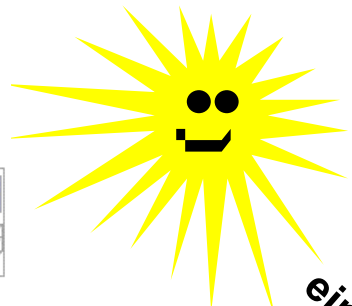
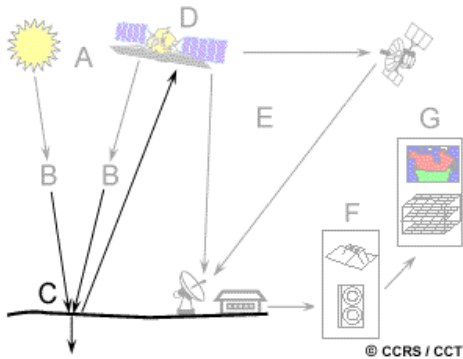


Wiederholung **Strahlung-Objekt-Interaktion**

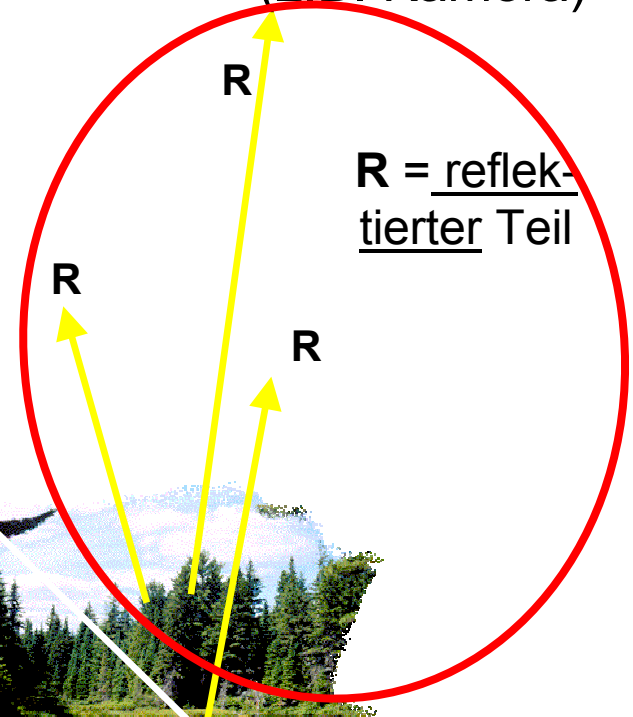


Energiequelle
(z.B. Sonne)

einfallende Strahlung (I)

FE-Sensor
(z.B. Kamera)

R = reflektierter Teil

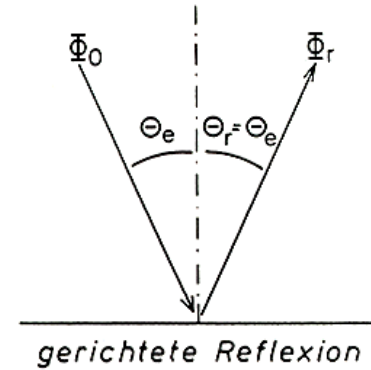
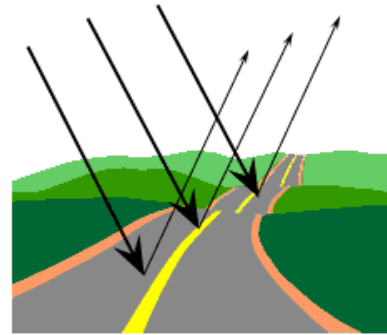


A = absorbierter Teil

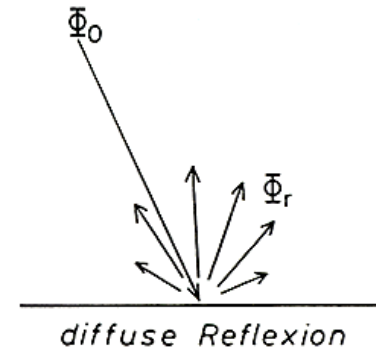
T = transmittierter Teil

Reflexion an der Geländeoberfläche **Unterscheidung**

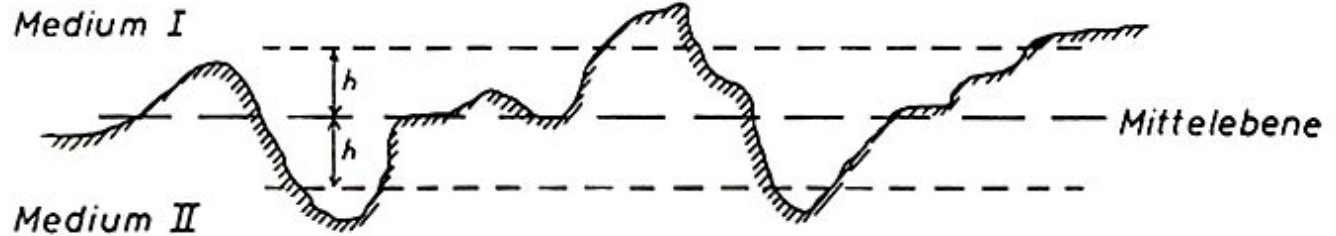
gerichtete Reflexion



diffuse Reflexion



Reflexion an der Geländeoberfläche



Charakterisierung der Oberflächenrauigkeit:

... eine Oberfläche ist für Strahlung der Wellenlänge λ , die unter dem Winkel Θ einfällt, glatt, wenn

$$h < \frac{\lambda}{8 \cdot \cos \Theta}$$

mit h ... Standardabweichung der Oberflächenunebenheiten

- Reflexion an glatten Oberflächen ist gerichtet (Spiegelung); Reflexion an rauhen Oberflächen ist diffus.
- für **sichtbares Licht** kann von allen natürlichen Geländeoberflächen nur eine ruhige Wasseroberfläche als glatt bezeichnet werden.

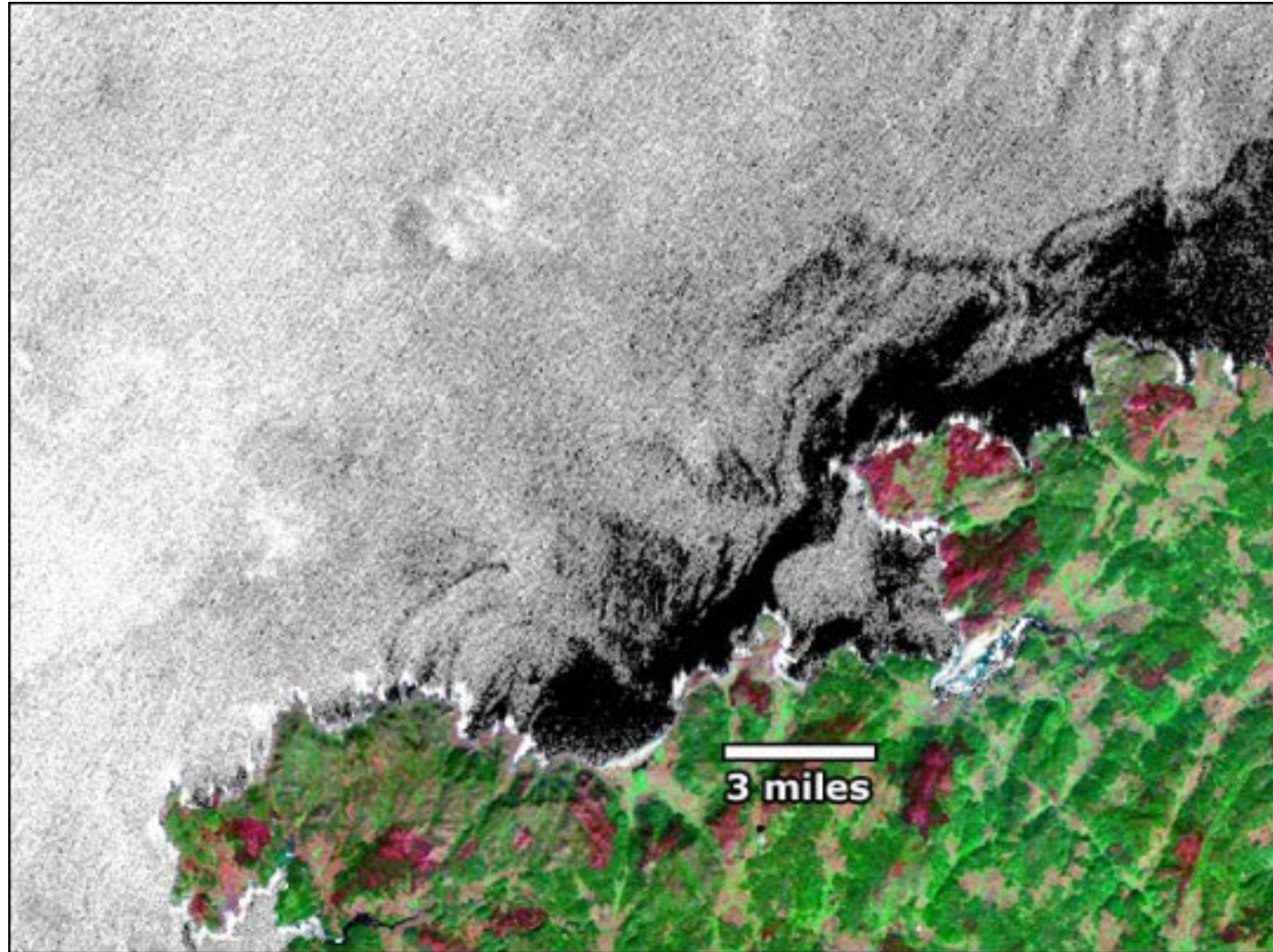
Reflexion an der Geländeoberfläche

Oil Slick Along the Spanish Coast (November 2002)

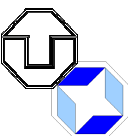
Data from the Canadian
RADARSAT satellite.

Black areas indicate the location of the slick on November 18. Oil slicks are visible from RADARSAT because the oil smooths the ocean surface. The surface of clean water is rough, so some of the radar waves are scattered back towards the instrument. Therefore, clean water appears bright.

The Spanish coast is shown in color with **Landsat data.**



Fernerkundung



Reflexion



- „geographische Fernerkundung“ arbeitet i.d.R. mit reflektierter Sonnenstrahlung!
- Daten sind meist ‚passiv‘ aufgezeichnete Reflexionswerte des sichtbaren ($0.4 - 0.7 \mu\text{m}$) und des sogenannten nahen Infrarotbereiches ($0.7 - \text{ca. } 3 \mu\text{m}$)
- Thermalstrahlung (mittleres und fernes IR, ca. $3-1000 \mu\text{m}$) und aktiv erzeugten Signale (z.B. Radar) sind für geographische Zwecke von nachrangiger Bedeutung
- Reflexion, Absorption und Transmission sind komplementär, gemessen wird nur die Reflexion!
- der prozentuale Anteil der Reflexion eines Objektes ist abhängig vom jeweiligen Spektralbereich (Wellenlänge) und von der Art des Objektes!

Reflexion

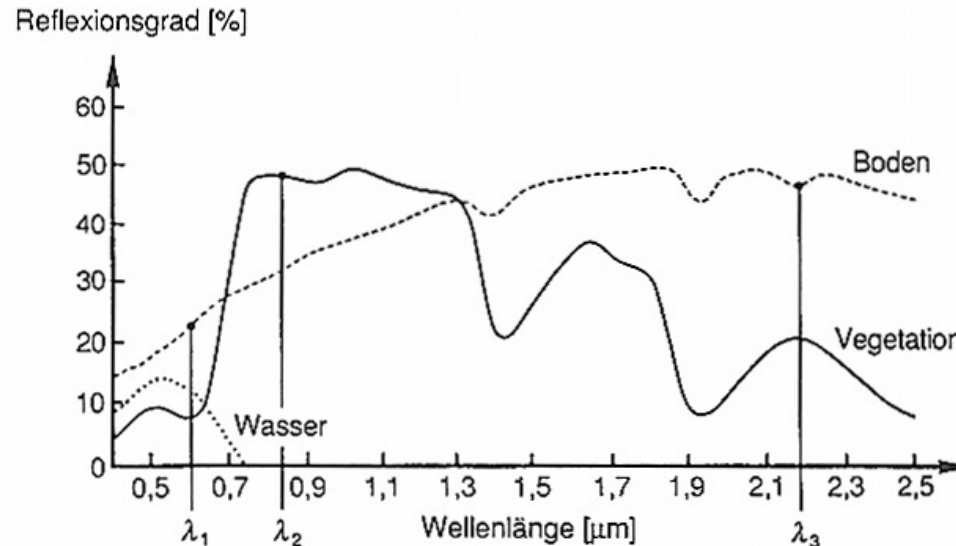


- Der FE-Sensor misst die Stärke der Reflexion.
- Die Stärke des Signals, d.h. der reflektierte Anteil der Strahlung ist **objekt- und wellenlängenabhängig**.
- Verschiedene Objektarten - z.B. Wasser, Vegetation, Boden/Gestein - weisen charakteristische Eigenarten bzgl. der Reflexionsanteile in verschiedenen Wellenlängenbereichen auf.
- Diese spezifischen Eigenarten bilden die sogenannten „Reflexionscharakteristika“ der Objektart.
- Die objektartenspezifischen Reflexionscharakteristika werden in der FE als „**spektrale Signatur**“ (spectral signature) bezeichnet.

Spektrale Signatur Das Ausmaß der objektbeschreibenden, reflektierten oder emittierten elektromagnetischen Strahlung in Funktion der Wellenlänge formt den Begriff der **spektralen Signatur**.

Die spektrale Signatur wird benötigt um

- verschiedene Objektarten voneinander abzugrenzen
- die jeweiligen Objektarten zu identifizieren.

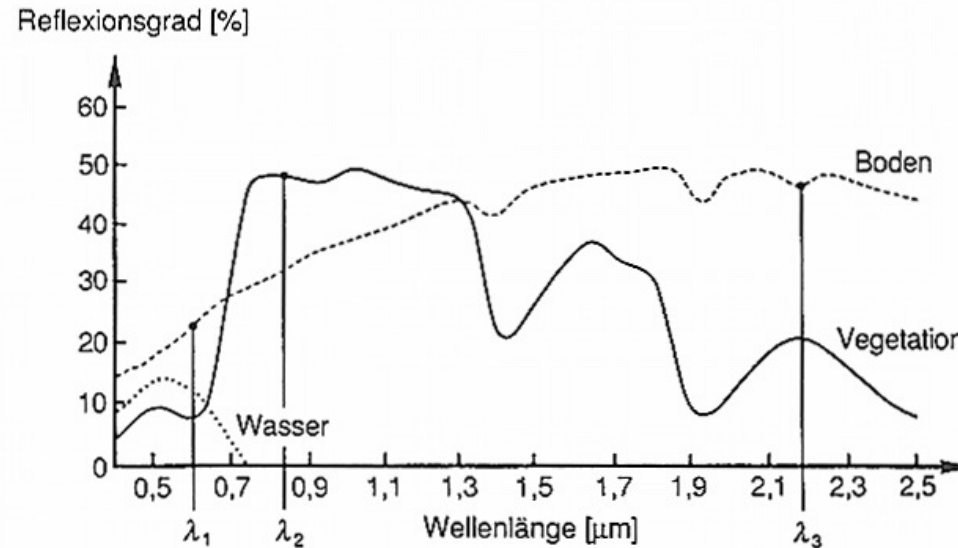


Quelle: Albertz (1991)

Spektrale Signaturen für Wasser, Vegetation und Boden

Ausgewählte spektrale Signaturen für

- Vegetation
- Wasser
- Gestein
- Boden



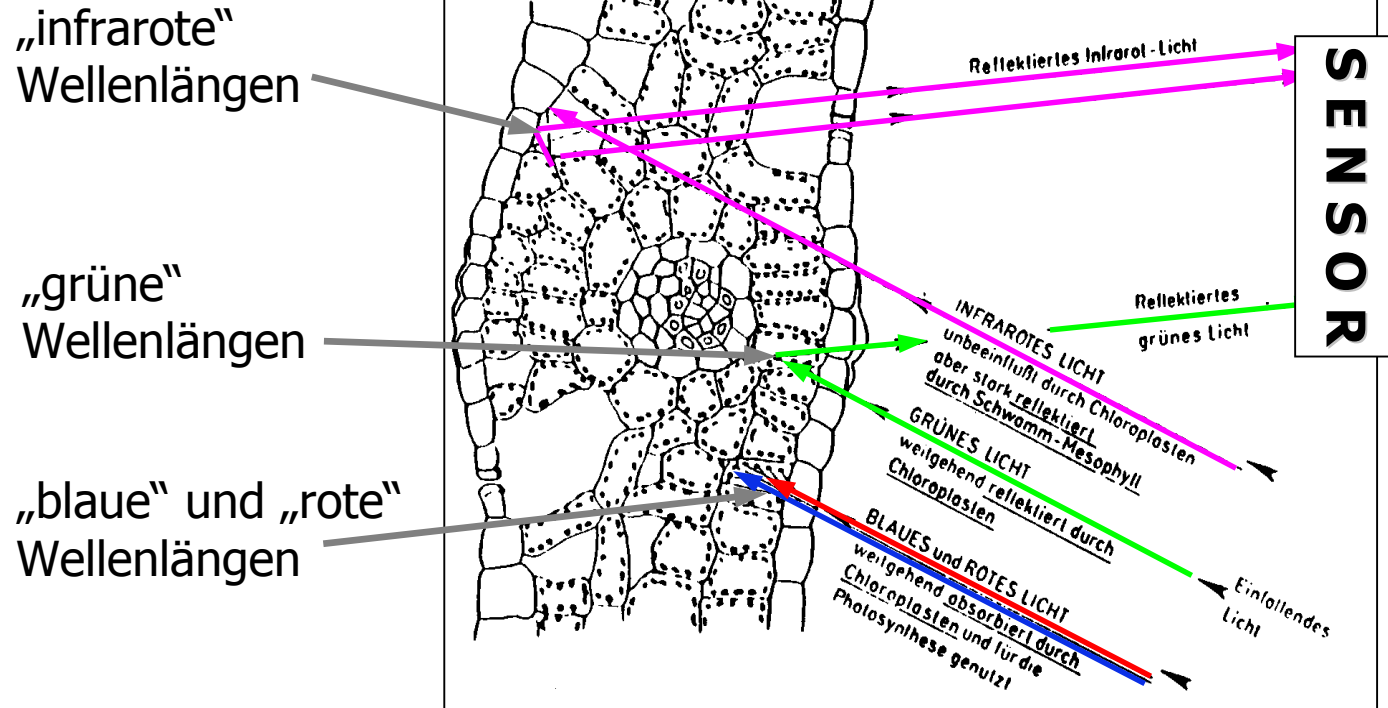
Quelle: Albertz (1991)

Spektrale Signaturen für Wasser, Vegetation und Boden

Ausgewählte spektrale Signaturen

Vegetation

Schematischer Blattquerschnitt



Quelle: Kronberg 1985, S. 50, nach Colwell 1963 (leicht verändert durch Christiansen, Uni Giessen)



Fernerkundung



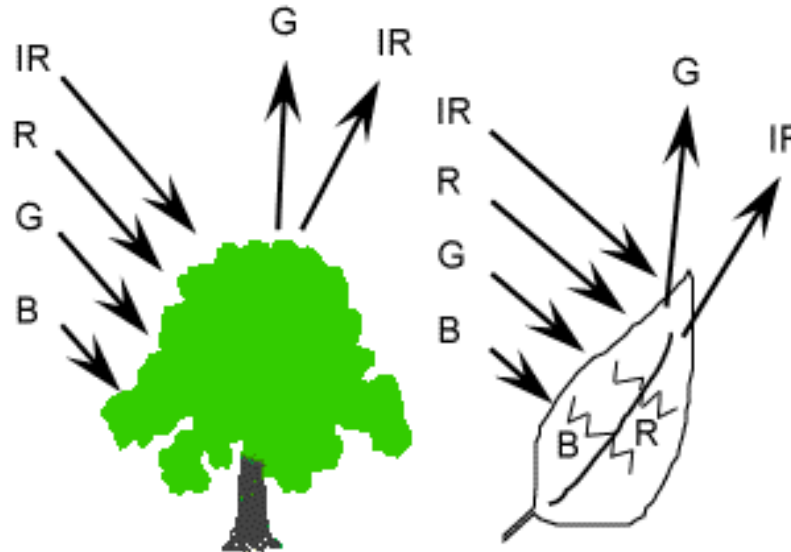
Ausgewählte spektrale Signaturen

Vegetation



zur Erinnerung ...

- I = ankommende Energie (Incident)
- A = Absorption
- T = Transmission
- R = Reflexion

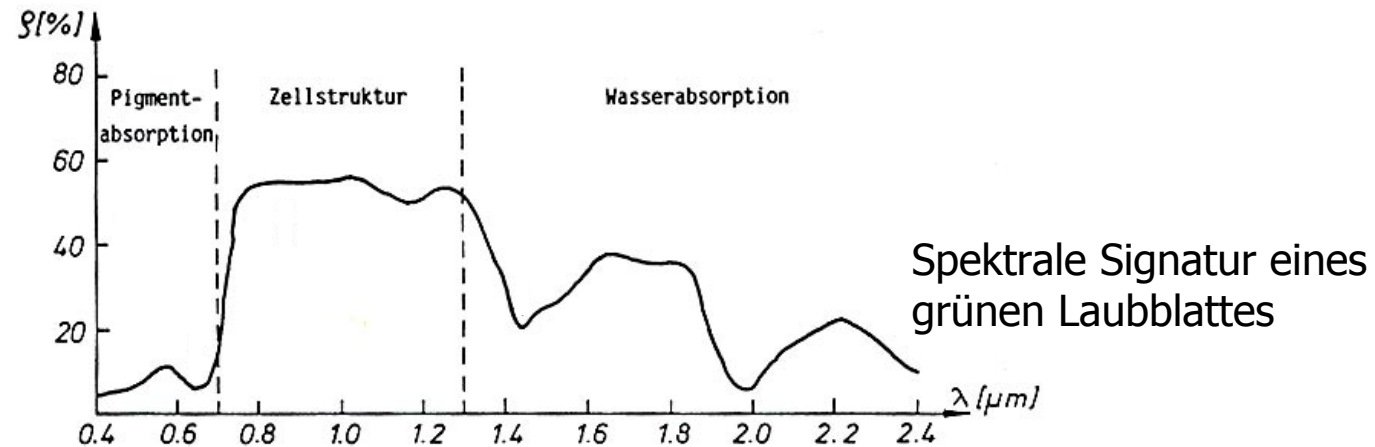


Fernerkundung



Ausgewählte spektrale Signaturen

Vegetation



- relativ geringe Gesamtreflexion im sichtbaren Bereich
- relatives Maximum im **grünen** Bereich
- geringe Reflexion im **blauen** und **roten** Bereich (Absorption der Blattpigmente, vor allem Chlorophyll)
- starker Anstieg im nahen IR-Bereich („red edge“) (Vielfachreflexionen in/an der Zellstruktur)
- Abnahme der Reflexion ab etwa 1,3 μm
- relative Reflexionsminima bei 1,45, 1,9 und 2,6 μm (Absorption durch Pflanzenwasser)

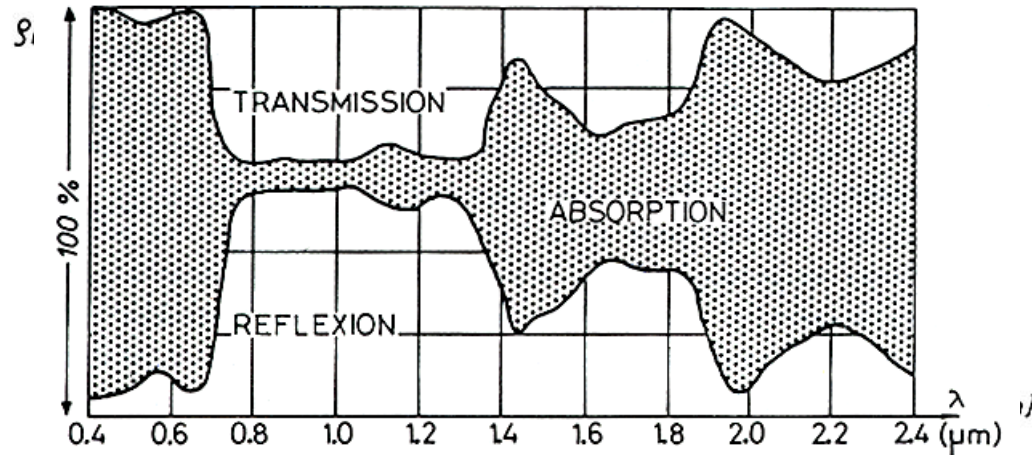


Fernerkundung



Ausgewählte spektrale Signaturen

Vegetation



Spektrale Reflexion, spektrale Transmission, spektrale Absorption: Reflektierte, absorbierte und transmittierte Strahlung als Anteil der auf ein Laubblatt auftreffenden Strahlung

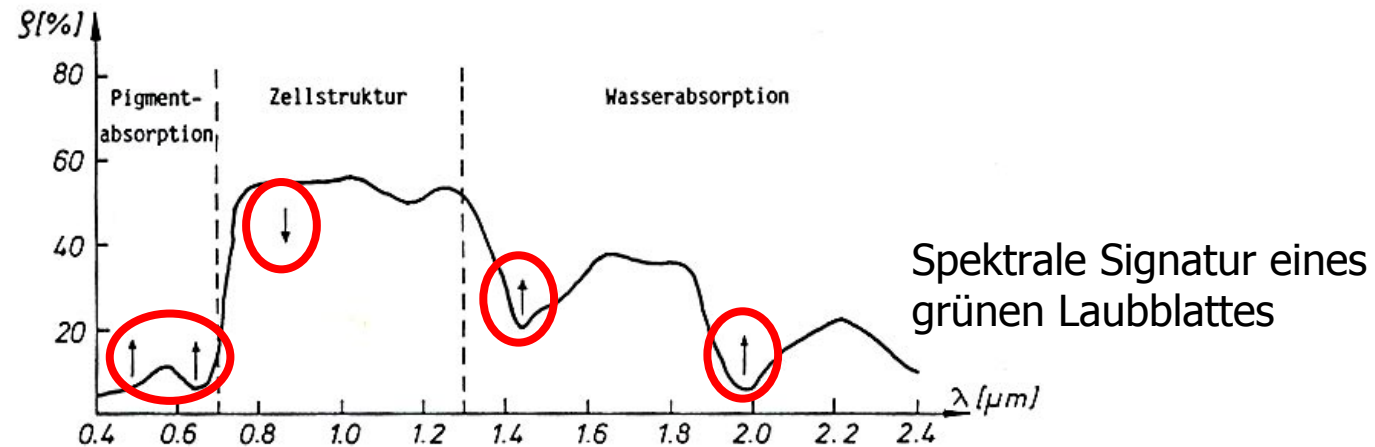


Fernerkundung



Ausgewählte spektrale Signaturen

Vegetation



Bei zunehmender Schädigung der Vegetation:

1. Zunahme der Reflexion im sichtbaren Bereich; insbesondere im roten Spektralbereich, da durch eingeschränkte Photosynthese auch verminderter Chlorophyllgehalt
2. Abnahme des Reflexionsgrades im nahen Infrarot durch Veränderung der Zellstruktur
3. Zunahme der Reflexion im mittleren Infrarot durch Abnahme des Wassergehaltes (weniger Absorption)



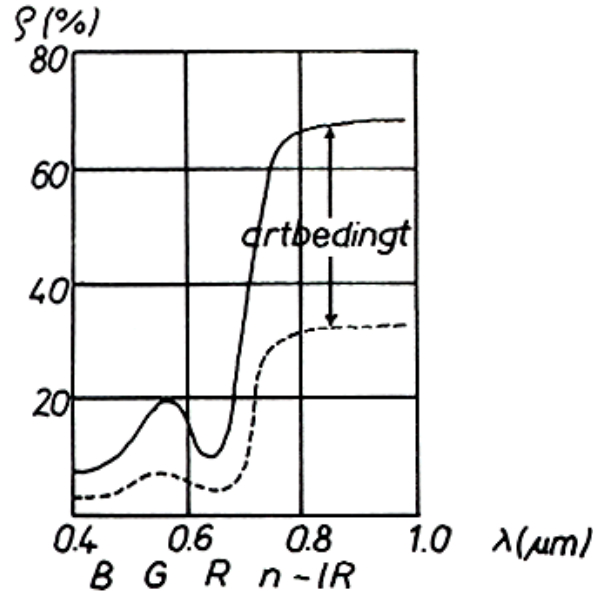
Fernerkundung



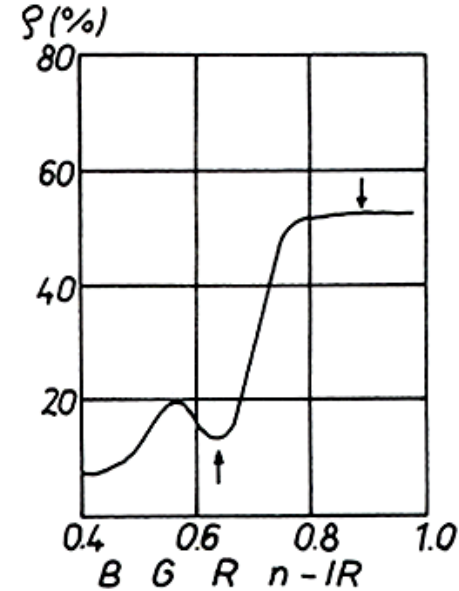
Ausgewählte spektrale Signaturen

Vegetation

Vegetationsarten



Vegetationsschäden



Spektrale Signatur für Laubbaumblätter in Abhängigkeit der Vegetationsart (links) und ihre Veränderung durch Schädigung der Vegetation (rechts)
(Vergleich der Kennlinie im rechten Schaubild mit der ausgezogenen Linie im linken Schaubild)

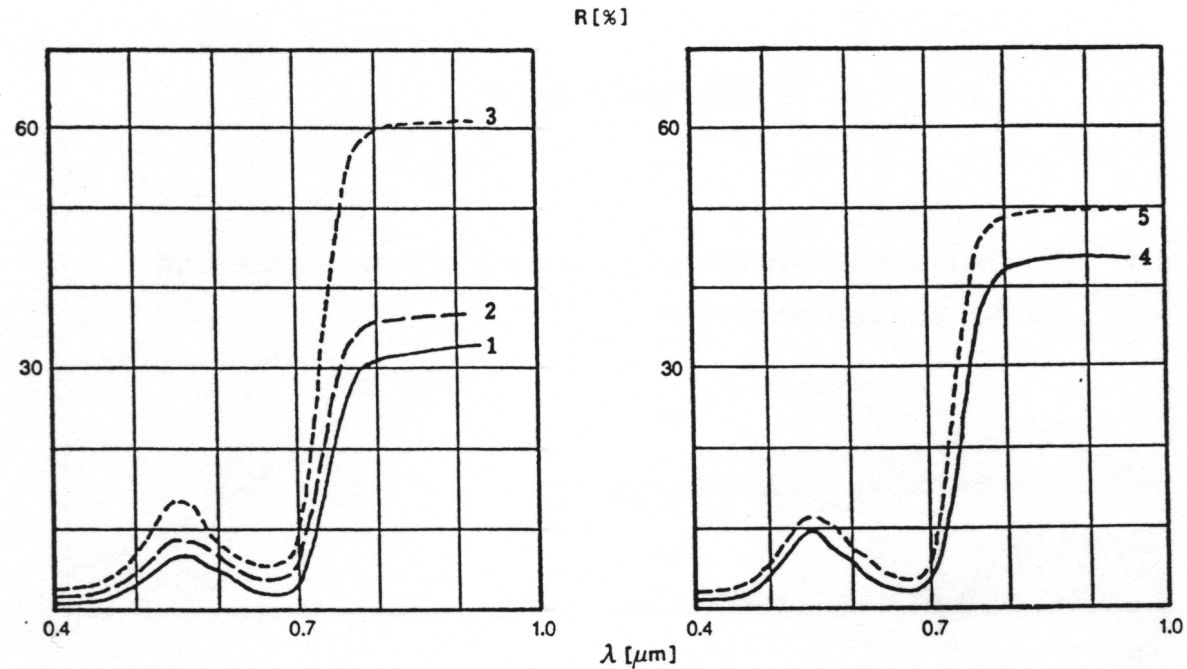


Fernerkundung



Ausgewählte spektrale Signaturen

Vegetation



Spektrale Reflexionen von

Kiefer (1),
Fichte (2),
Birke (3)

Buche (4),
Eiche (5) und

im Wellenbereich 0,4 μm bis 1,0 μm

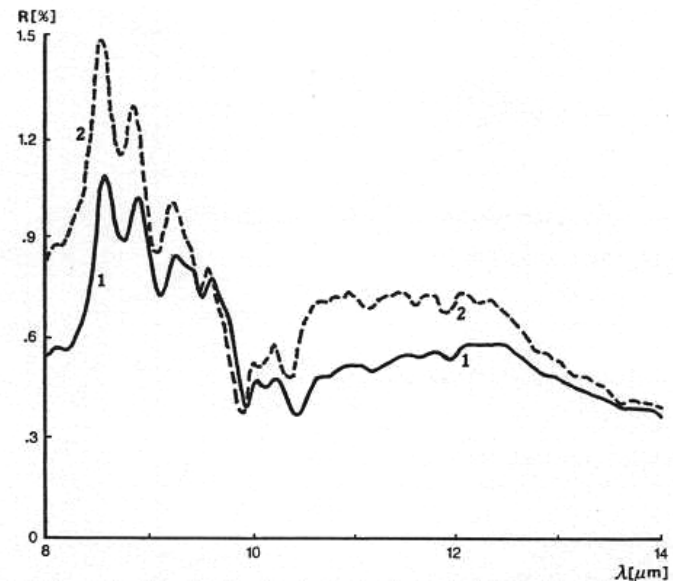


Fernerkundung



Ausgewählte spektrale Signaturen

Vegetation



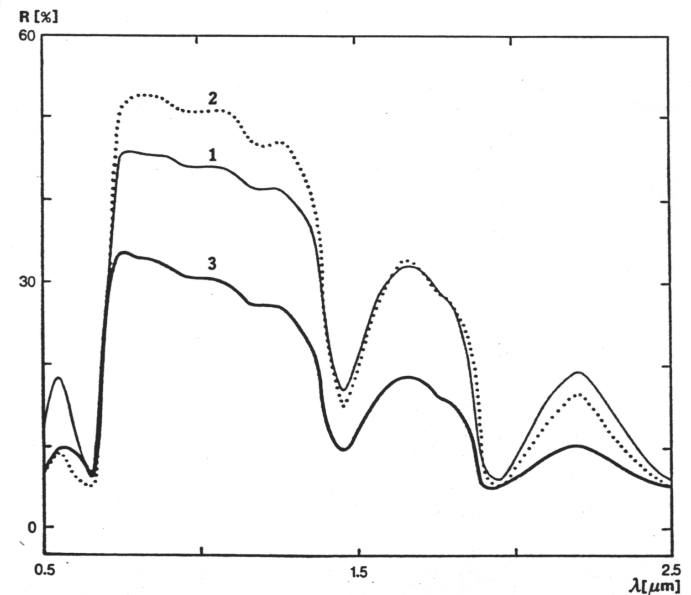
Reflexion eines grünen (1) bzw. eines alternden (2) Wildkirschenblattes



Fernerkundung

Reflexion von Licht- und Schattenblättern des Avocado baumes

- (1) Lichtblatt jung
- (2) Lichtblatt alt
- (3) Schattenblatt jung



Ausgewählte
spektrale
Signaturen

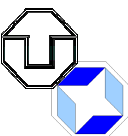
Vegetation Zusammenfassung:

Faktoren, die zu Veränderungen der spektralen Signatur von Vegetation führen können:

- Species,
- Lage,
- Ausbildungsgrad von Pflanze und Blattwerk,
- Nährstoffversorgung,
- Blattstellung,
- ...



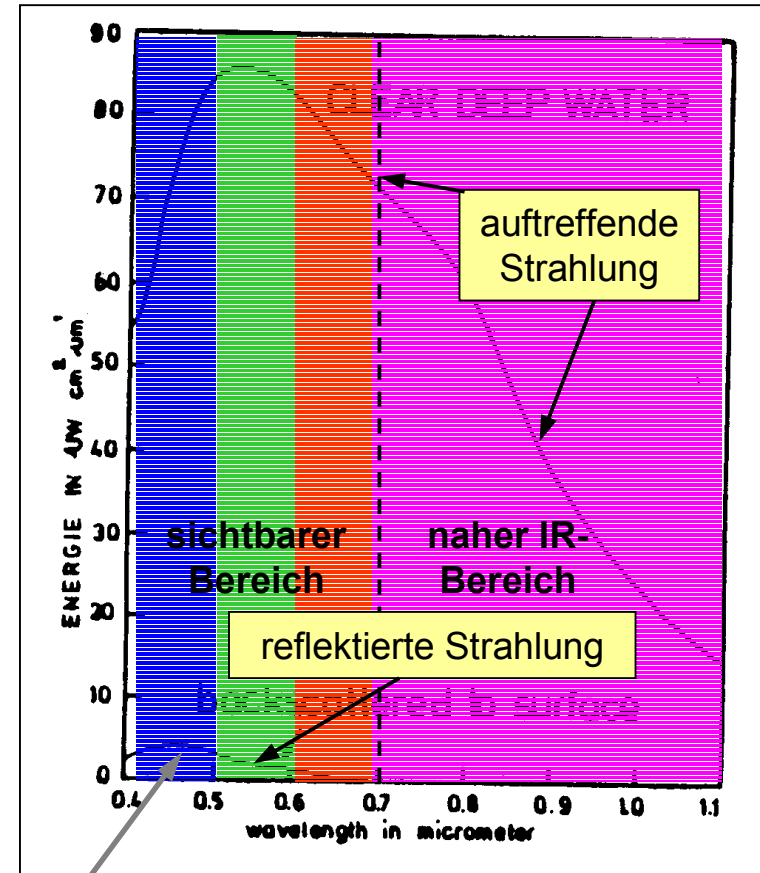
Fernerkundung



Ausgewählte spektrale Signaturen

Wasser

- > 90 % der Strahlung wird absorbiert und in Wärme umgewandelt
- geringer Teil transmittiert sowie von Wasser, Schwebstoffen und evtl. vom Boden reflektiert
- nur 3 - 10% werden direkt reflektiert und zwar überwiegend im sichtbaren Bereich ($< 0.7 \mu\text{m}$)
- IR-Licht ($> 0.7 \mu\text{m}$) wird in den obersten 20 cm fast komplett absorbiert
- IR-Bereich eignet sich besonders, um Wasser von anderen Objekten zu unterscheiden
- zwischen 0.4 und $0.7 \mu\text{m}$ wird ‚blau‘ am wenigsten absorbiert

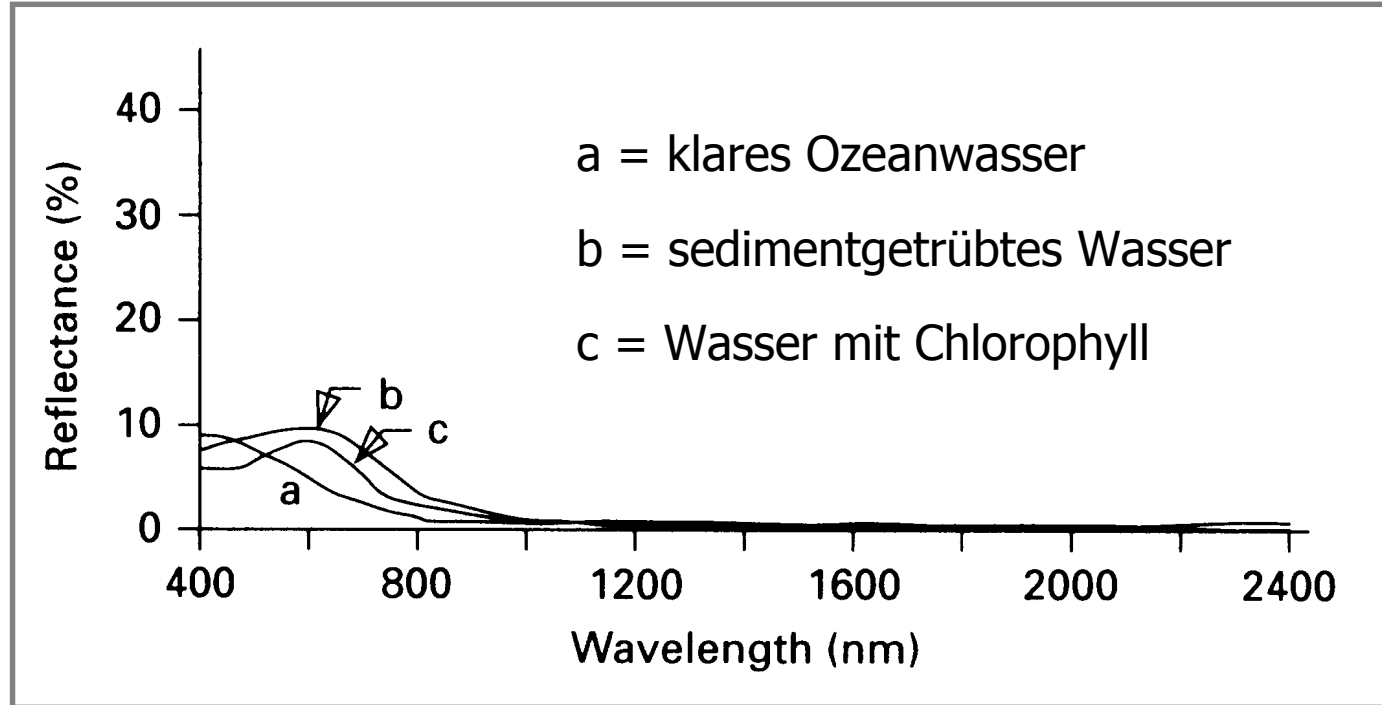


Fernerkundung



Ausgewählte spektrale Signaturen

Wasser



Quelle: ITC-Lehrmaterialien (modifiz.), Originalabb. McCloy 1995

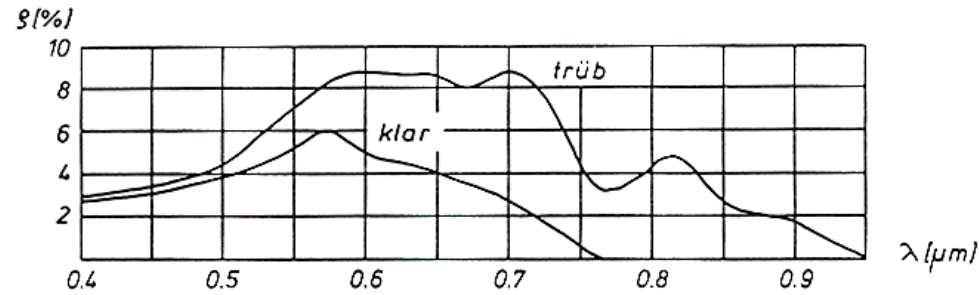


Fernerkundung

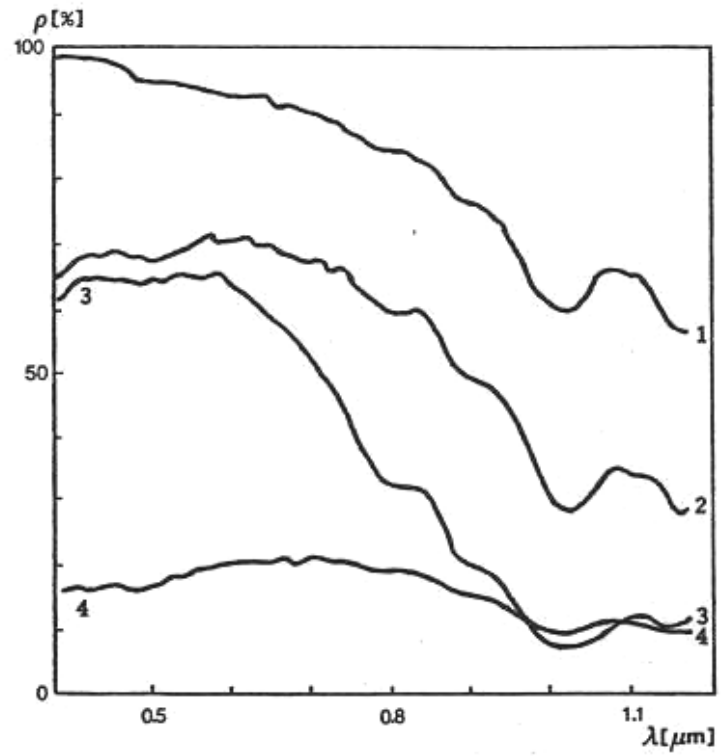


Ausgewählte spektrale Signaturen

Wasser



Spektrale Signatur von Gewässern



Spektrale Reflexion von:

- (1) frischem Schnee,
- (2) Gletscherschnee,
- (3) blankem Gletschereis,
- (4) verschmutztem Gletschereis

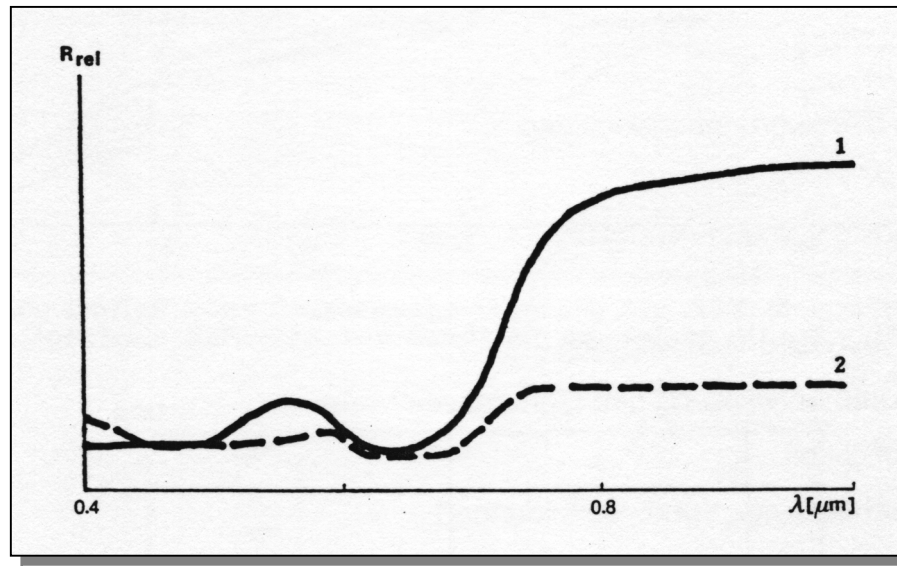


Fernerkundung



Ausgewählte
spektrale
Signaturen

Mischsignatur: Vegetation/Wasser



Einfluss einer Überflutung auf die spektrale Reflexion von
Vegetation (1) nicht überflutet, (2) überflutet

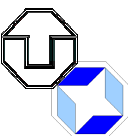


Fernerkundung



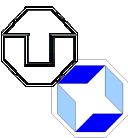


Fernerkundung



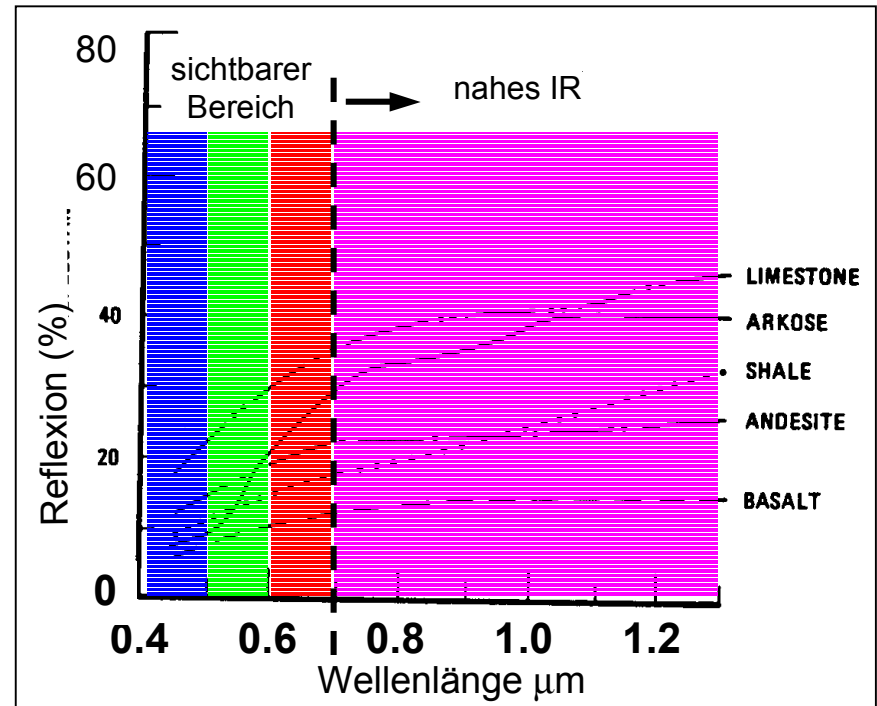


Fernerkundung



Ausgewählte spektrale Signaturen

Gestein



Quelle: Sabins 1978, S. 47 (modifiz.),
Originalabb. Goetz 1976

- keine Transmission, Strahlung wird also absorbiert oder reflektiert
- Reflexionsstärke hängt stark von der Mineralzusammensetzung ab
- charakteristisch ist allmähliche, relative Zunahme der Reflexion mit zunehmender Wellenlänge
- die absolute Stärke des Signals variiert, abhängig von der Helligkeit des Gesteins; relative Zunahme bleibt aber erhalten

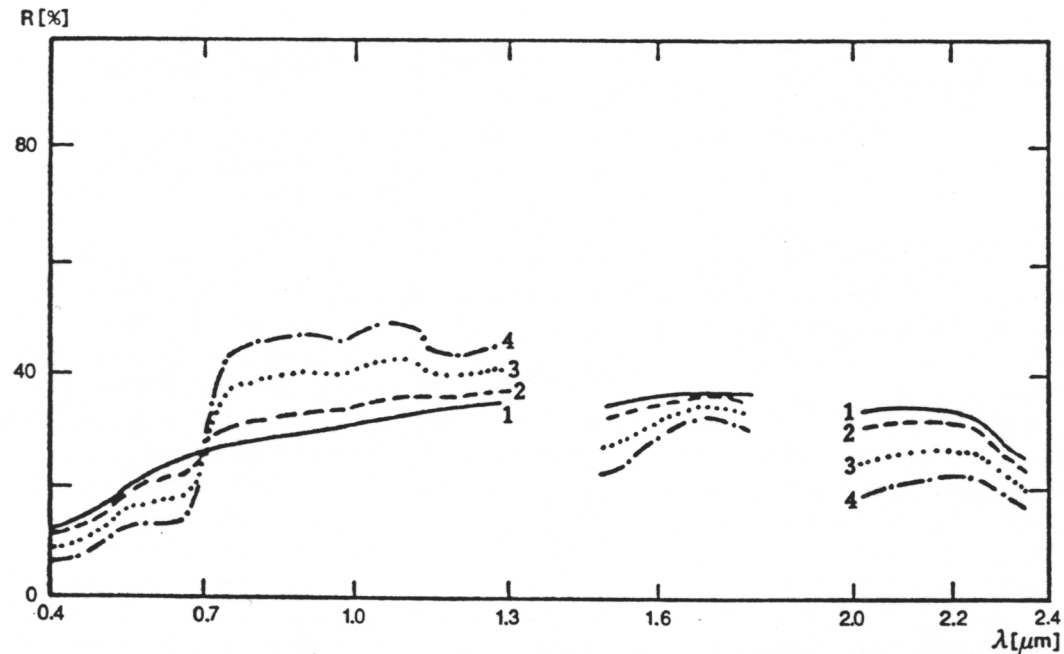


Fernerkundung



Ausgewählte
spektrale
Signaturen

Mischsignatur: Gestein/Vegetation



Einfluss von Grasbewuchs (1- 0%, 2-10%, 3- 30%, 4- 50%) auf die spektrale Reflexion von Sandstein

- Gestein/ Boden:
hoher Reflexionsanteil im sichtbaren und im mittleren IR
- Vegetation:
Dominanz im NIR

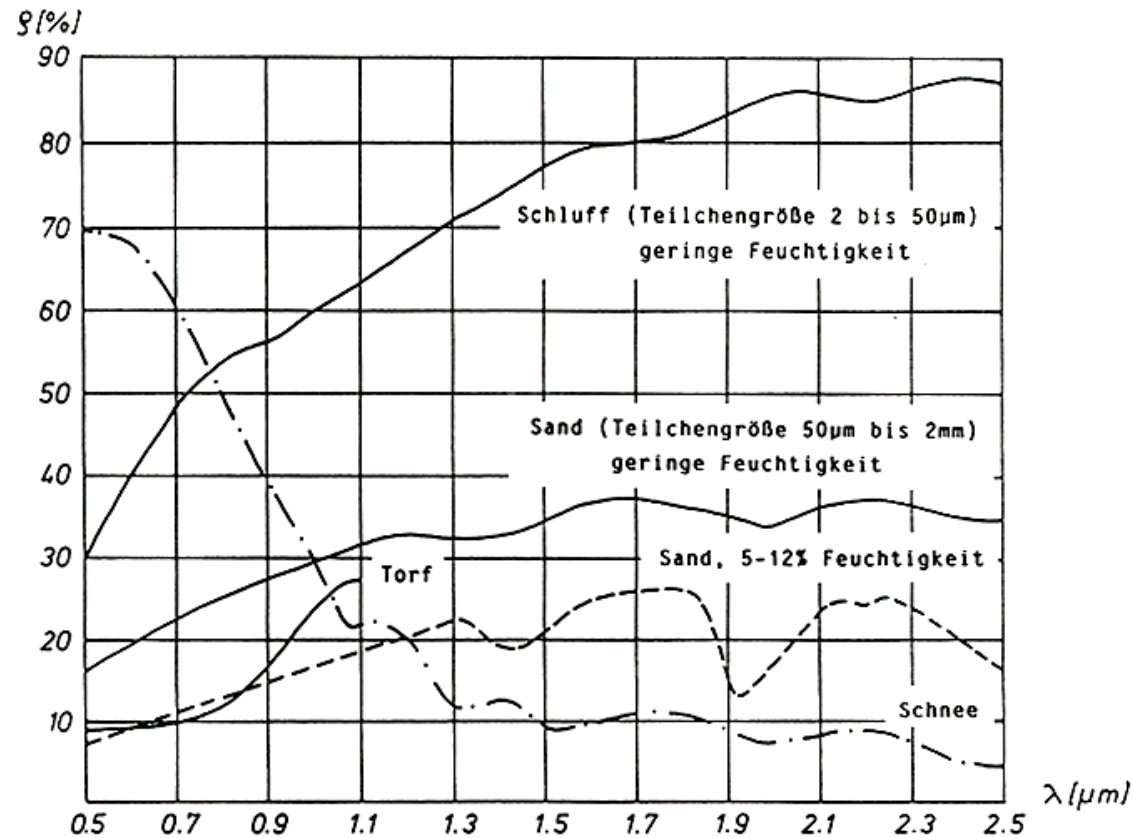


Fernerkundung



Ausgewählte spektrale Signaturen

Boden



Spektraler Reflexionsgrad von vegetationslosem Boden im Vergleich zu Schnee



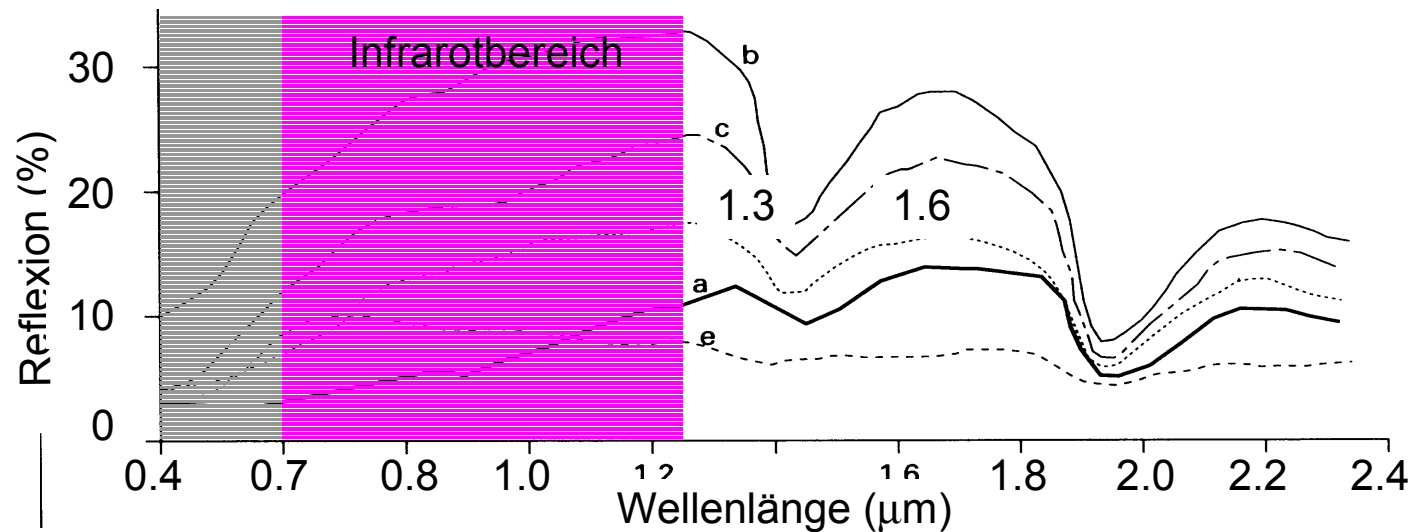
Fernerkundung



Ausgewählte **Boden**

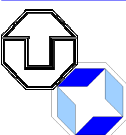
spektrale
Signaturen

- keine Transmission, Strahlung wird absorbiert oder reflektiert
- reflektierte Strahlung hängt von den obersten cm der Bodenoberfläche ab
- Boden besteht aus verwittertem Gestein, Wasser und organischer Substanz
- Resultat ist ein Mischsignal



Fernerkundung

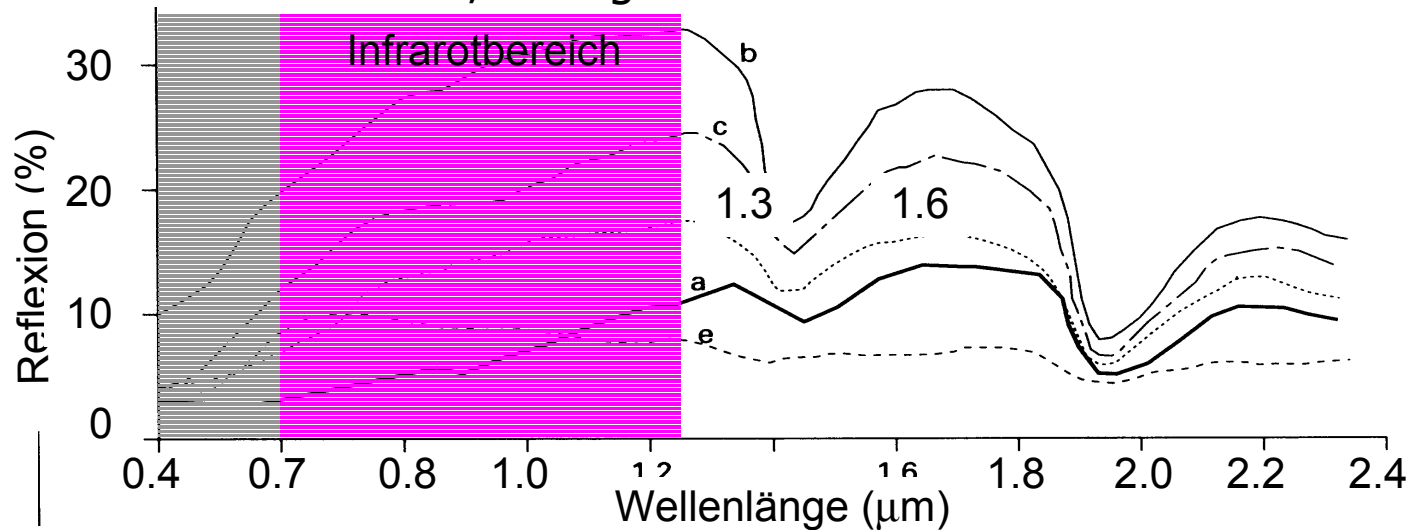
- a = organische Materialien dominieren
- b = kaum verwittert
- c = Eisen verwittert
- d = organisch beeinflusst
- e = Eisen dominierend



Ausgewählte **Boden**

spektrale Signaturen

- Refl.-charakter von grobkörnigem, steinigem, trockenem Boden ohne organische Substanz ähnelt Ausgangsgestein
- bei feiner werdender Körnung und zunehmender Bodenfeuchte wird Refl.-charakter vom Bodenwasser beeinflusst (Reflexionsminima bei 1,45 und 1,9 μm)
- weitere Faktoren: organische Substanz, Rauigkeit der Bodenoberfläche, Eisengehalt etc.



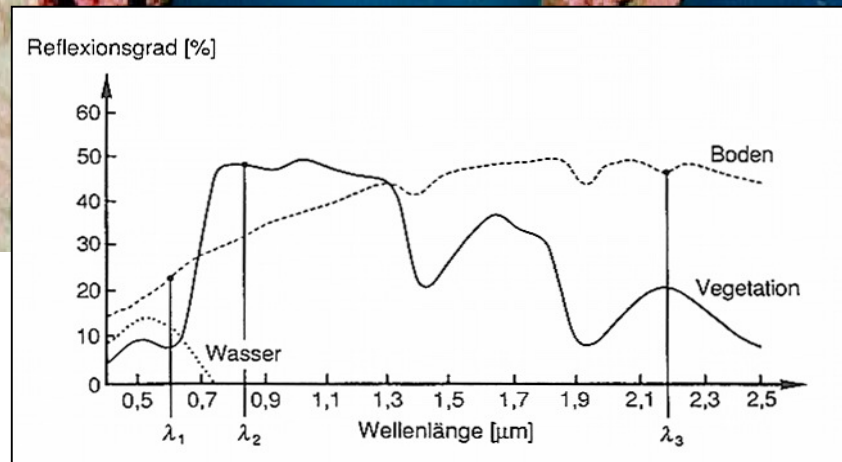
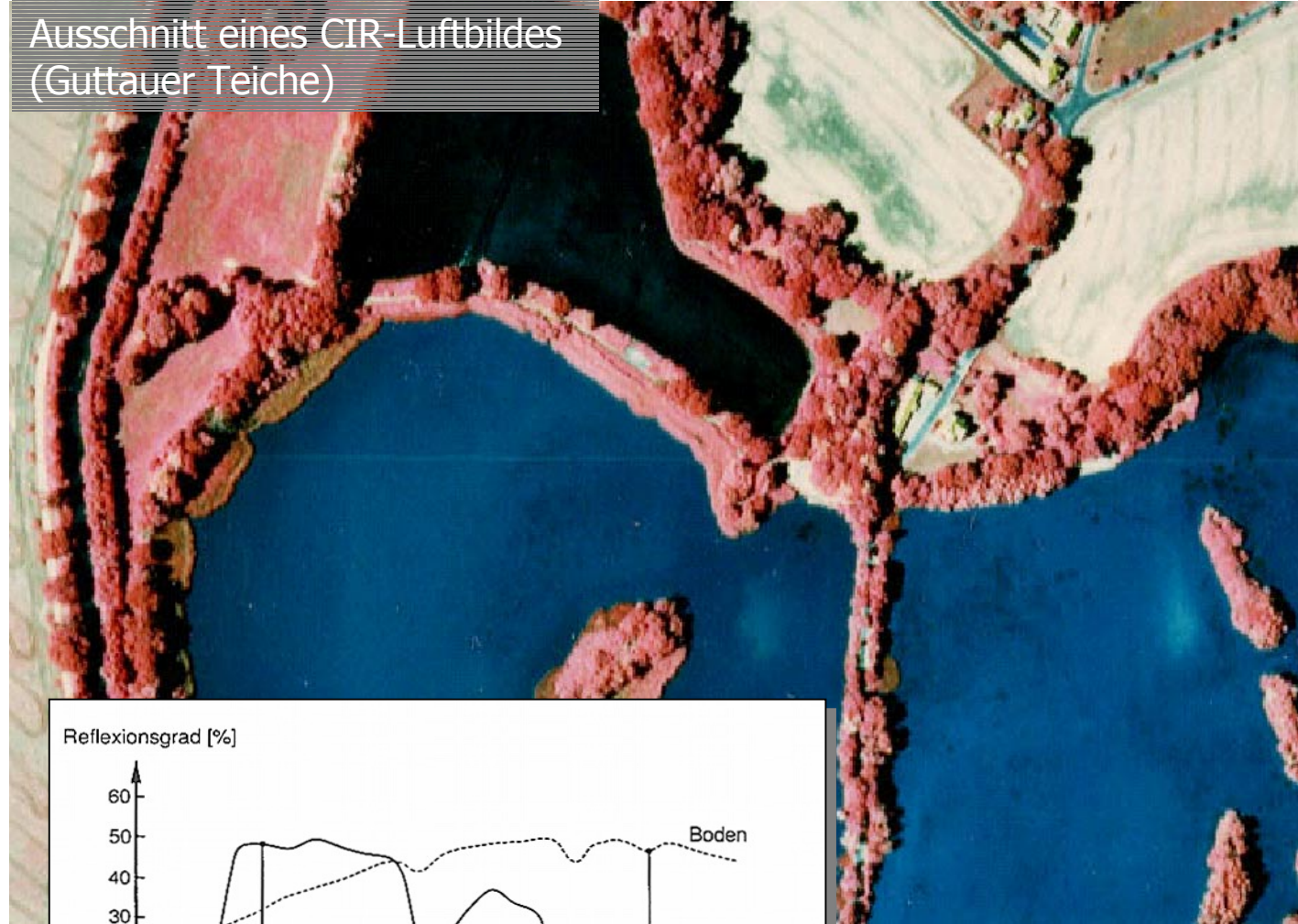
Fernerkundung

- a = organische Materialien dominieren
- b = kaum verwittert
- c = Eisen verwittert
- d = organisch beeinflusst
- e = Eisen dominierend



Objektwiedergabe im Farbinfrarot- Luftbild

Ausschnitt eines CIR-Luftbildes
(Guttauer Teiche)



Quelle: Albertz (1991)

Spektrale Signaturen für Wasser, Vegetation und Boden

Fernerkundung



Technische Universität Dresden
Institut für Photogrammetrie
und Fernerkundung
Lehrstuhl Fernerkundung