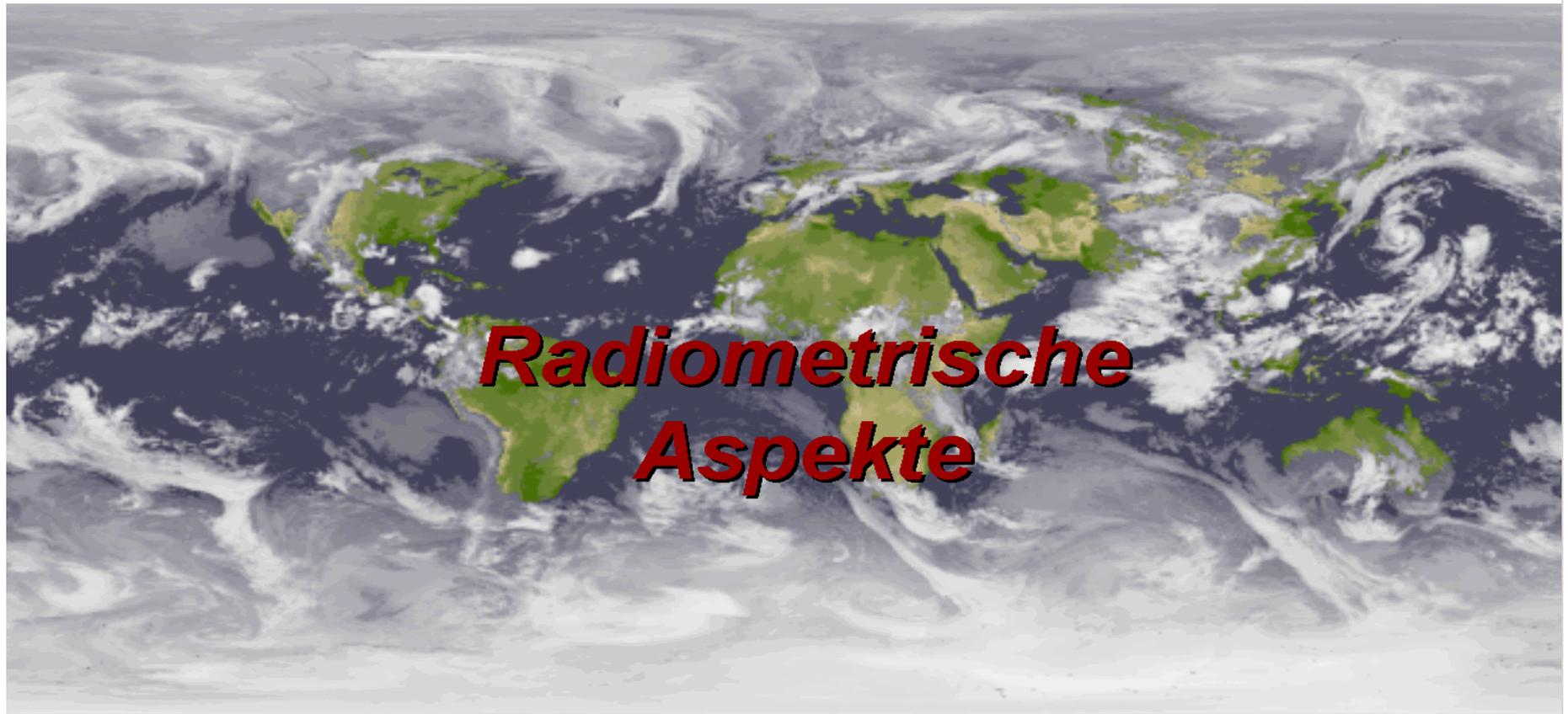
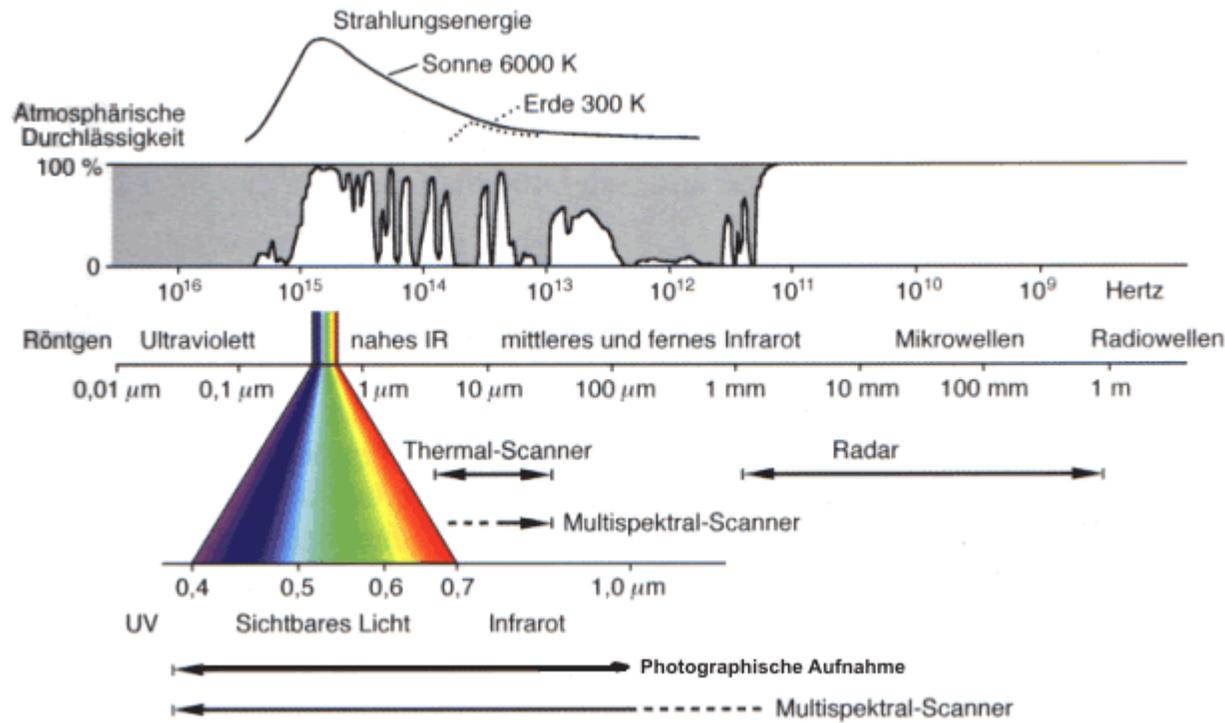


# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Bereiche elektromagnetischer Strahlung



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Bereiche elektromagnetischer Strahlung

### Sichtbares Licht (VIS)

Violett 400 - 440 nm

Blau 440 - 500 nm

Grün 500 - 570 nm

Gelb 570 - 590 nm

Orange 590 - 620 nm

Rot 620 - 700 nm

### Infrarot (IR)

Nahes IR (NIR)

Mittleres IR

Thermal (THIR)

0,7 - 1,0  $\mu\text{m}$

1,0 - 3,0  $\mu\text{m}$

3,0  $\mu\text{m}$  - 1 mm

### Mikrowellen (Radar)

Ka-Band 0,7 - 1,0 cm

X-Band 2,4 - 4,5 cm

C-Band 4,5 - 7,5 cm

L-Band 15 - 30 cm

P-Band 60 - 300 cm



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Begriffe

$$c = \nu \cdot \lambda$$

Lichtgeschwindigkeit  $299.8 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

$\nu$                       Frequenz [Hz]

$\lambda$                       Wellenlänge [m]

$$Q = h \cdot \nu$$

$h$  Plancksches Wirkungsquantum [Js]

$$\Phi$$

Strahlungsfluss [W]

Übertragungsrate der Energie

$$\Phi = dQ/dt$$

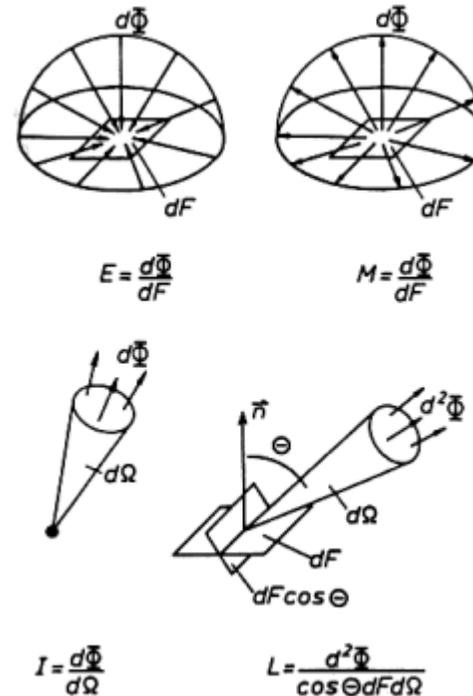
Integral über Fläche und Raumwinkel  $\Omega = F/r^2$



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Begriffe

- **Bestrahlungsstärke (irradiance)**  
 $E = d\Phi / dF \quad [\text{W}/\text{m}^2]$
- **spezifische Ausstrahlung (radiant exitance)**  
 $M = d\Phi / dF \quad [\text{W}/\text{m}^2]$
- **Strahlstärke (radiant intensity)**  
 $I = d\Phi / d\Omega \quad [\text{W}/\text{sr}]$   
 i.a. richtungsabhängig
- **Strahldichte (radiance)**  
 $L = d^2\Phi / (\cos\theta \cdot dF \cdot d\Omega) \quad [\text{W}/(\text{m}^2\text{sr})]$  orts- und richtungsabhängig



Quelle: Kraus/Schneider (1988) Fernerkundung

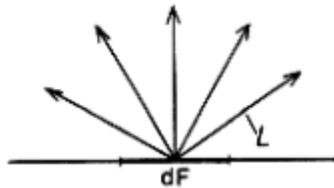
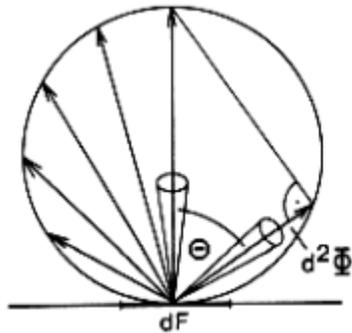
# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Begriffe

$$dM = d^2\Phi / dF = L \cdot \cos\theta \cdot d\Omega \quad M = \int_{\text{Halbraum}} L \cdot \cos\theta \cdot d\Omega$$

mit  $L$  richtungsunabhängig

$$M = L \int_{\text{Halbraum}} \cos\theta \cdot d\Omega = \pi \cdot L \quad \text{Eigenschaft Lambertscher Strahler}$$



Quelle: Kraus/Schneider (1988) Fernerkundung

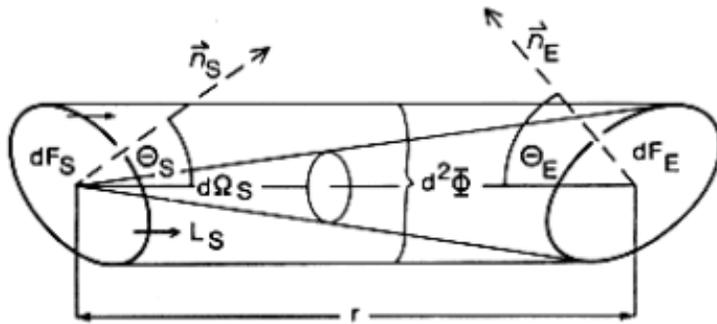


# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Strahlungsfluss

$$d^2\Phi = L_S \cdot \cos\theta_S \cdot \cos\theta_E \cdot dF_S \cdot d\Omega_S$$

$$\Phi = \int_{\text{Sender}} \int_{\text{Empfänger}} (L_S \cdot \cos\theta_S \cdot \cos\theta_E \cdot dF_S \cdot dF_E) / r^2$$



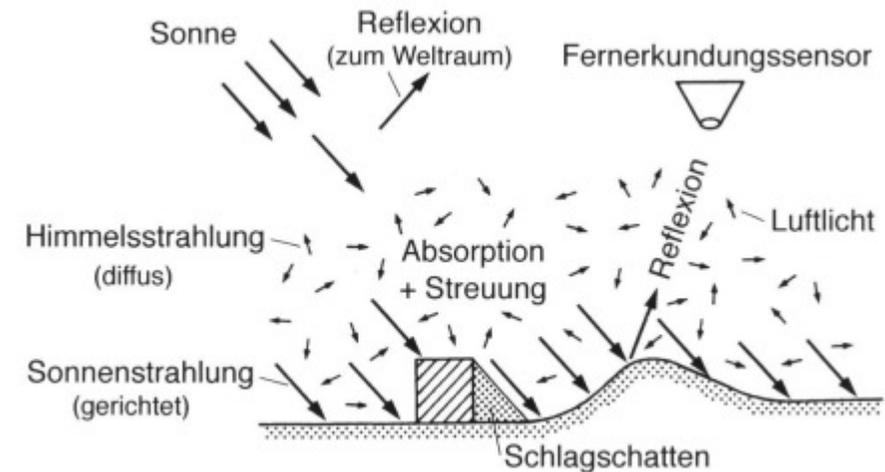
Quelle: Kraus/Schneider (1988) Fernerkundung



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

Welche Strahlung erfasst der Sensor ?

Strahlungsfluss	$\Phi$
Reflexionsgrad	$\rho = \Phi_r / \Phi$
Absorptionsgrad	$\alpha = \Phi_a / \Phi$
Transmissionsgrad	$\tau = \Phi_d / \Phi$
	$\rho + \alpha + \tau = 1$
Emmissionsgrad	$\varepsilon = \Phi_e / \Phi_s$
Kirchhoffsche Gesetz	$\varepsilon = \alpha$



Quelle: Albertz (2001) Einführung in die Fernerkundung



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Streuung

- **Raleigh-Streuung**  
Teilchengröße liegt weit unterhalb der Wellenlänge  $\lambda$  der Strahlung
- **Mie-Streuung**  
Teilgröße ungefähr in Größenordnung der Wellenlänge  $\lambda$
- **nicht-selektive Streuung**  
Teilchengröße groß im Verhältnis zur Wellenlänge  $\lambda$



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Extinktion

### Absorption

$$\Phi(x) = \Phi(0) \cdot e^{-\mu(\lambda) \cdot x} \quad \text{mit}$$

$\mu(\lambda)$ : Absorptionskoeffizient  
x: im Medium zurückgelegte  
Strecke

### Streuung

$$\Phi(x) = \Phi(0) \cdot e^{-\beta(\lambda) \cdot x} \quad \text{mit}$$

$\beta(\lambda)$ : spektraler  
Streukoeffizient

### Extinktion = Absorption + Streuung

$$\Phi(x) = \Phi(0) \cdot e^{-\beta_{\text{ext}}(\lambda) \cdot x} \quad \text{mit}$$

$$\beta_{\text{ext}}(\lambda) = \beta(\lambda) + \mu(\lambda)$$



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Extinktion

### spektrale optische Dicke:

$$\tau_{\text{ext}}(\lambda) = \beta_{\text{ext}}(\lambda) \cdot x$$

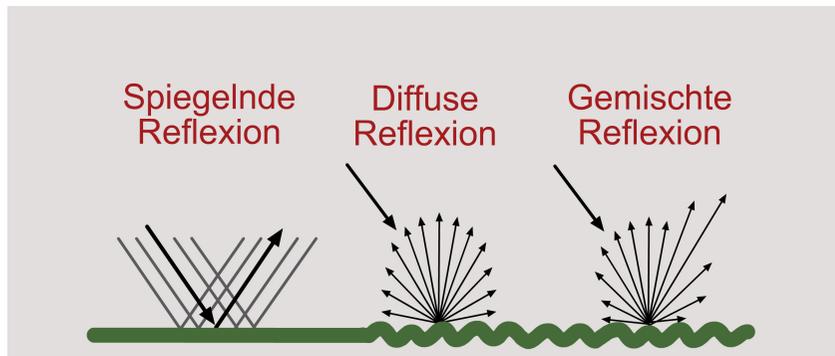
### Transmissionsgrad:

$$\tau(\lambda) = \Phi(x) / \Phi(0) \cdot e^{-\beta_{\text{ext}}(\lambda) \cdot x} = \Phi(x) / \Phi(0) \cdot e^{-\tau_{\text{ext}}(\lambda)}$$



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Reflexionsarten



Reflexion an Geländeoberfläche

### **Grenzflächenreflexion**

gerichtet „glatte“ Grenzfläche

diffus „rauhe“ Grenzfläche

### **Volumsreflexion**

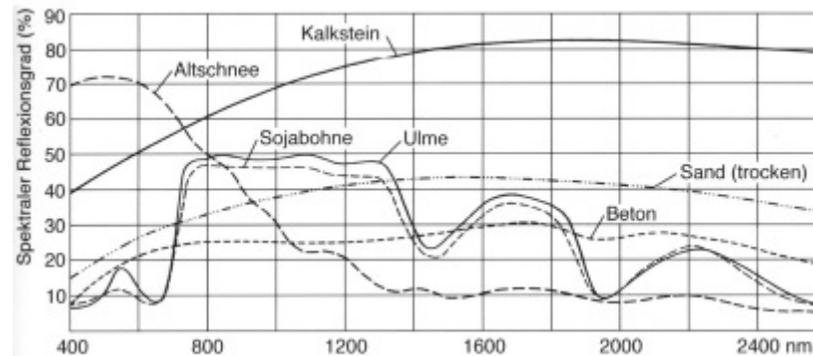
diffus



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

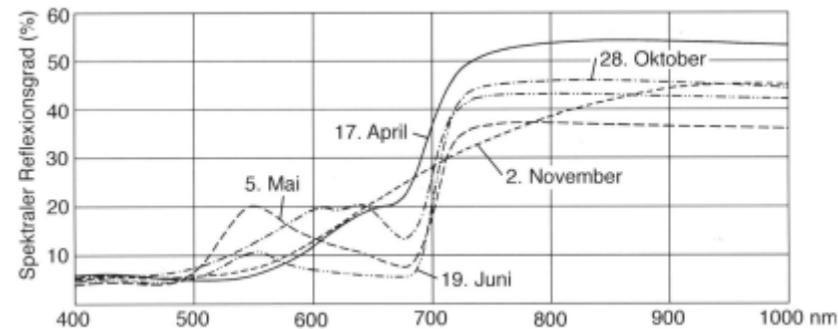
## Spektrale Reflexionsgrade

Abhängigkeit vom Material



Abhängigkeit vom Zeitpunkt

(Eichenlaub, nach Gates(1970))



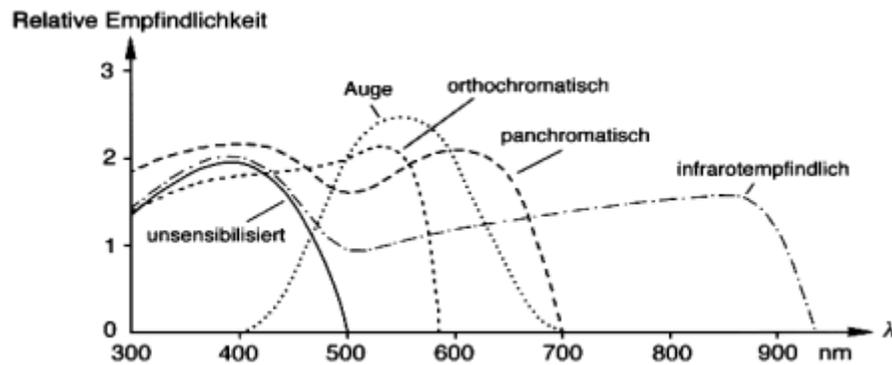
Quelle: Albertz (2001) Einführung in die Fernerkundung





# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Film

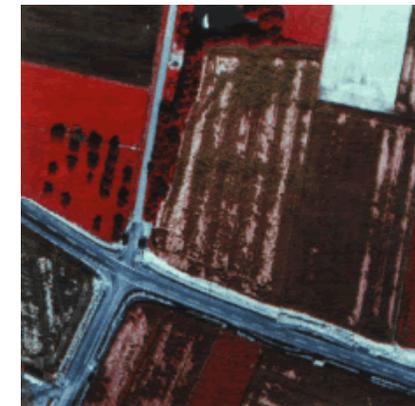
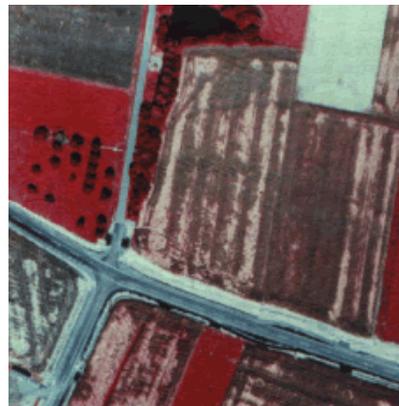
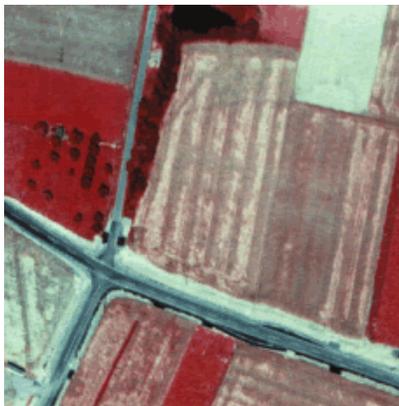
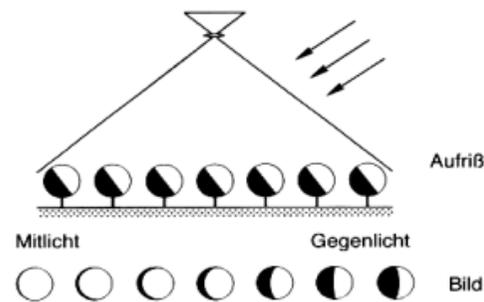


Quelle: Albertz (2001) Einführung in die Fernerkundung



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Einfluss Einstrahlungswinkel

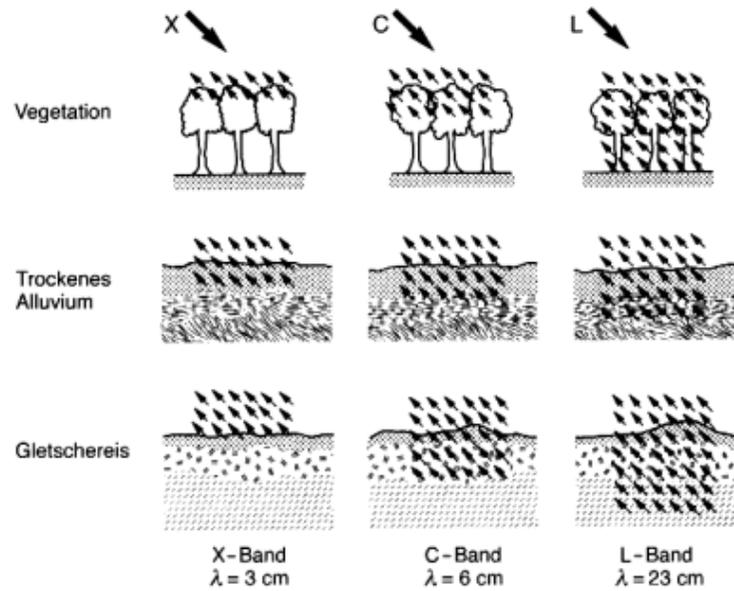


Quelle: Albertz (2001) Einführung in die Fernerkundung



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Eindringtiefen von Mikrowellen



X-Band (9.55 GHz)



P-Band (0.415 GHz)

Quelle: Albertz (2001) Einführung in die Fernerkundung



# Fernerkundung **Radiometrische Aspekte**

## Polarisation von Mikrowellen

- Polarisation: elektromagnetische Welle schwingt nur in einer ausgezeichneten Richtung
- Senden / Empfangen: VV, HV, VH, HH



