geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

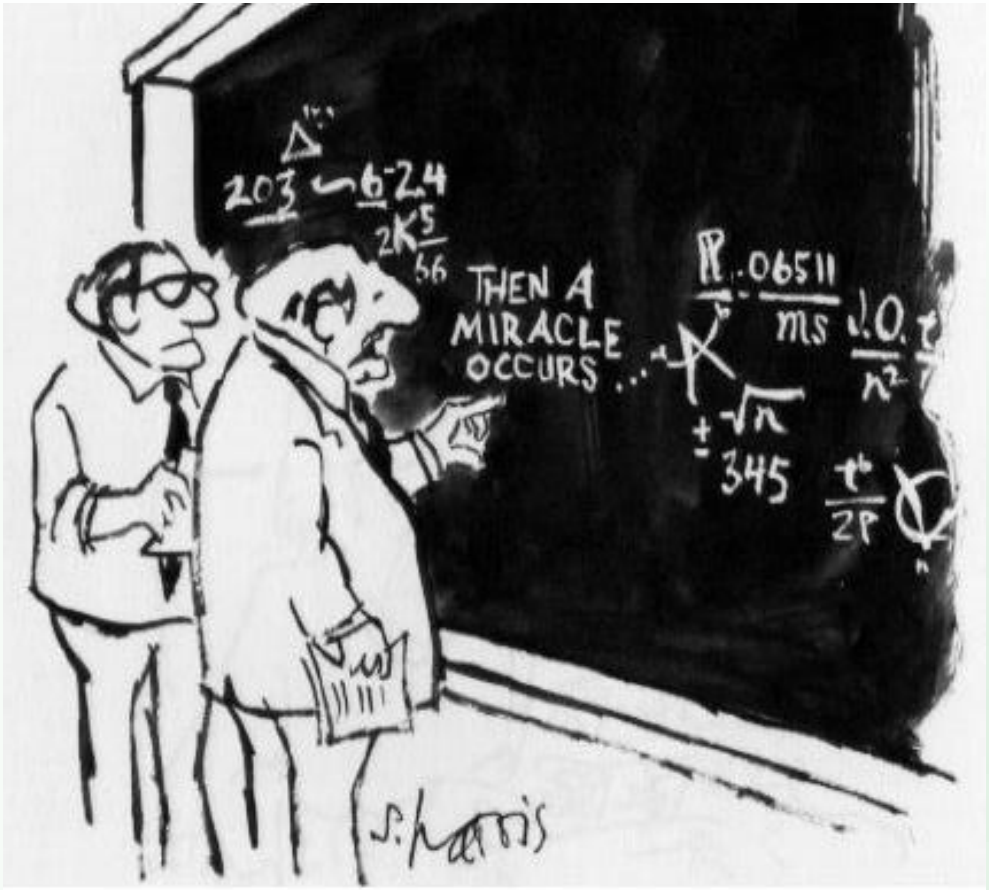
Das fliegende Auge X6

Erfassung und Monitoring von Schädlingsbefall mit Hilfe von Multispektraldaten

geo-konzept GmbH
Martin Herkommer (Dipl.-Geogr. univ)

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

How remote sensing works



"I think you should be more explicit here in step two."

from *What's so Funny about Science?* by Sidney Harris (1977)

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Unser Teammitglied.
Ihr Werkzeug.

Inhalt

1. Technik
2. Gesetzliche Rahmenbedingungen
3. Physikalische Rahmenbedingungen
4. Sensorsysteme
5. Schadensbeurteilung bzw. -erkennung
6. Biologische Schädlingsbekämpfung
7. Fazit und Ausblick

geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

XR6 Technik:

- Universell einsetzbare Plattform
- Große Auswahl an Sensorik (RGB, multispektral, thermal)

geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Technik

- 15-20 Minuten Flugzeit bei 5 kg Abfluggewicht *
- Höhere Bildqualität durch bürstenlose Gimbal-Motoren
- Automatisches Fliegen
- Integrierte Live-Videoübertragung
- Universell einsetzbar

*** 5kg MTOW = Obergrenze in Deutschland für UAV Flüge mit allgemeiner Aufstiegserlaubnis**

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Beispiel Deutschland

- max. 5kg Abfluggewicht mit allgemeiner Aufstiegsgenehmigung
  - Einfach und unkompliziert; geringe Kosten
- max. 25 kg Abfluggewicht mit Einzelaufstiegsgenehmigung
  - Großer Aufwand und hohe Kosten

Generell

- Fliegen nur in Sichtweite des Piloten (max. 1 km Radius)
- max. Flughöhe: 100m über Grund

Praktische Folge für UAV Anwendungen:
Max. Einsatzfläche pro Flug: ca. 3.1 km² bzw. 310 ha

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Physikalische Rahmenbedingungen

Bei 5kg Abfluggewicht VTOL (Vertical Take Off and Landing) = Multikopter (XR6)

➢ Max. Gewicht des Fluggerätes:	3 kg
➢ Akkus (z.B. 2 x 3700mAh):	1 kg

➢ **Fluggerät mit Akkus:**	**4 kg**
➢ Payload (Sensor,…)	1 kg

Gesamtgewicht MTOW	**5 kg**

20-25 min Flugzeit

max. 35 min ohne Sicherheitsreserven (für Wind, Stabilität,…)

Praktische Folge für UAV Anwendungen:

Max. Einsatzfläche pro Flug: ca. 1 km² bzw. 100 ha (Monitoring)

Max. Einsatzfläche pro Flug: ca. 5-10 ha (Trichogramma Applikation)

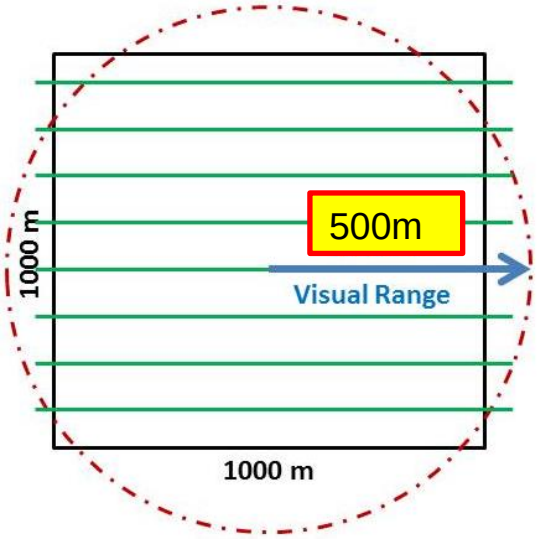
geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Physikalische Rahmenbedingungen

Warum ein Multicopter?

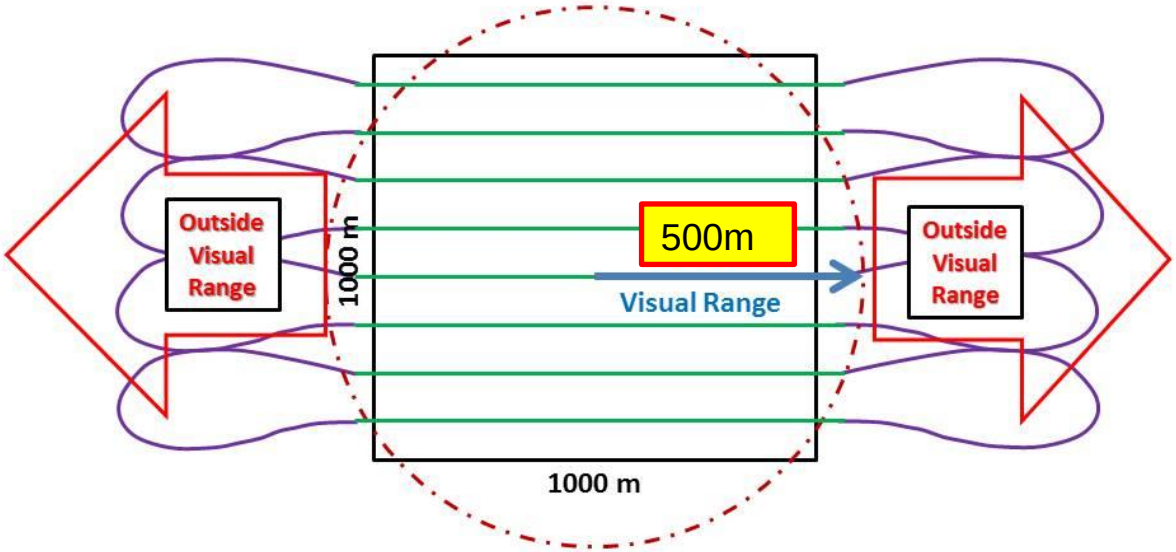
Flugstreckenvergleich bei 500m Sichtweite

XR6



Flight distance: 10 km
Ground Speed: 10 m/s
Flight Time: 18 minutes

Fixed Wing UAV



Flight distance: 15 km
Ground Speed: 10 m/s
Flight Time: 25 minutes

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Physikalische Rahmenbedingungen

XR6 vs. Fixed Wing

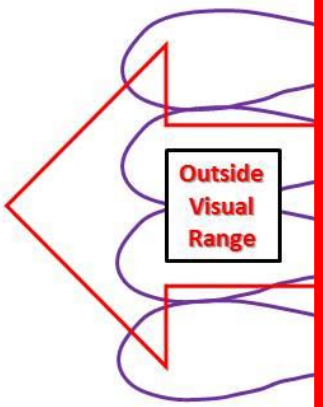
Flugstreckenvergleich bei 500m Sichtweite

XR6

Positiv:

Starten und Landen auf

engstem Raum



Fixed Wing UAV

Negativ:

Wendemanöver außerhalb der Sichtweite

Großer Platzbedarf für Start und Landung

Sensorsysteme RGB und Thermal

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Sony Alpha 6000

24.3 Mpix RGB DSLR Kamera

Sony Alpha 7R

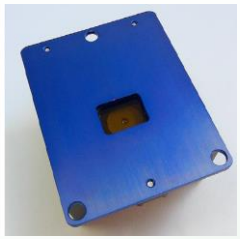
36.4 Mpix RGB DSLR Kamera / Vollformat-Sensor

Flir Tau640
mit TeAx Capture-Modul

- Gewicht, inkl. Gehäuse: 45g; : 60 x 54 x 15 mm
- 640 x 512 Pixel; 7,5 bis 13,5 µm

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

TETRACAM ADC Snap



1 x 1.3 Mpix (1280 x 1024) ultra-fast RGB global shutter
-> GRÜN ROT NIR mit 100nm Bandbreite

TETRACAM µMCA + e-ILS

6 x 1.3 Mpix (1280 x 1024) ultra-fast monochrome global shutter
-> 450nm bis 1050nm mit 5nm, 10nm, 20nm oder 40nm Bandbreite

TETRACAM µMCA RGB+3

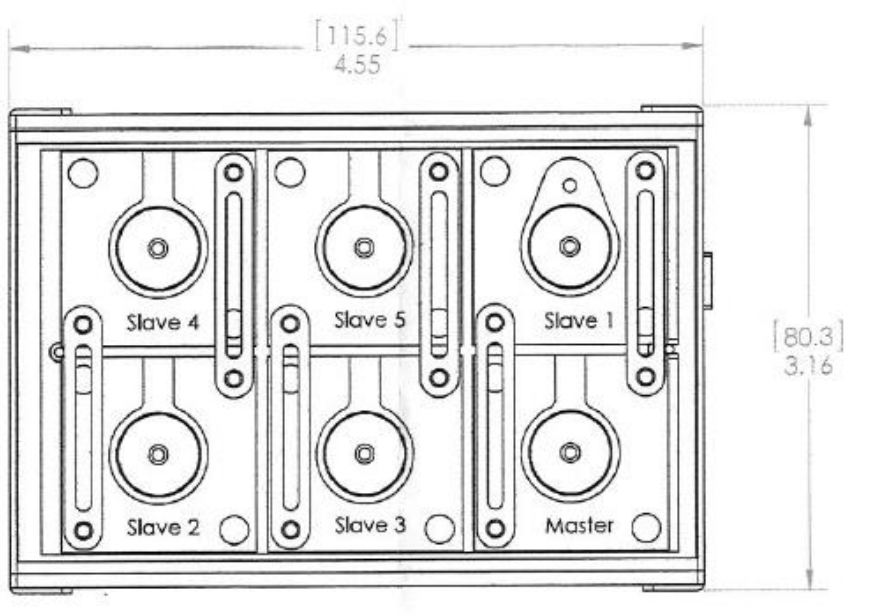
1 x 1.3 Mpix (1280 x 1024) ultra-fast RGB global shutter
3 x 1.3 Mpix (1280 x 1024) ultra-fast monochrome global shutter
-> ROT GRÜN BLAU mit 100nm Bandbreite
-> 450nm bis 1050nm mit 5nm, 10nm, 20nm oder 40nm Bandbreite

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

TETRACAM µMCA + e-ILS

Typische Konfiguration

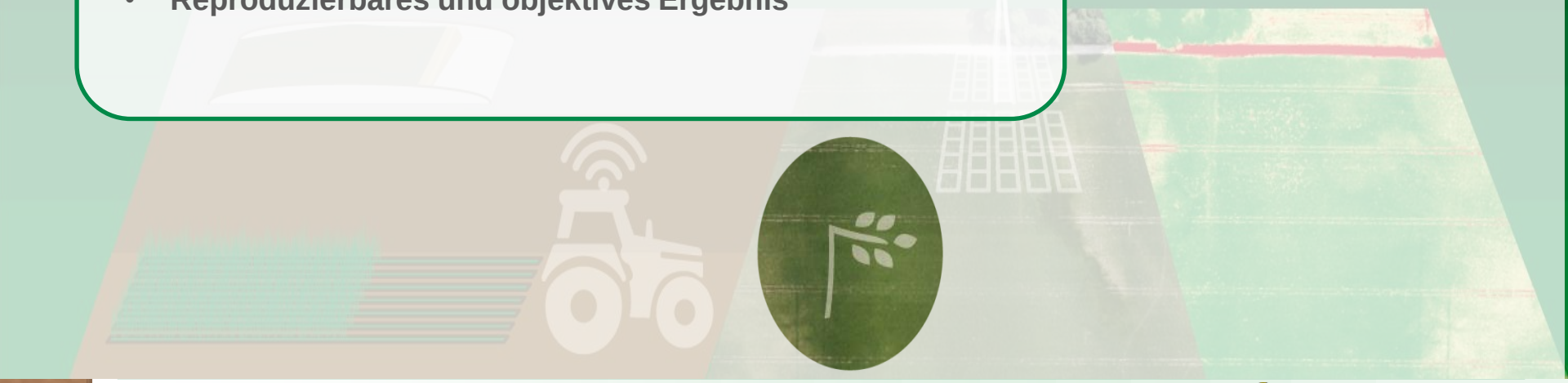
6 x 1.3 Mpix (1280 x 1024) ultra-fast monochrome global shutter
-> 450nm bis 1050nm mit 5nm, 10nm, 20nm oder 40nm Bandbreite



Master: 780-10
Slave 1: 530-10
Slave 2: 670-10
Slave 3: 700-10
Slave 4: 730-10
Slave 5: 900-20
Slave 6: ILS

Erfassung und Monitoring von Schädlingsbefall mit Multispektraldaten

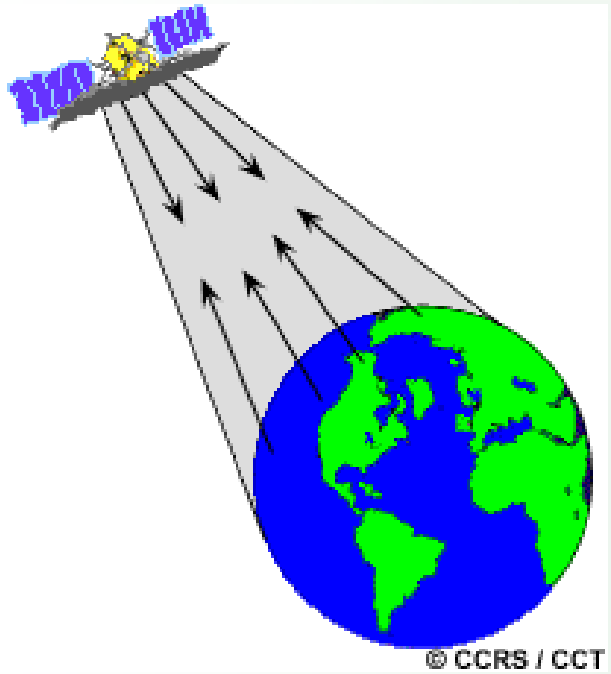
- Einfaches Erfassen und Abschätzen von Schäden durch Schädlinge
- Reproduzierbares und objektives Ergebnis



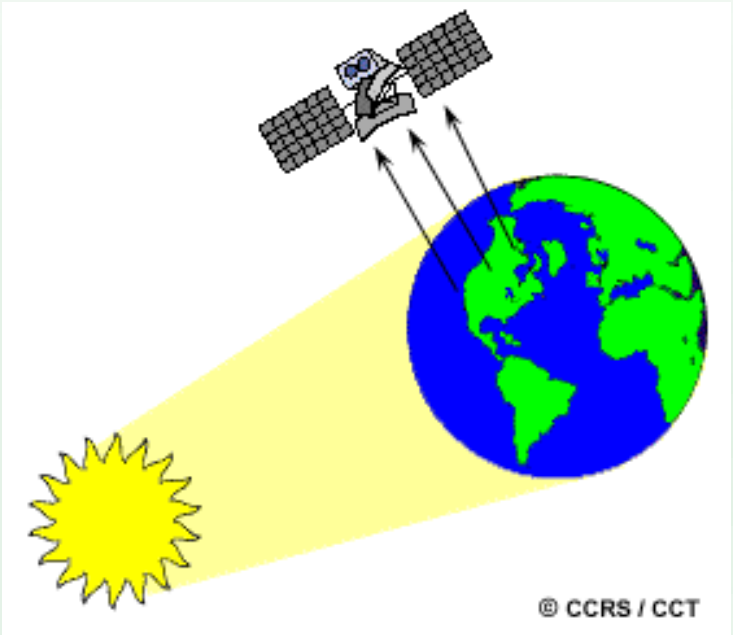
geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Multispektrale Fernerkundung

Aktive Sensoren



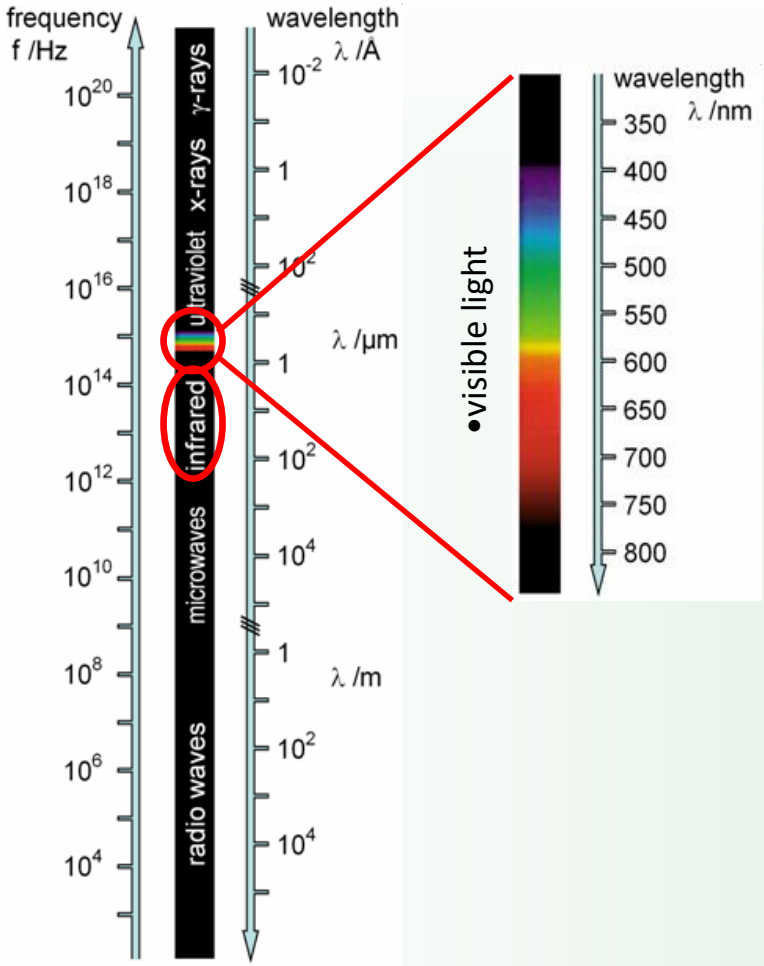
Passive Sensoren



•Source: CCRS

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Multispektrale Fernerkundung



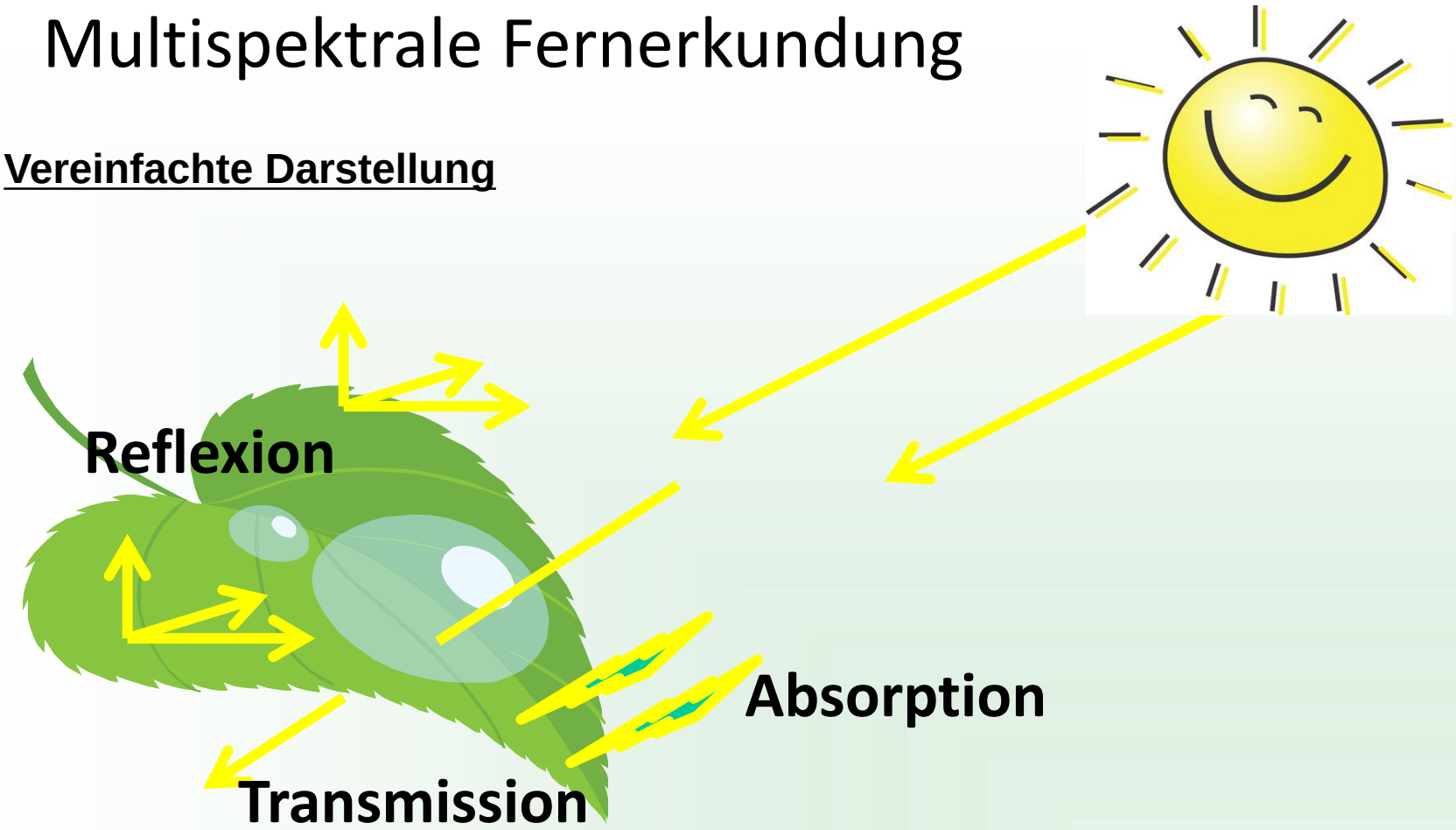
- **Violet: 380 – 430 nm**
- **Blau: 430 – 490 nm**
- **Grün: 490 – 570 nm**
- **Gelb: 575 – 600 nm**
- **Orange: 600 – 640 nm**
- **Rot: 640 – 780 nm**
- **Nahes Infrarot (NIR): 780 – 2500 nm**

geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Multispektrale Fernerkundung

Vereinfachte Darstellung



geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

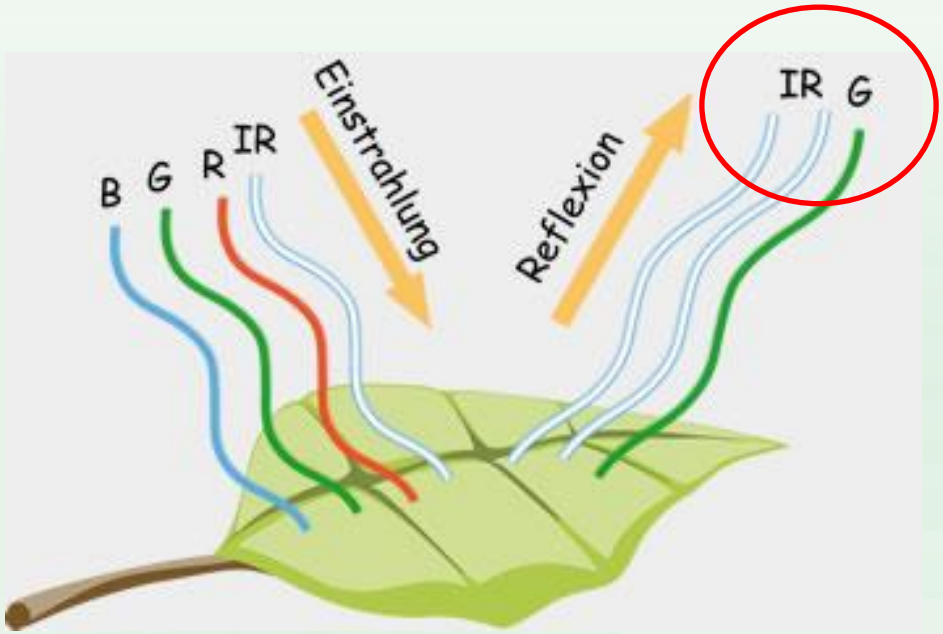
Spektrale Reflexion von Pflanzen

Die spektrale Reflexion von Pflanzen hängt ab von:

- **Blattfläche**
- **Blattform und - Anzahl**
- **Chlorophylgehalt bzw. Aktivität (Farbe)**
- **Struktur der Pflanze**

Anhand von Reflexionskurven können **Pflanzenarten** und deren **Zustand** unterschieden werden

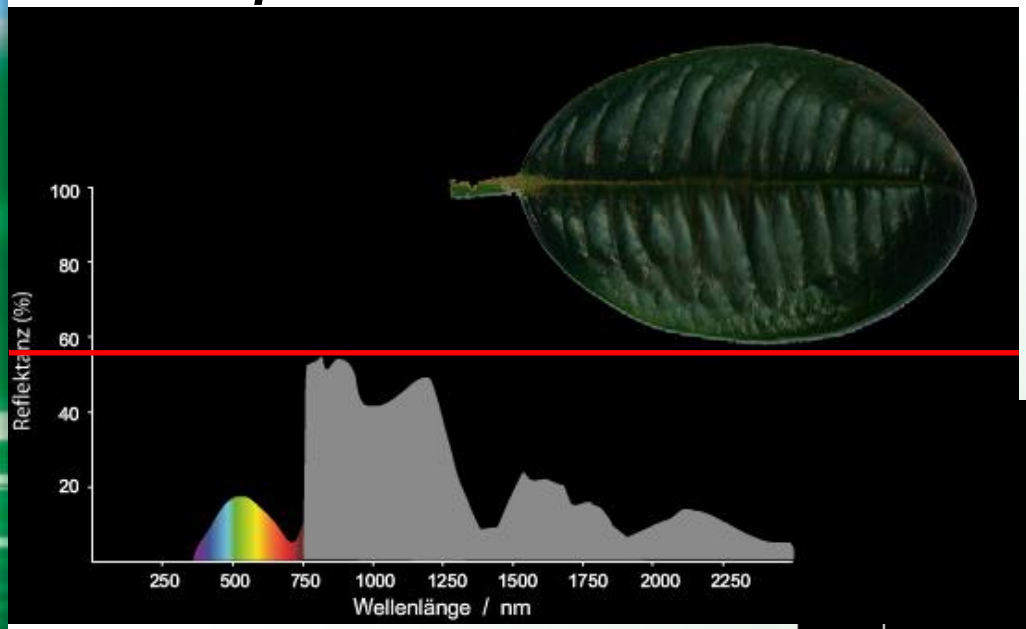
Ein Blatt reflektiert aufgrund seiner Struktur und seiner chemischen Zusammensetzung **infrarotes Licht doppelt so stark als grünes Licht.**



Quelle: http://www.fis.uni-bonn.de

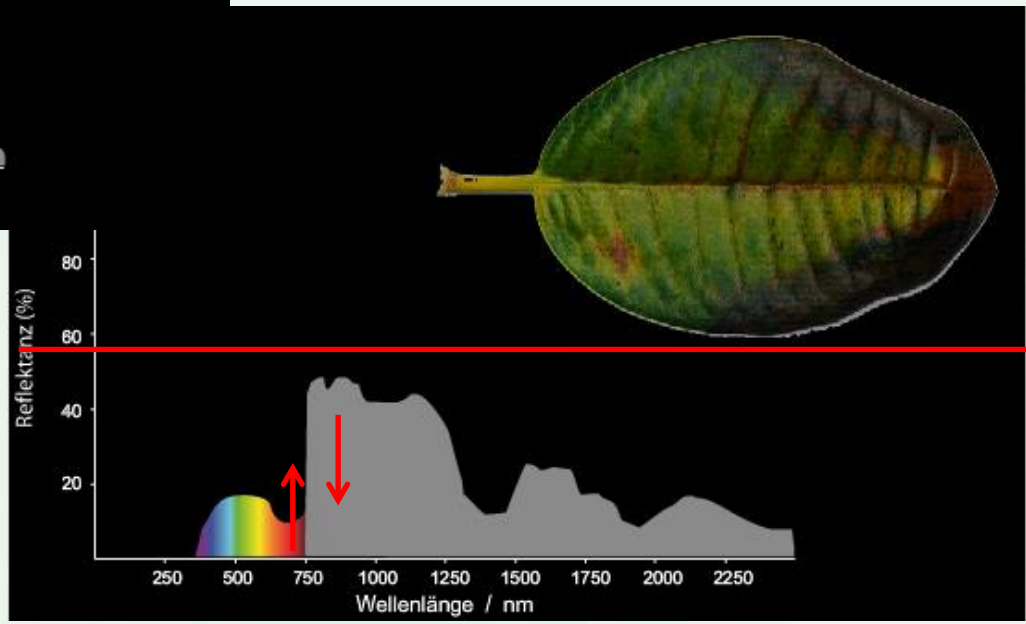
geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Spektrale Reflexion von Pflanzen



Infrarotes Licht wird **an** den **Zellwänden** der Blatt-Zellen **mehrfach reflektiert**.

Blaues und rotes Licht wird durch Photosynthese absorbiert.



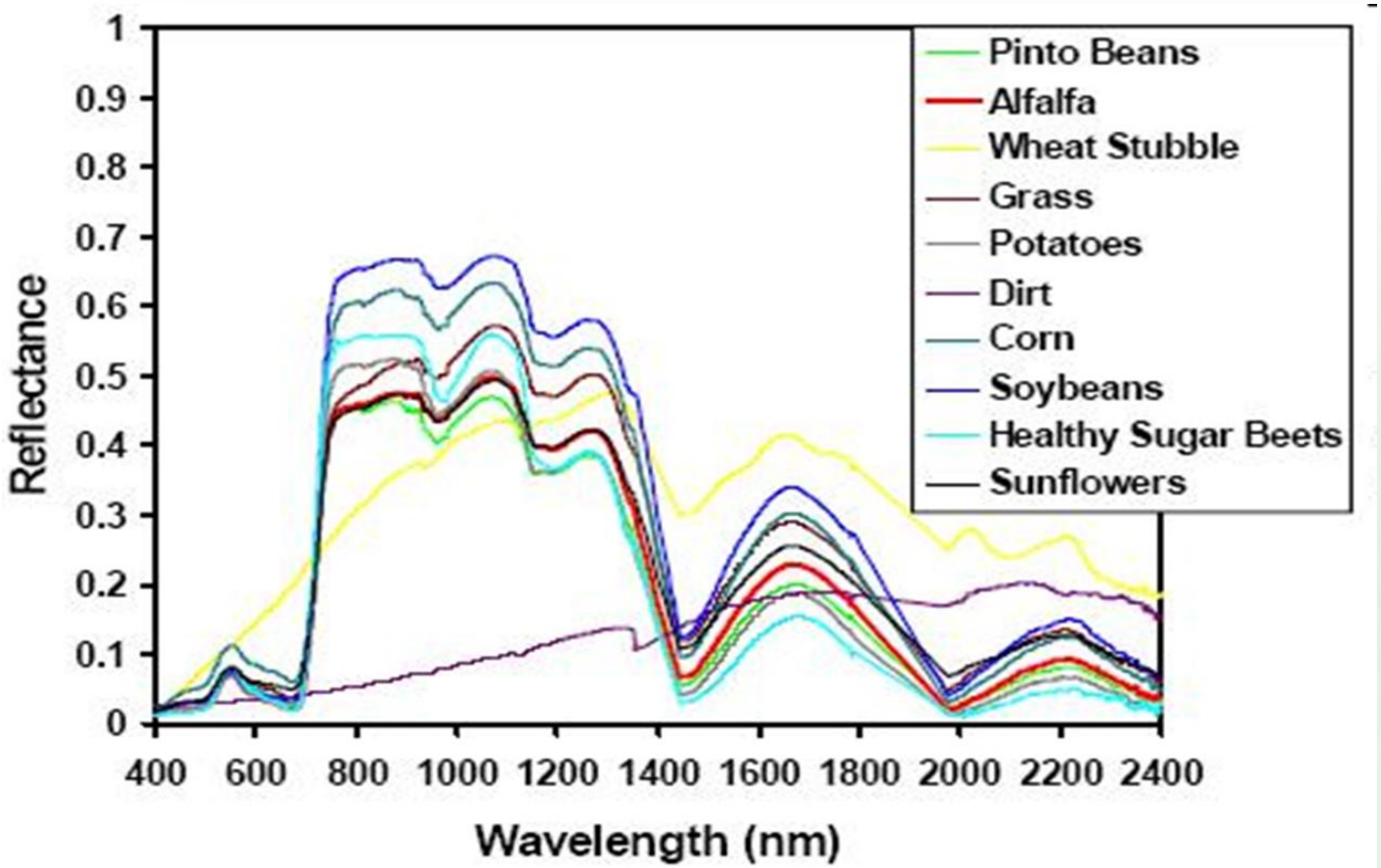
Aufgrund der hohen Reflexionswerte im infraroten Bereich **heben sich gesunde Pflanzen (viel Chlorophyll und stabile Zellwände)** im **Infrarot-Kanal besonders gut ab**.

Quelle: http://www.fis.uni-bonn.de

geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Spektrale Reflexion von Pflanzen

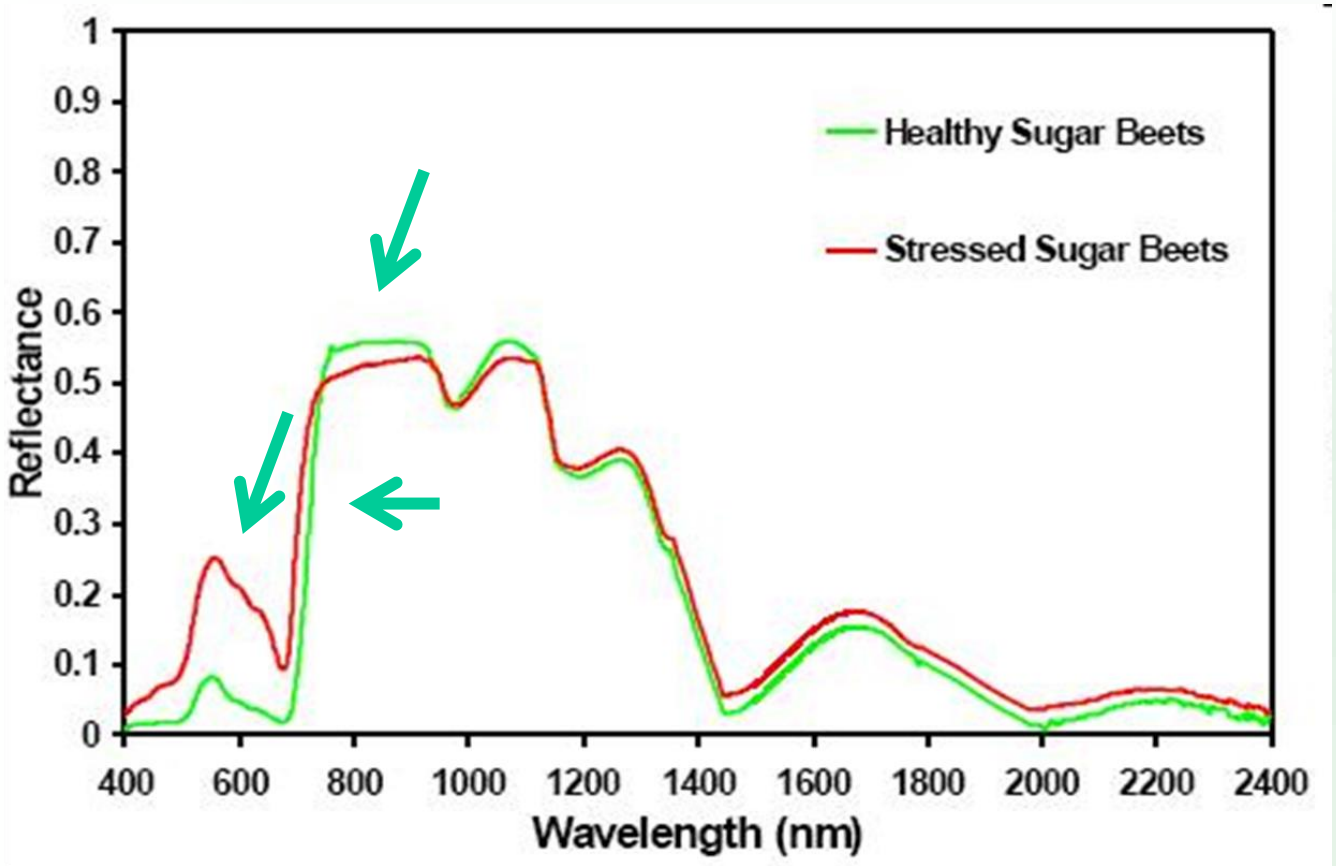


Spectral signatures of crops and soil (Kyllo, 2003).

geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Erfassung und Monitoring von Schädlingsbefall mit Multispektraldaten

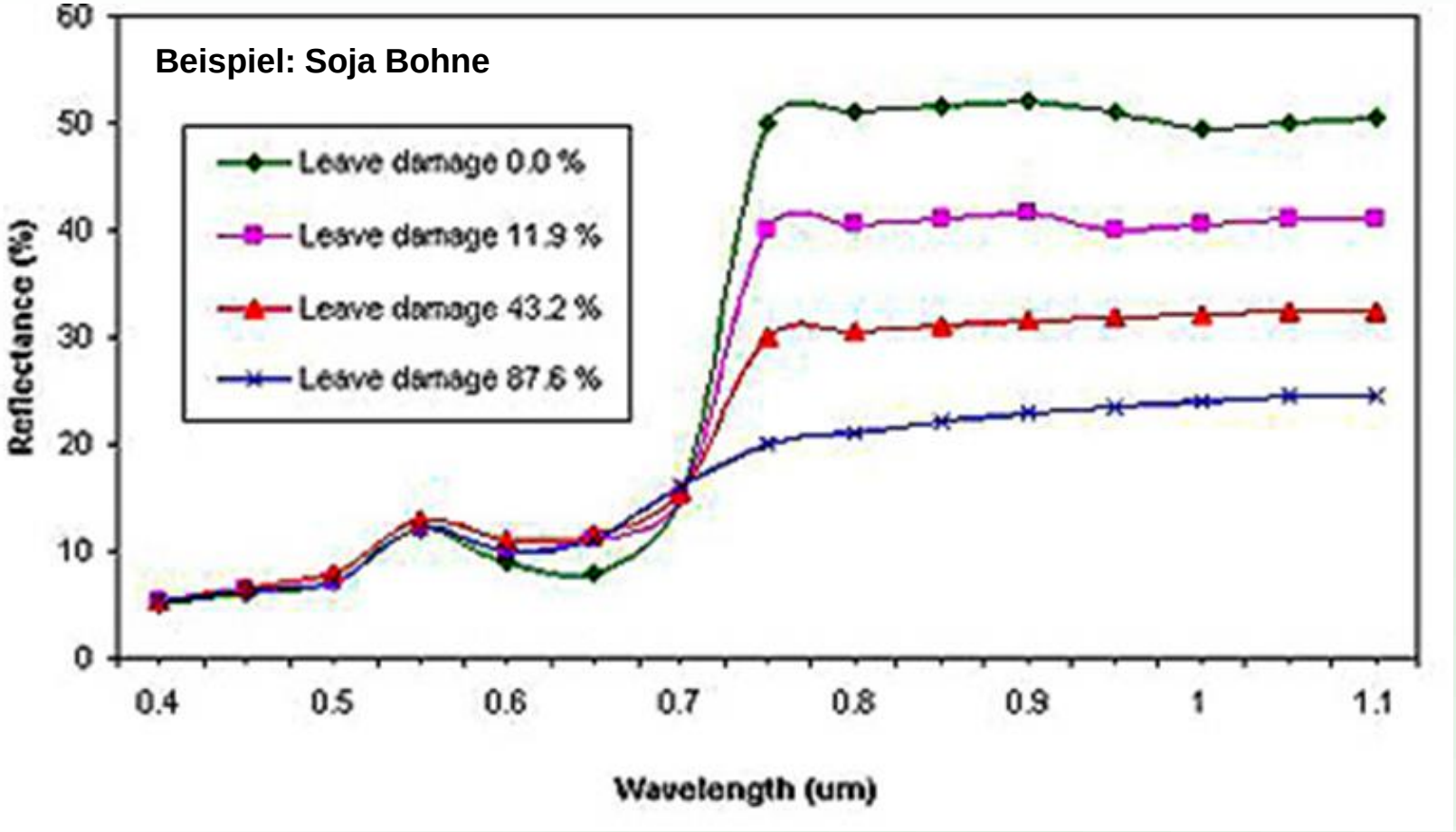


Spectral signatures of healthy and stressed sugarbeets (Kyllo, 2003).

geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Erfassung und Monitoring von Schädlingsbefall mit Multispektraldaten



Source: http://www.fas.org/irp/.../Sect3/Sect3_1.html (2012

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Erfassung und Monitoring von Schädlingsbefall mit Multispektraldaten

Schädlingsbefall führt unter anderem zu:

- Reduktion der Blattflächen
- Pflanzenstress
- Verringerte Photosynthese der Pflanze
  - -> Pflanze gibt mehr ROT und weniger NIR ab
  - -> **Vegetations Index** (z.B. NDVI) nimmt ab
  - -> **RED Edge** verschiebt sich in Richtung Blau

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{RED}) / (\rho_{NIR} + \rho_{RED})$$

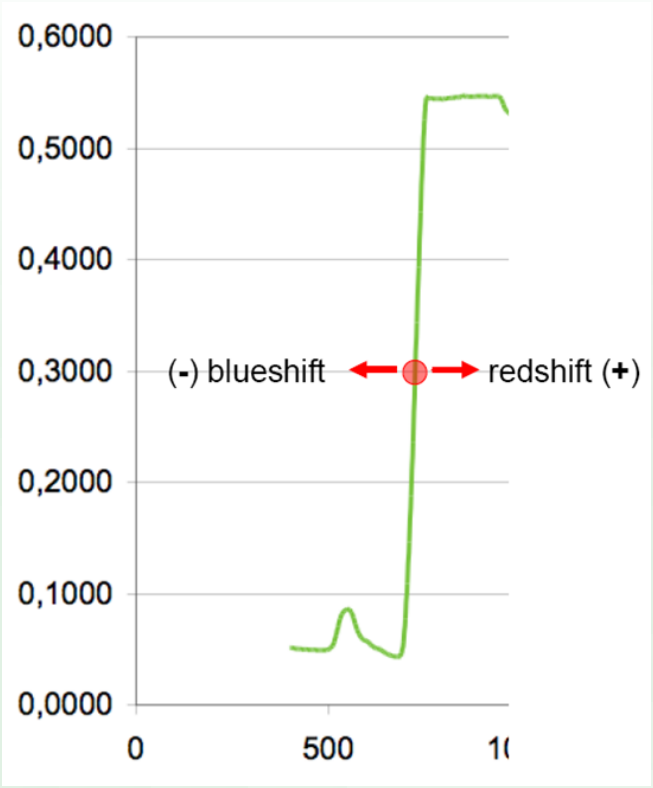
geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Erfassung und Monitoring von Schädlingsbefall mit Multispektraldaten

Die Red Edge Position verschiebt sich

Abhängig vom Chlorophyl-Gehalt bzw. wird durch Pflanzenstress beeinflusst.

Der REP ist der mathematische Wende-Punkt der Reflexionskurve zwischen ROT und NIR



Vogelmann Red Edge Index (VOG1, VOG2 and VOG3):

$$VOG1 = \rho_{740} / \rho_{720}$$

$$VOG2 = (\rho_{734} - \rho_{747}) / (\rho_{715} + \rho_{726})$$

$$VOG3 = (\rho_{734} - \rho_{747}) / (\rho_{715} + \rho_{720})$$

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Erfassung und Monitoring von Schädlingsbefall mit Multispektraldaten

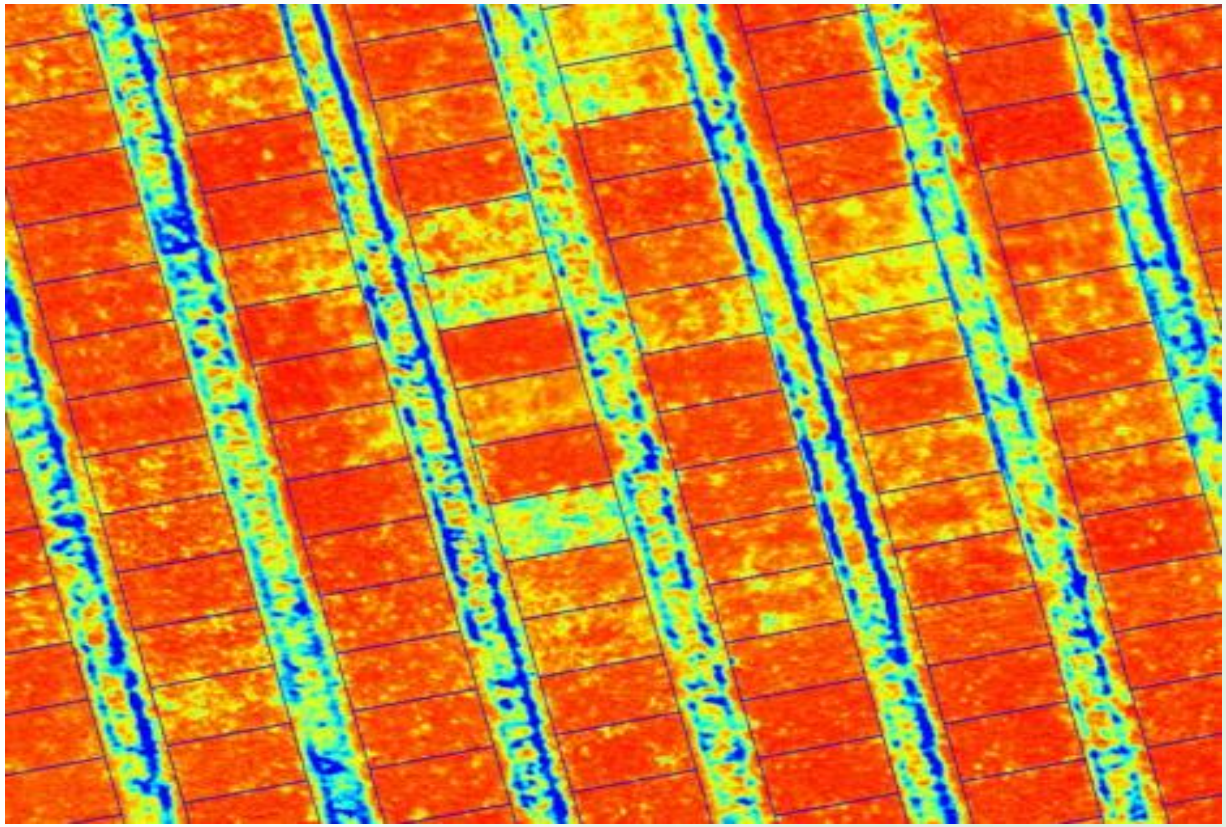
Weitere Indices im sichtbaren Bereich:

Photochemical Reflectance Index (PRI): $PRI = (\rho_{531} - \rho_{570}) / (\rho_{531} + \rho_{570})$

Carotenoid Reflectance Index 1 (CRI1): $CRI1 = (1 / \rho_{510}) - (1 / \rho_{550})$

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

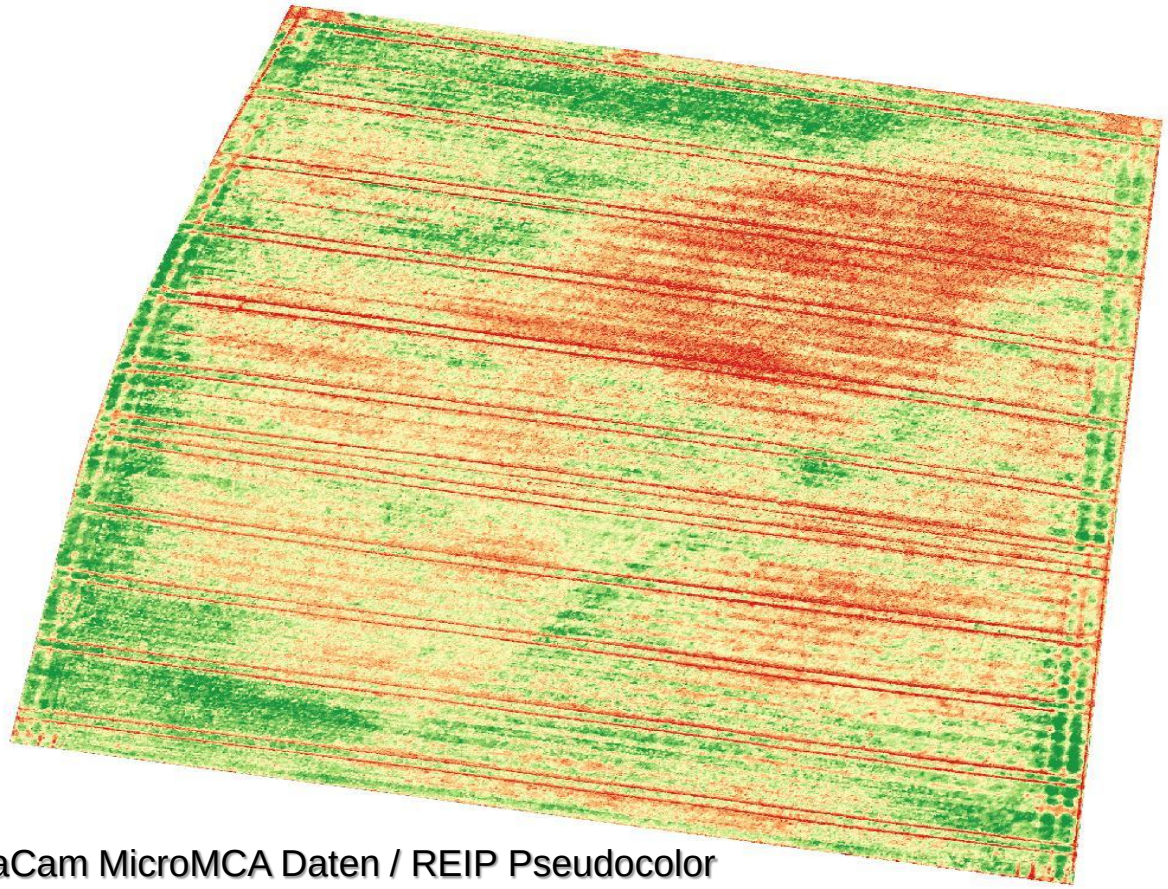
MicroMCA Multispektraldaten -> NDVI



TetraCam MicroMCA Daten / NDVI Pseudocolor

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

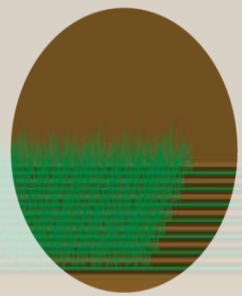
MicroMCA Multispektraldaten -> REIP



TetraCam MicroMCA Daten / REIP Pseudocolor

Biologische Schädlingsbekämpfung

- Vollautomatische und GPS-genaue Nützlingsausbringung
- Kontrollierte Ablage der Gelege
- Lückenlose Dokumentation
- Spart teure Arbeitszeit
- Sichert den Erfolg der biologischen Bekämpfungsmaßnahme



geo-konzept
inventarisieren · kartieren · optimieren

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Der Maiszünsler ist der wirtschaftlich bedeutendste Schädling im Maisanbau in Deutschland

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

- Zunehmender Maisanbau fördert Verbreitung
- Schäden betreffen Körner- und Silomais

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

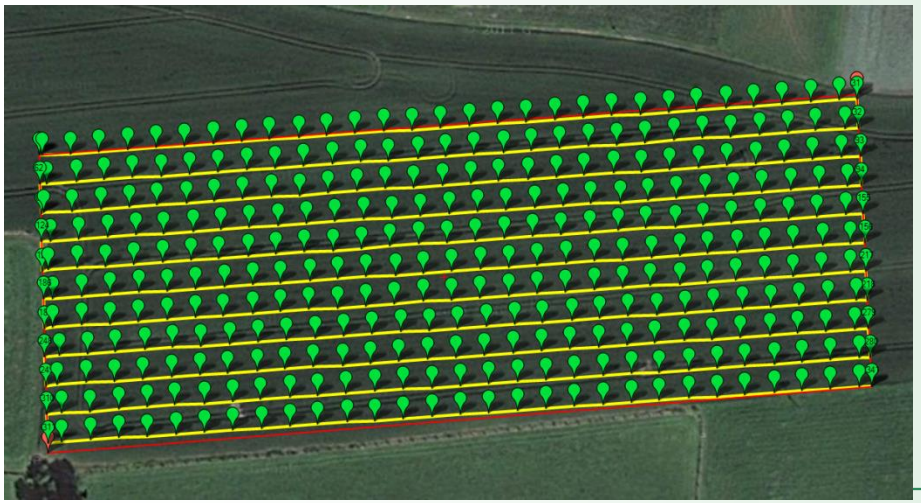
- Bekämpfung durch chemische oder biologische Mittel
- Chemie bekämpft lebenden Zünsler (99%)
- Trichogramma parasitiert Zünslereier (75%)

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

- Maiszünslerpopulation wird mittels Fallen beobachtet, um Bekämpfung zeitlich zu optimieren

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

- Ausbringen von Schlupfwespengelegen (200.000 Trichogrammen pro Hektar) mittels XR6 Dropper
- Automatischer Abwurf alle 10m



geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Tricho Dropper

Kapazität:

- 500 Trichokugeln

Pro Flug:

- 5 ha
- 10-15min
- ca. 300 EUR

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Fazit & Ausblick

Fazit:

1. Methoden der Fernerkundung im Allgemeinen und Multispektraldaten im Besonderen sind ein wichtiges Werkzeug zur Früherkennung von Schädlingsbefall und Pflanzenkrankheiten.

2. UAVs können einen entscheidenden Beitrag leisten, wenn es um die gezielte zeitnahe biologische Bekämpfung von Schädlingen geht.

3. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen hemmen aktuell die Weiterentwicklung von praxistauglichen UAVs mit höherer Flächenleistung aufgrund der Limitierung von Gewicht und erlaubter Reichweite.

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Fazit & Ausblick

Ausblick:

1. Mit der Entwicklung besserer Akkus werden auch Befliegungen größerer Flächen möglich.
2. Zu hoffen bleibt, dass die gesetzlichen Rahmenbedingungen an die Bedürfnisse der Landwirtschaft angepasst werden. Hieran wird aktuell gearbeitet
3. In Zukunft muss auch die teilflächenspezifische Ausbringung von Schädlingsbekämpfungsmitteln eine zentrale Rolle spielen und in das „Smart Farming“ integriert sein.

   -> Zur richtigen Zeit in der minimalen Menge am richtigen Ort
4. Gerade die Biologische Schädlingsbekämpfung kann durch den UAV Einsatz verstärkt gefördert werden und damit verringert sich der Pestiziteintrag in das Ökosystem.

geo-konzept GmbH
Gut Wittenfeld
D-85111 Adelschlag
www.geo-konzept.de

Fragen, Anmerkungen, …

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

geo-konzept