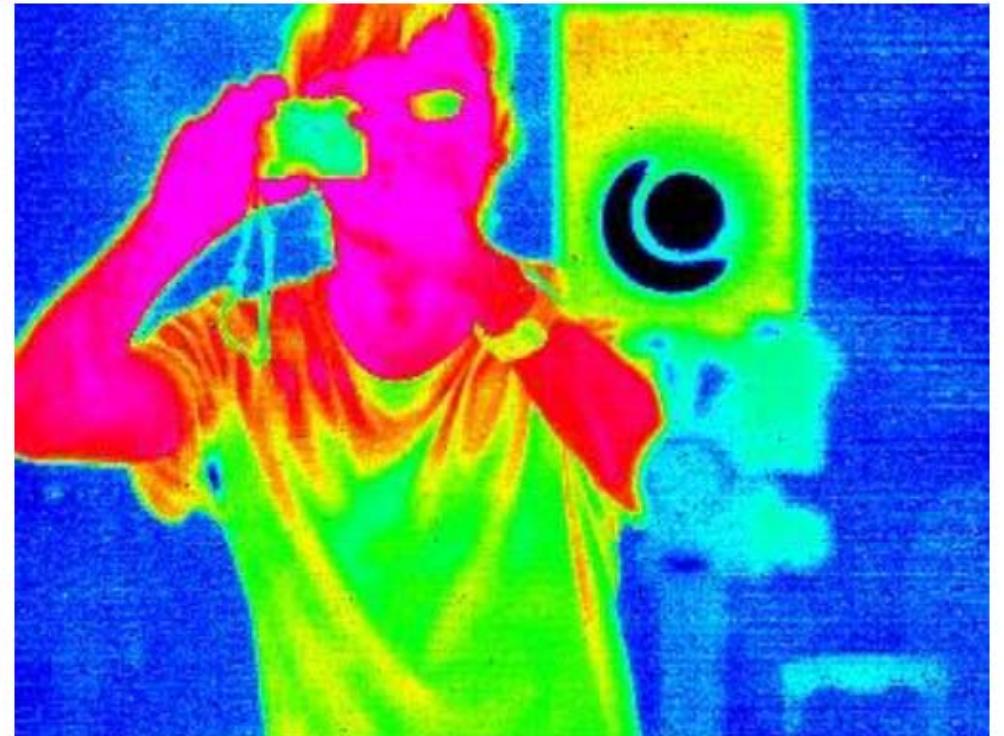
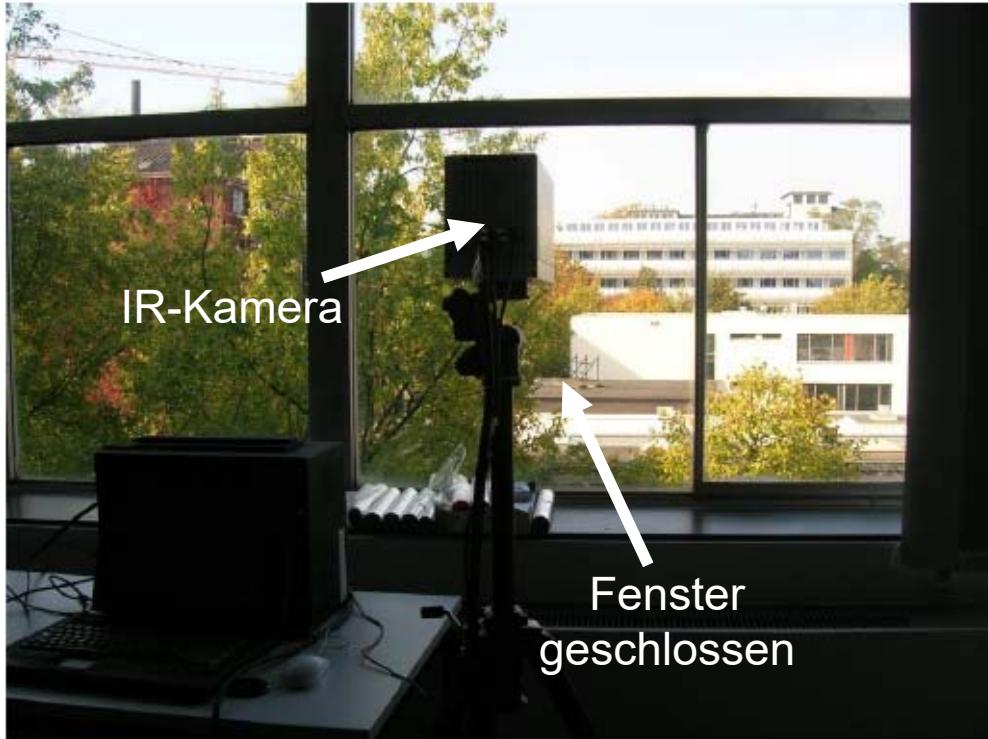
- Spektrale Intensitätsverteilung realer Körper
  - Verhalten realer Körper im Vergleich zu idealen Körpern



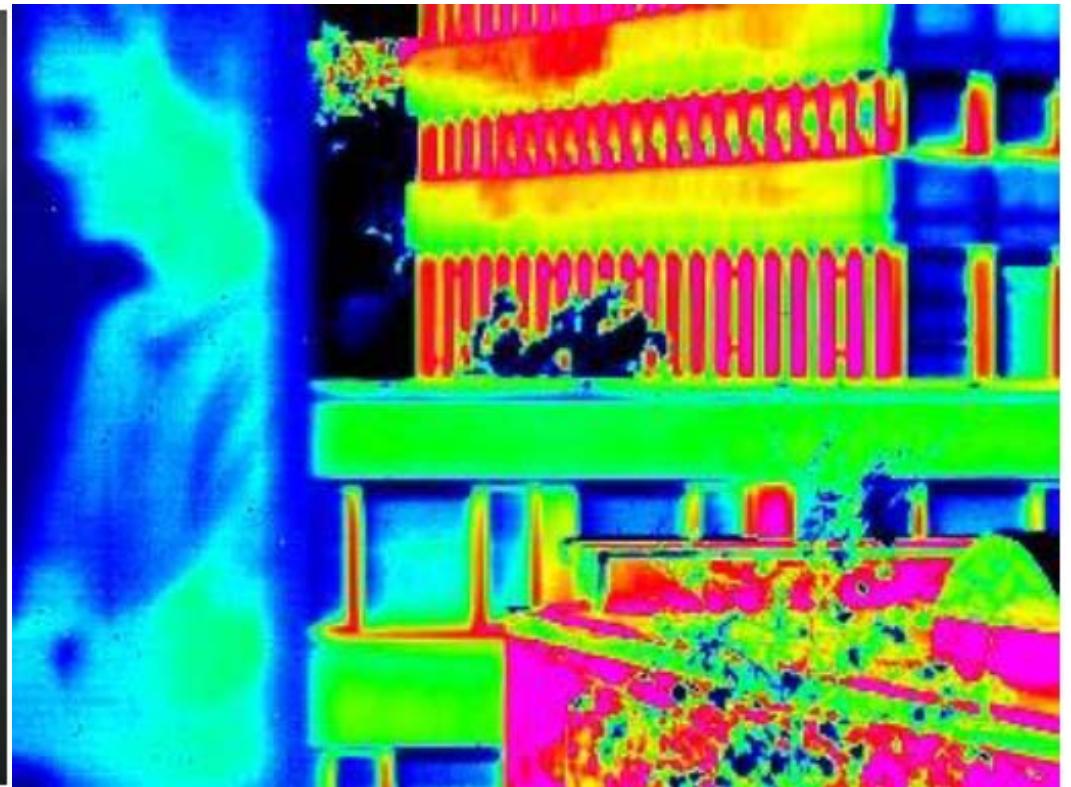
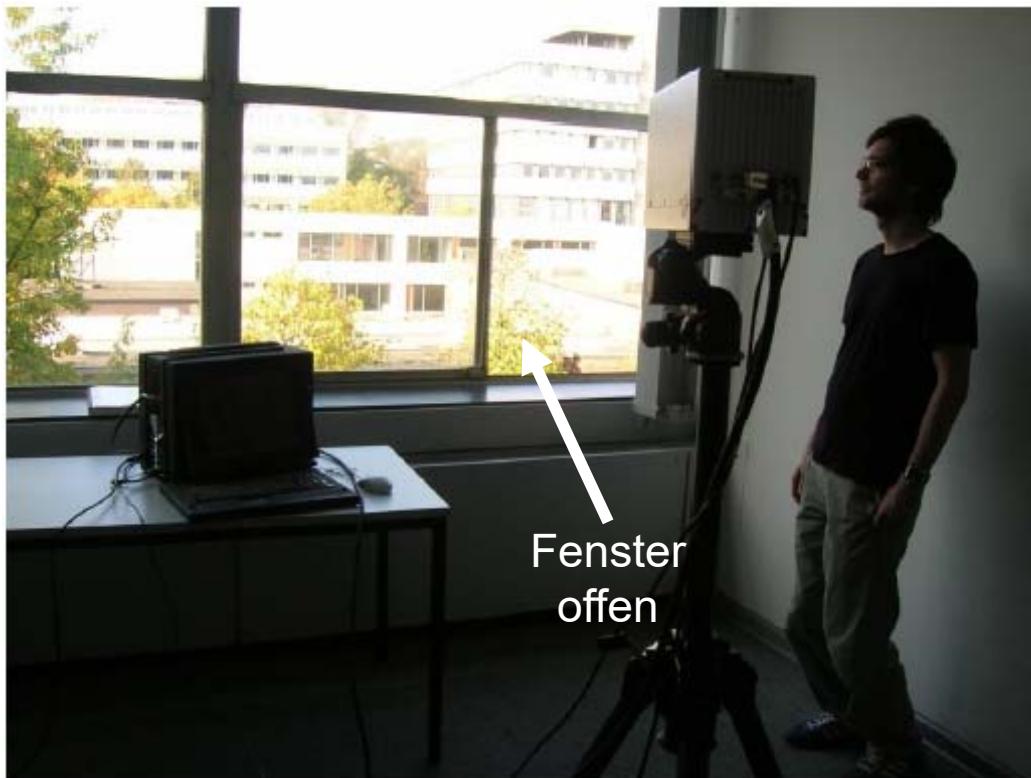
- Winkelabhängige Strahlungseigenschaften
  - Winkelabhängigkeit der Strahlungseigenschaften von realen Körpern



# Wellenlängenabhängigkeit der Strahlungseigenschaften



# Wellenlängenabhängigkeit der Strahlungseigenschaften

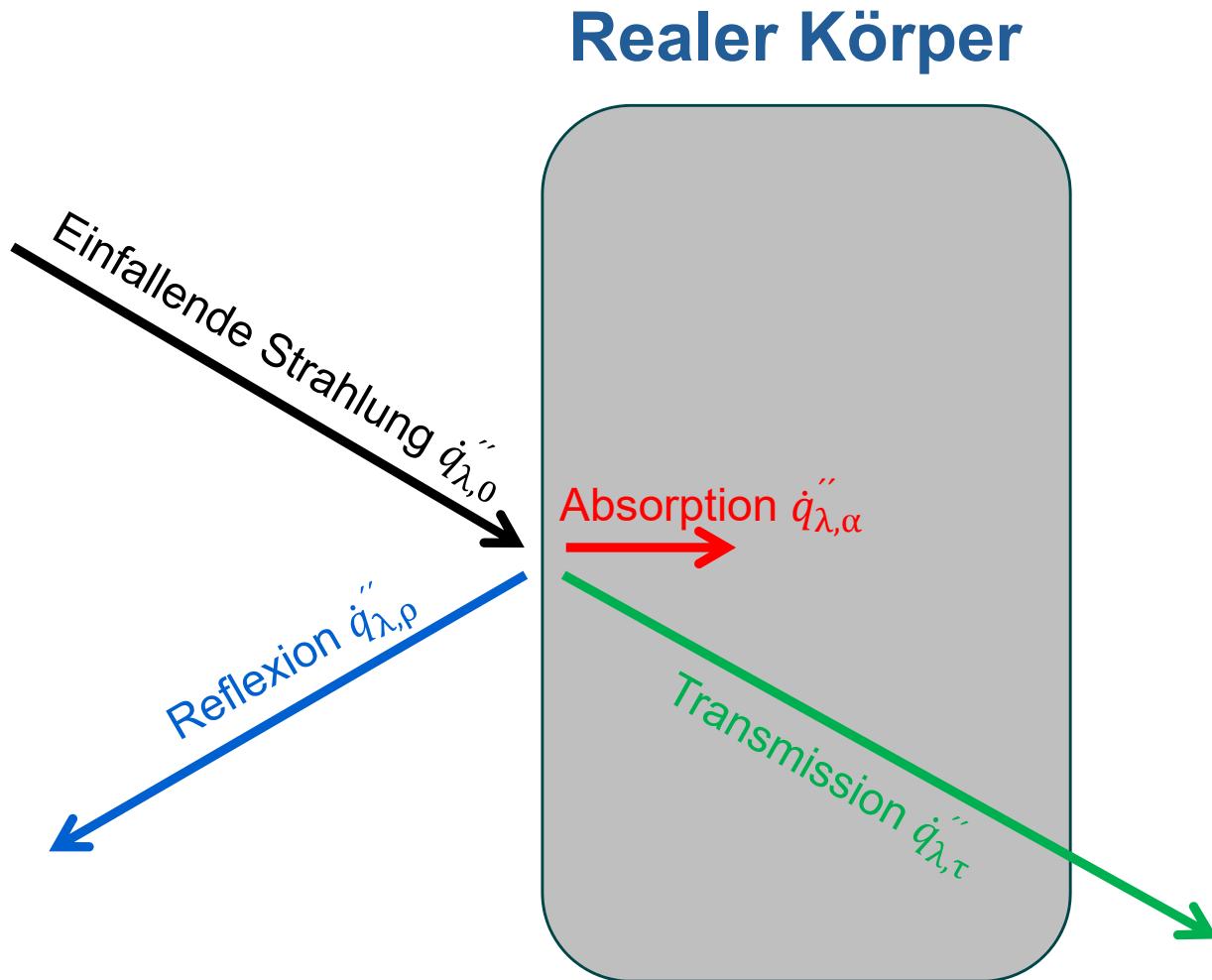


# Wellenlängenabhängigkeit der Strahlungseigenschaften

---



# Strahlungsaufteilung am realen Körper



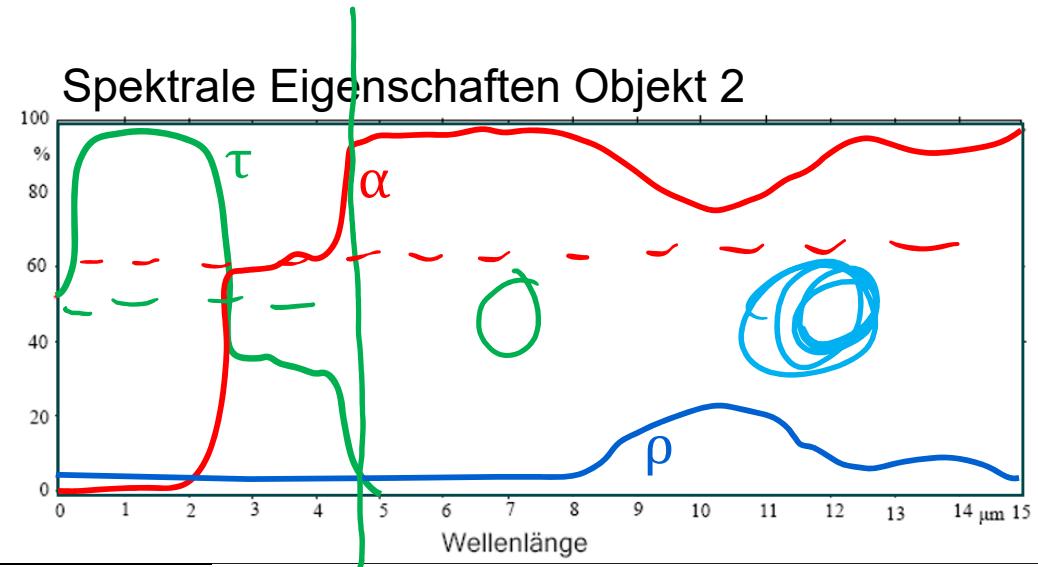
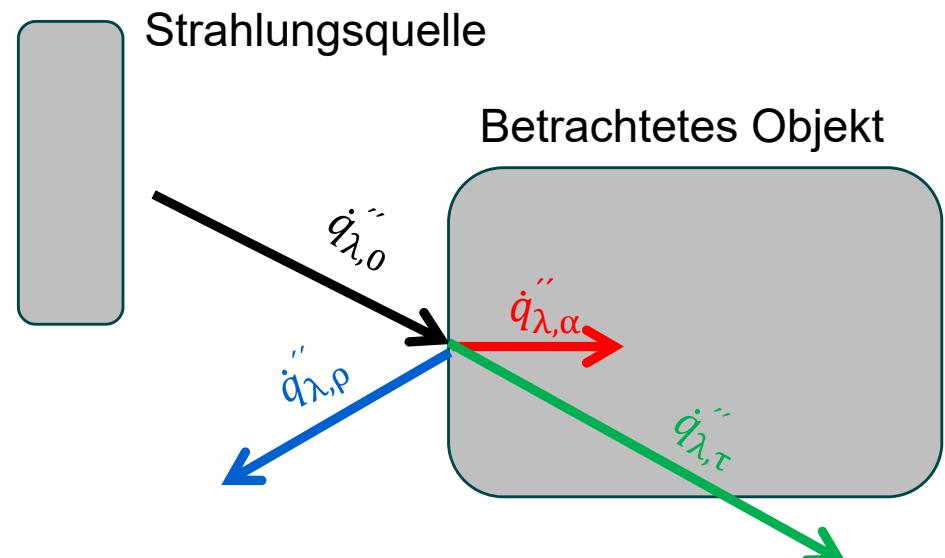
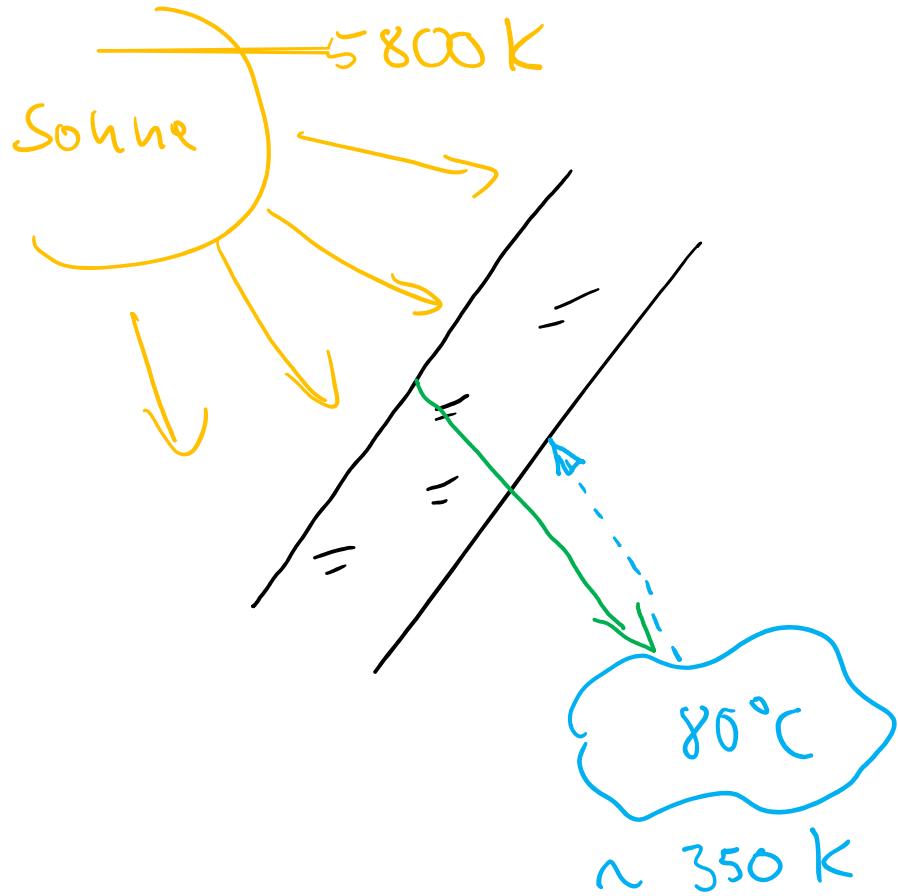
**Aufteilung der Strahlung**

$$\dot{q}_{\lambda,0}'' = \dot{q}_{\lambda,\rho}'' + \dot{q}_{\lambda,\alpha}'' + \dot{q}_{\lambda,\tau}''$$
$$1 = \frac{\dot{q}_{\lambda,\rho}''}{\dot{q}_{\lambda,0}''} + \frac{\dot{q}_{\lambda,\alpha}''}{\dot{q}_{\lambda,0}''} + \frac{\dot{q}_{\lambda,\tau}''}{\dot{q}_{\lambda,0}''}$$
$$1 = \rho(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda)$$

**Körpereigenschaften**

- Reflexionsgrad  $\rho(\lambda)$
- Absorptionsgrad  $\alpha(\lambda)$
- Transmissionsgrad  $\tau(\lambda)$

# Wellenlängenabhängige Eigenschaften (z. B. von Fensterglas)



# Wellenlängenabhängige Eigenschaften (z. B. von Fensterglas)

## Gemittelte optische Eigenschaften

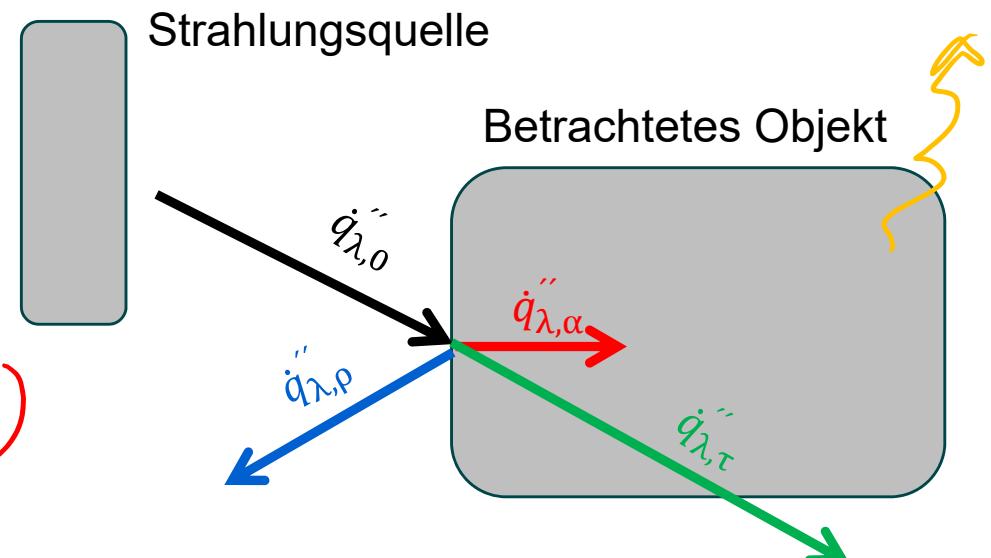
$$\bar{\rho} = \rho = \frac{\dot{q}_{\rho}}{\dot{q}_0} = \frac{\int_0^{\infty} \rho(\lambda) \dot{q}_{\lambda,0} d\lambda}{\int_0^{\infty} \dot{q}_{\lambda,0} d\lambda}$$

$$\alpha = \frac{\dot{q}_{\alpha}}{\dot{q}_0} = \frac{\int_0^{\infty} \alpha(\lambda) \dot{q}_{\lambda,0} d\lambda}{\int_0^{\infty} \dot{q}_{\lambda,0} d\lambda}$$

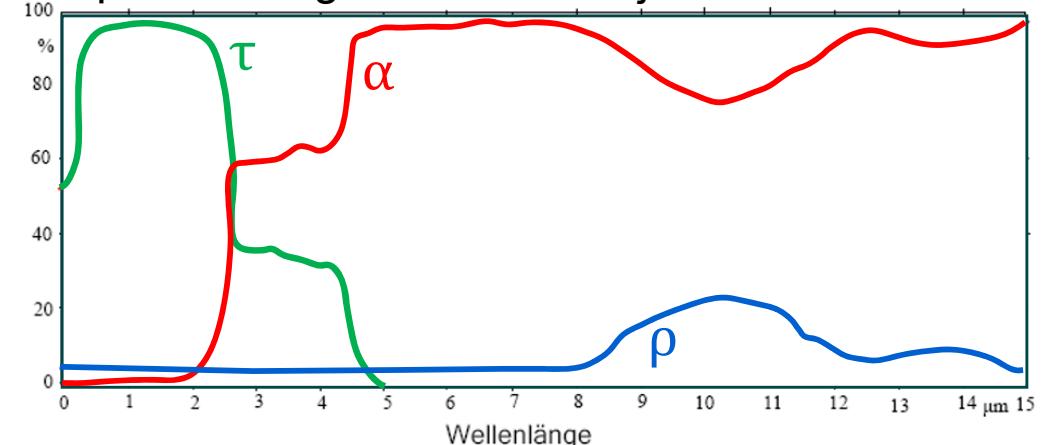
$$\tau = \frac{\dot{q}_{\tau}}{\dot{q}_0} = \frac{\int_0^{\infty} \tau(\lambda) \dot{q}_{\lambda,0} d\lambda}{\int_0^{\infty} \dot{q}_{\lambda,0} d\lambda}$$

$$1 = \rho + \alpha + \tau$$

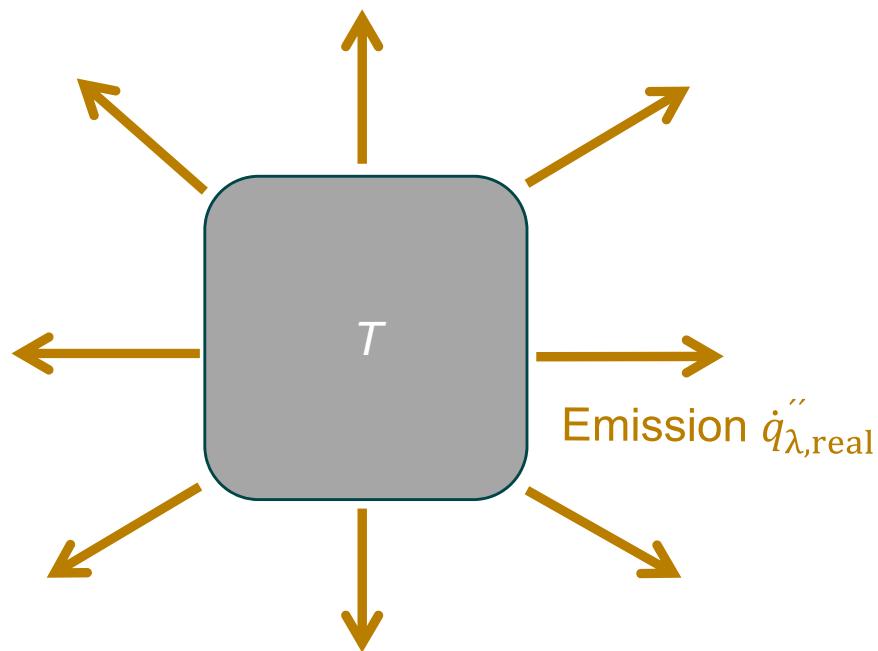
Bei der Interaktion von Strahlung einer beliebigen Quelle mit einem Objekt:  
 → Eigenschaften von Quelle und Objekt beeinflussen das Ergebnis.



Spektrale Eigenschaften Objekt 2

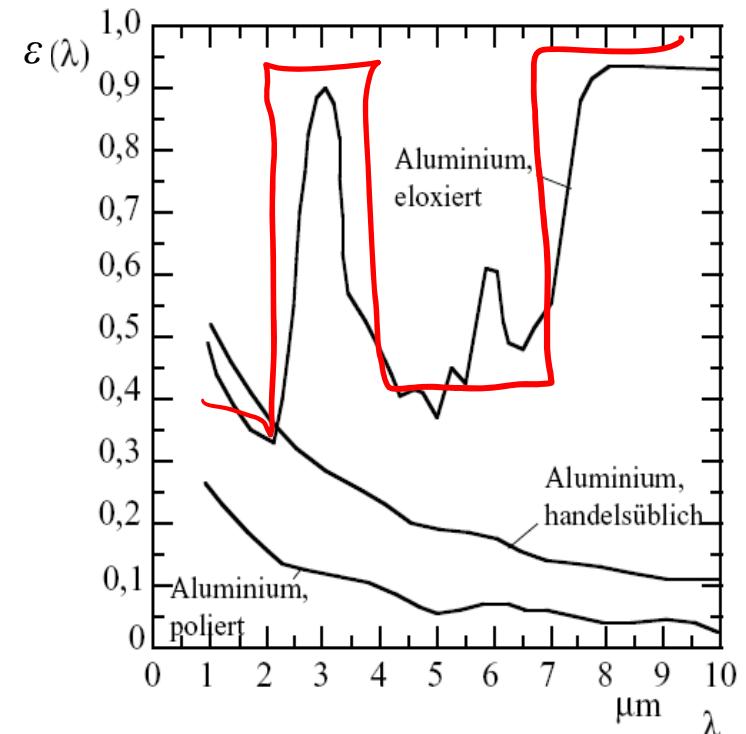


# Spektrale Emission realer Körper/Objekte



Jeder Körper mit  $T > 0 \text{ K}$  emittiert Wärmestrahlung

Der **Emissionsgrad**  $\varepsilon$  eines Körpers gibt an, wie viel Strahlung dieser in Vergleich zu einem **schwarzen Körper** abgibt.



## Definition Emissionsgrad

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{\dot{q}''_{\lambda, \text{real}}(T)}{\dot{q}''_{\lambda, \text{schwarz}}(T)} ; 0 \leq \varepsilon \leq 1$$

# Spektrale Emission realer Körper

<https://www.youtube.com/watch?v=RFklu4nv55g>



Physik: Einführung in die Wärmelehre, Matthias Kohl

# Spektrale Emission realer Körper

<https://www.youtube.com/watch?v=RFklu4nv55g>

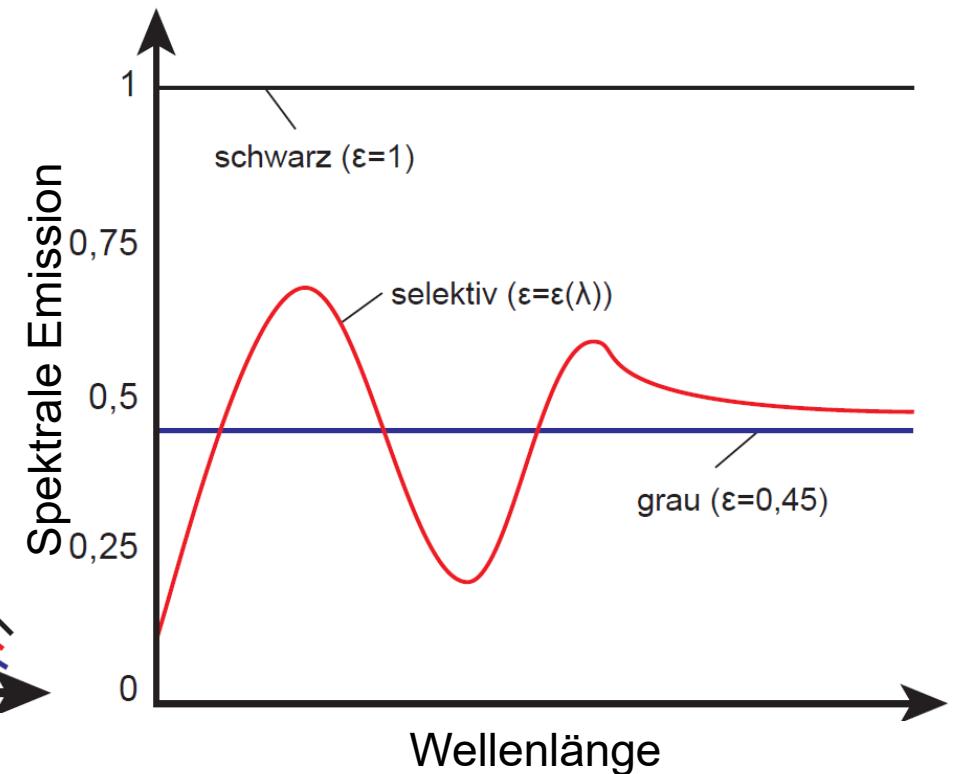
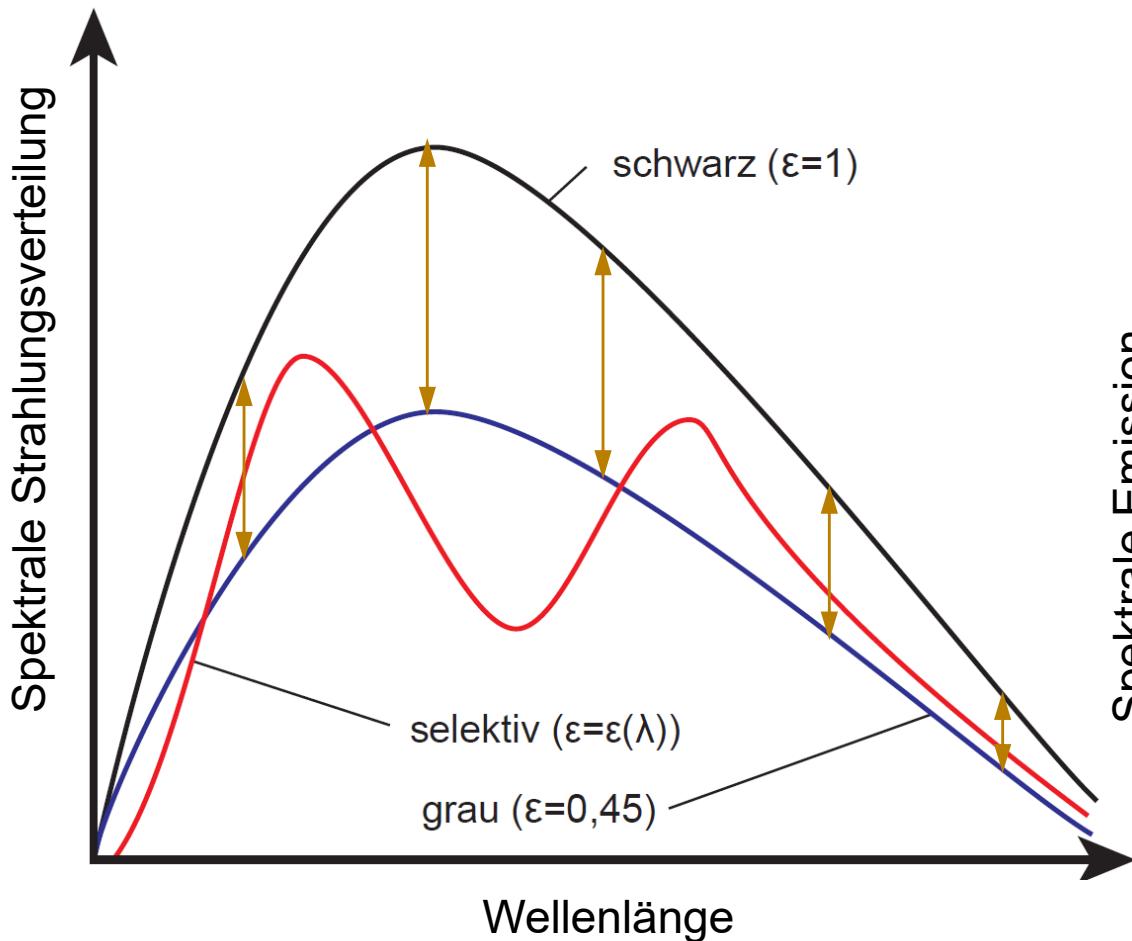


## Was zeigt das Video?

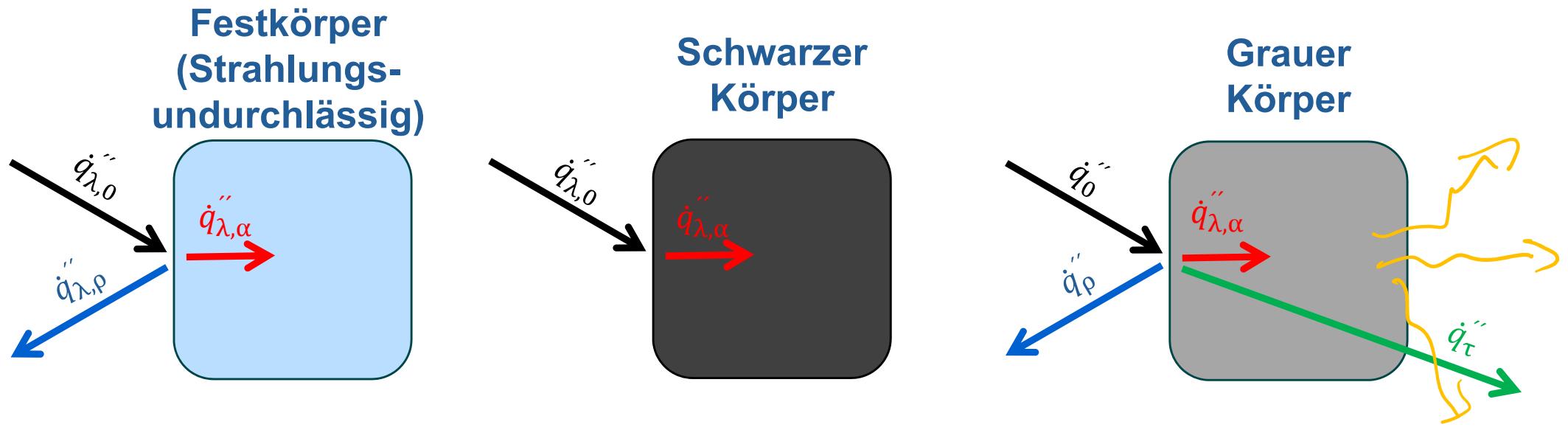
- Strahlungsemision = f(Oberflächeneigenschaften und Temperatur)
- IR-Kamera nimmt Strahlungsintensität wahr, keine Temperaturen
- Zuordnung von Bildinhalt und Temperatur → Software
- Thermografie-Bilder mit verschiedenen Gegenständen → Temp.zuordnung i.d.R. nicht korrekt

# Spektrale Intensitätsverteilung realer Körper

Schwarz, Grau und reale Körper



# Sonderfälle



## Eigenschaften

- Keine Transmission
- $\tau(\lambda) = 0$

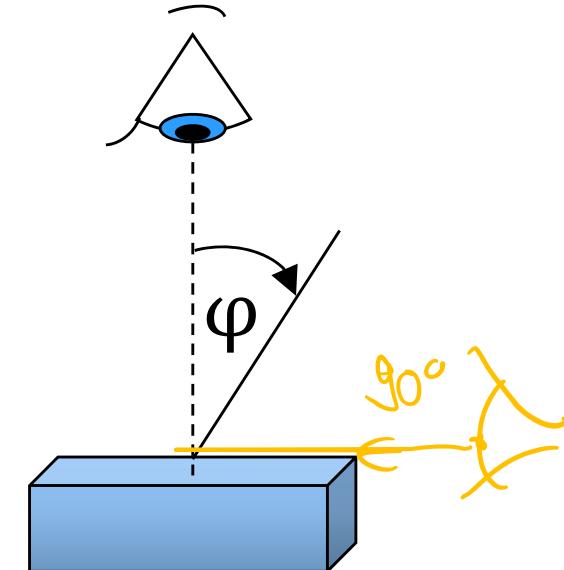
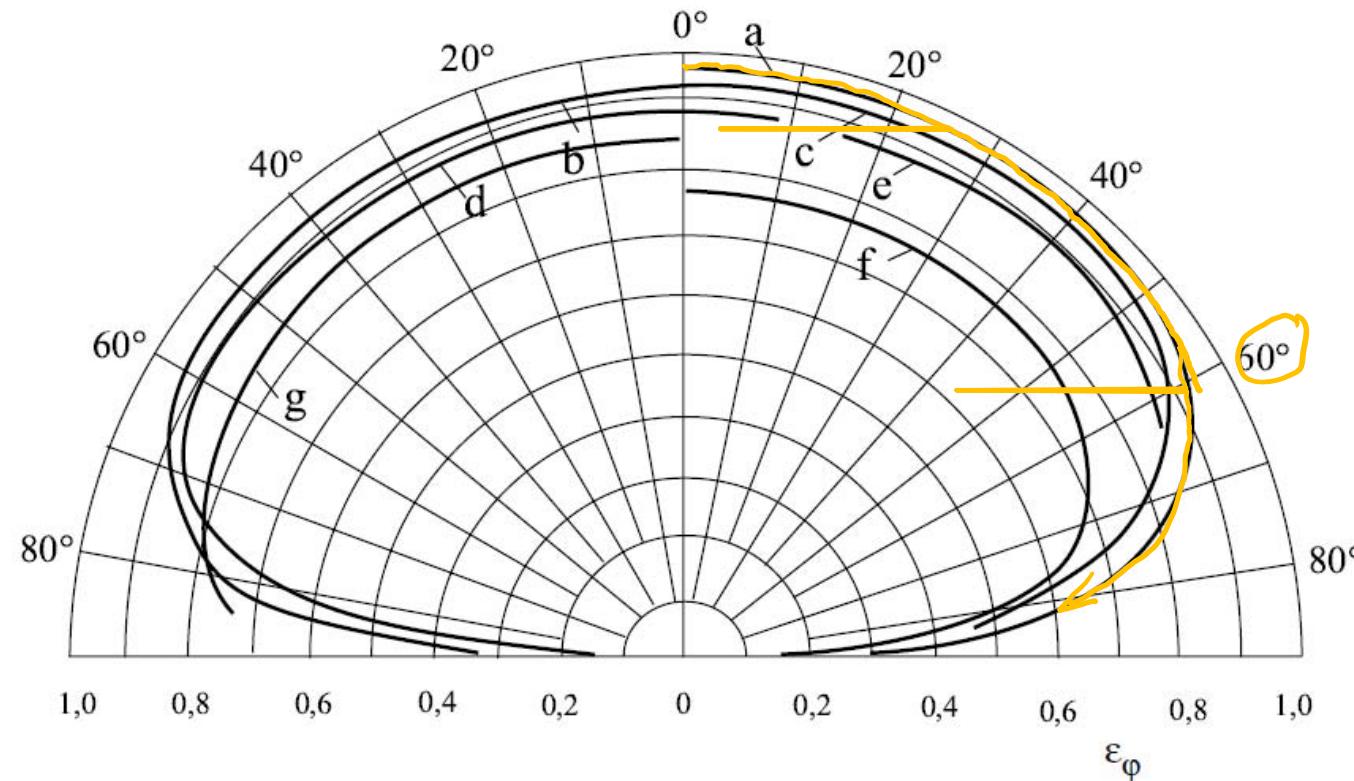
## Eigenschaften

- Absorption der gesamten einfallenden Strahlung
- $\rho(\lambda) = \rho = 0$
- $\alpha(\lambda) = \alpha = 1$
- $\tau(\lambda) = \tau = 0$

## Eigenschaften

- Wellenlängen-**unabhängige** Eigenschaften
- $\rho(\lambda) = \rho$
- $\alpha(\lambda) = \alpha$
- $\tau(\lambda) = \tau$

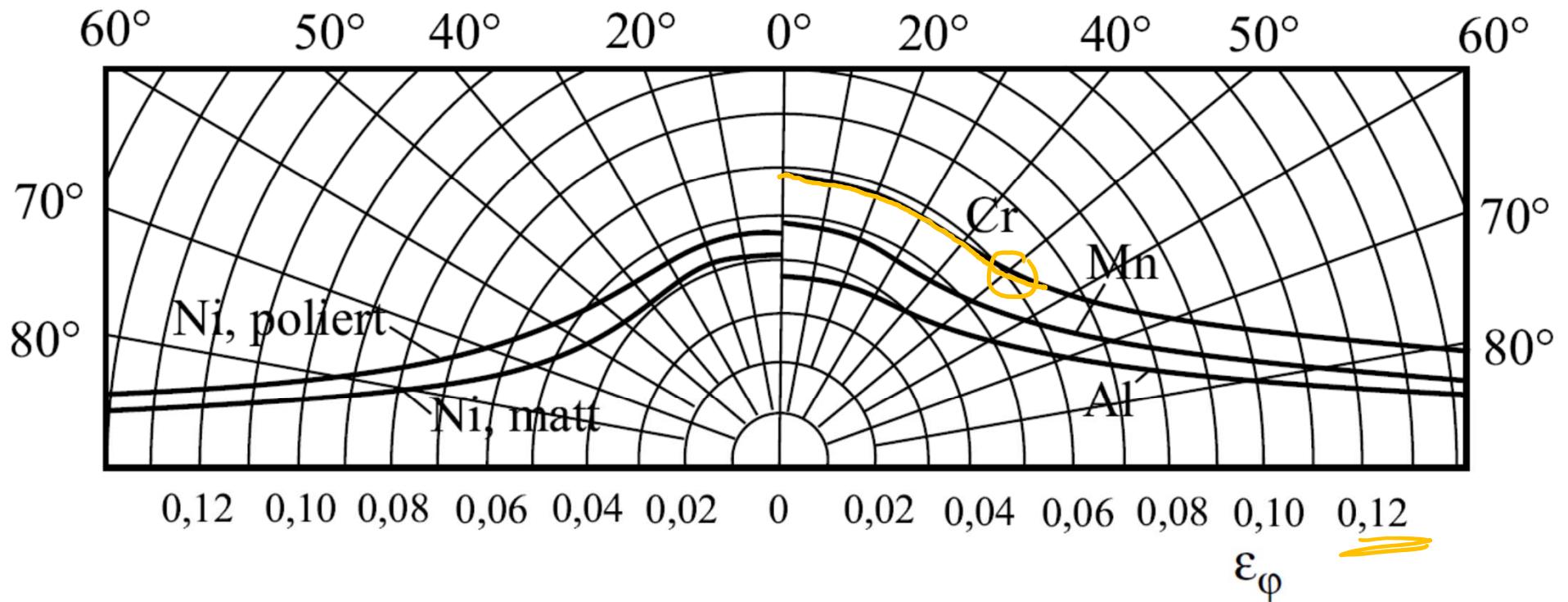
# Winkelabhängigkeit Strahlungseigenschaften: nichtleitende Materialien



Nichtleiter

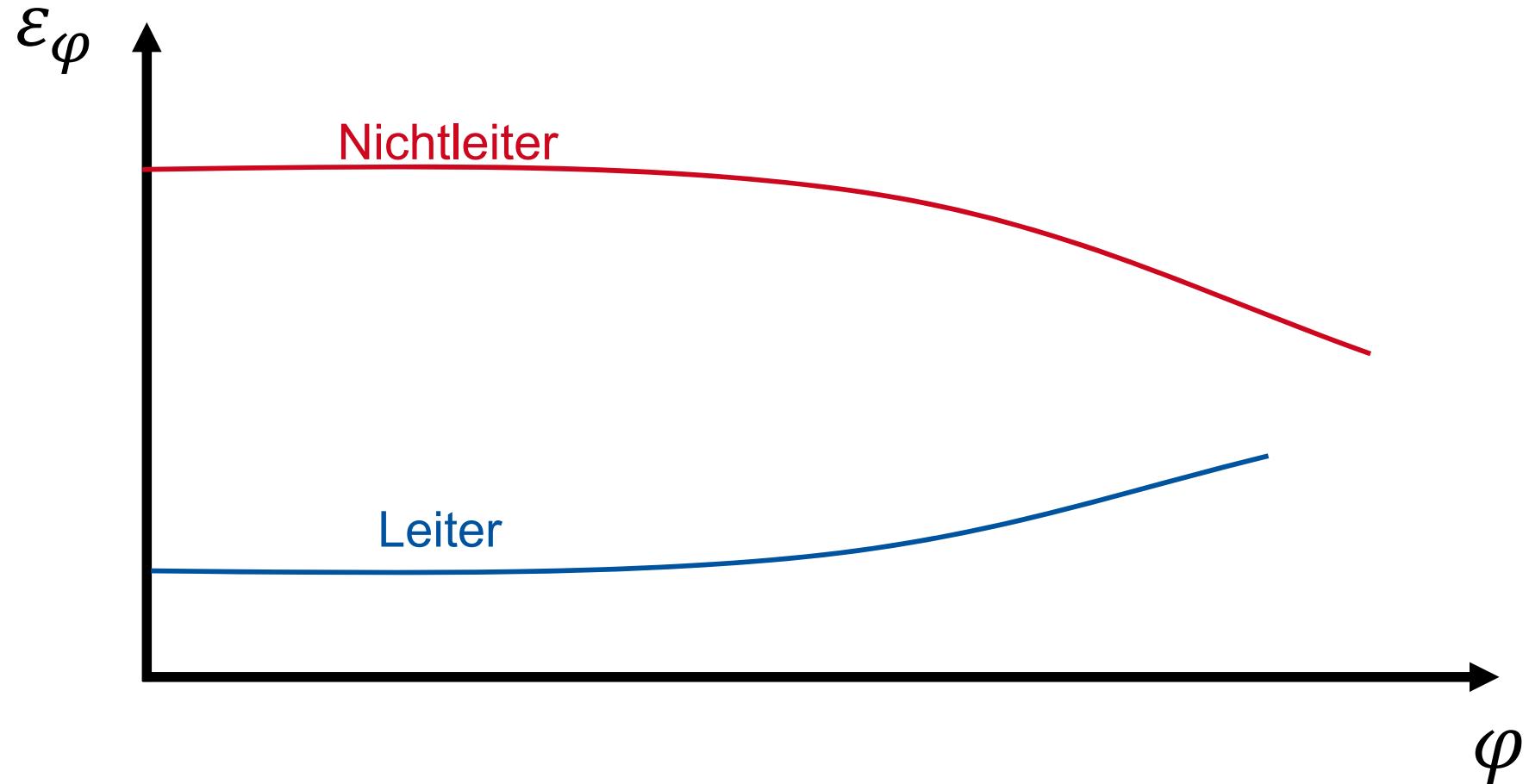
- (a) nasses Eis, (b) Holz, (c) Glas, (d) Papier, (e) Kreide, (f) Kupferoxid, (g) Aluminiumoxid  
bei Raumtemperatur

# Winkelabhängigkeit Strahlungseigenschaften: leitende Materialien

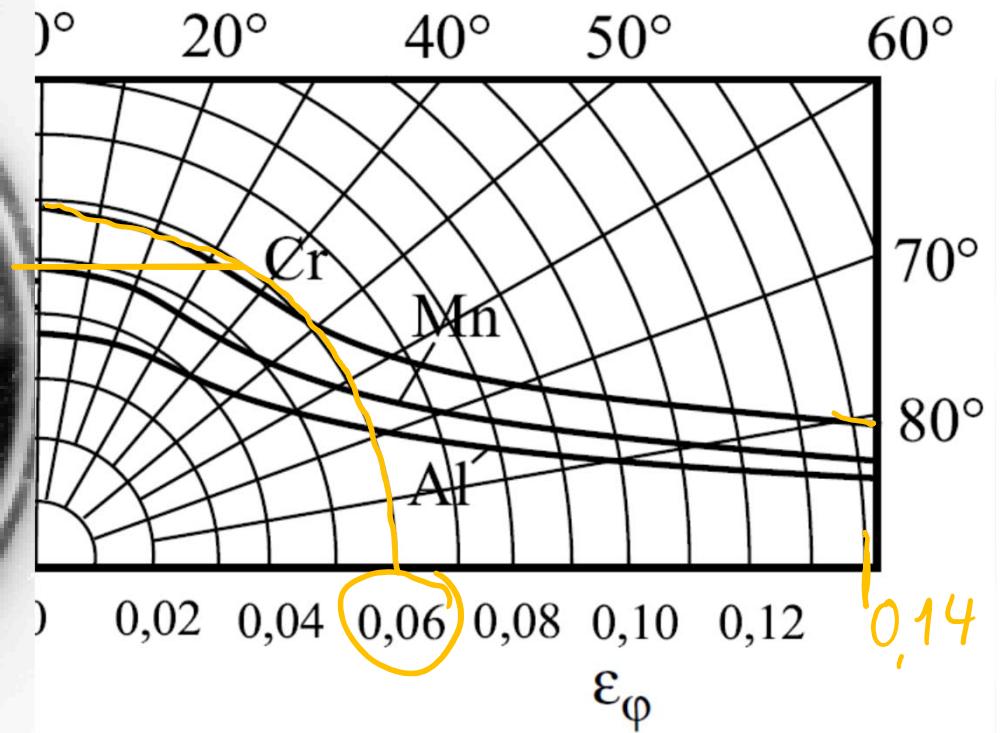


# Winkelabhängigkeit

---



# Winkelabhängigkeit Strahlungseigenschaften: Beispiel



# Verständnisfragen

---

**In welche Anteile wird Strahlung, die auf einen Körper trifft, aufgeteilt (realer Körper)?**

**Worin unterscheiden sich ein schwarze, graue und reale Körper (wellenlängenspezifisch)?**

# Sicherheitshinweis



- Unsere **Kleidung** weist bei Dunkelheit „**Schwarzkörperverhalten**“ auf
- Leider **adaptieren** unsere **Augen** und suggerieren uns, dass man eigentlich noch gut sieht  
⇒ das ist ein **trägerischer Irrtum**
- **Tragen Sie irgendetwas Reflektierendes, das erhöht Ihre Sichtbarkeit gewaltig**



## Bildunterschrift:

DVR gibt Tipps für mehr Sicherheit in Herbst und Winter / Gute Sichtbarkeit ist das A und O in der dunklen Jahreszeit. Darauf weist der Deutsche Verkehrssicherheitsrat (DVR) hin. Weiterer Text über ots und [www.presseportal.de/nr/17147](http://www.presseportal.de/nr/17147) / Die Verwendung dieses Bildes ist für redaktionelle Zwecke honorarfrei. Veröffentlichung bitte unter Quellenangabe: "obs/Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V."