

Reflexionssimulation von Getreidebeständen mittels komplexer 3D-Pflanzenmodellen und deren Anwendung in der Fernerkundung



Theres Peisker

Daniel Spengler

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ – Sektion Fernerkundung

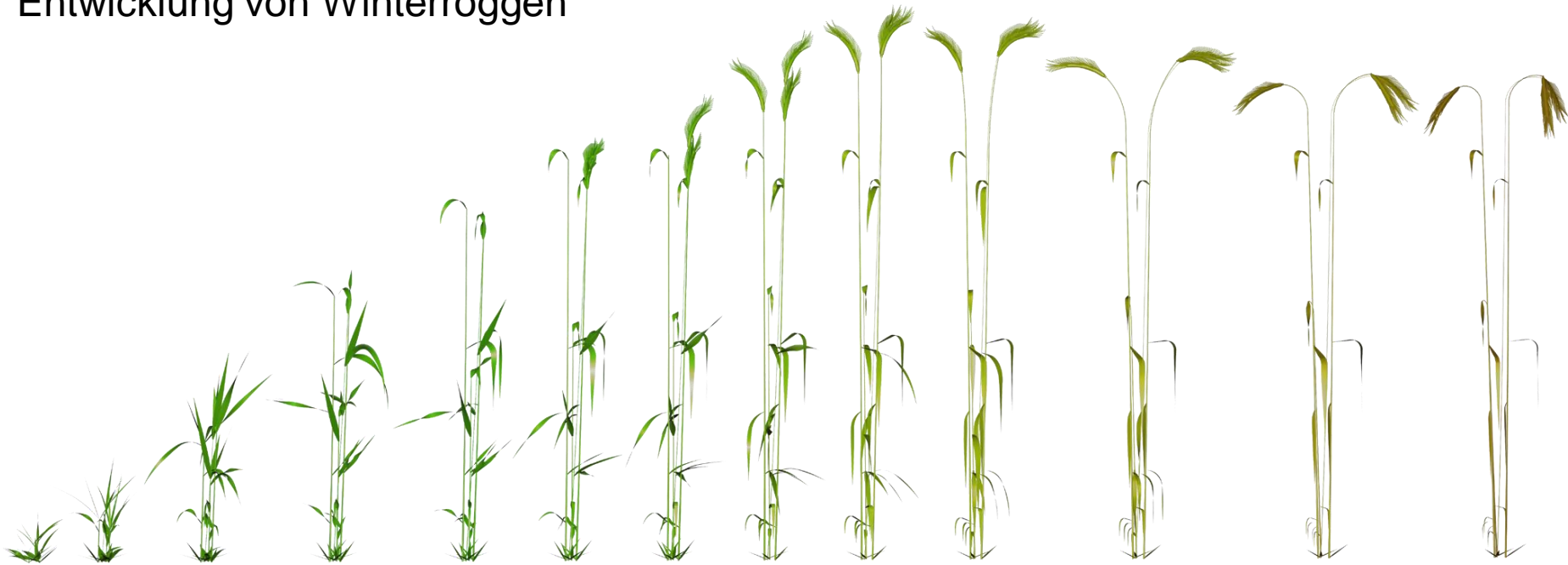
- Environmental Mapping & Analysis Program (EnMAP): Satellitenmission für das Monitoring natürlicher Ressourcen
- Simulierte Daten: Hauptdatenquelle während der Vorbereitungsphase
- Landwirtschaft eines der Kernthemen der EnMAP Mission

- Entwicklung eines spektralen, räumlichen und zeitlichen Simulationsmodells zur Simulation von Getreidebestandsreflexion

- Daraus abgeleitete Anwendungen:
 -  Ableitung des Blattflächenindex aus multiangularen Beobachtungen
 -  Klassifikation von Getreidearten und Wachstumsstadium

► AmapSim (Barczi, 2008)

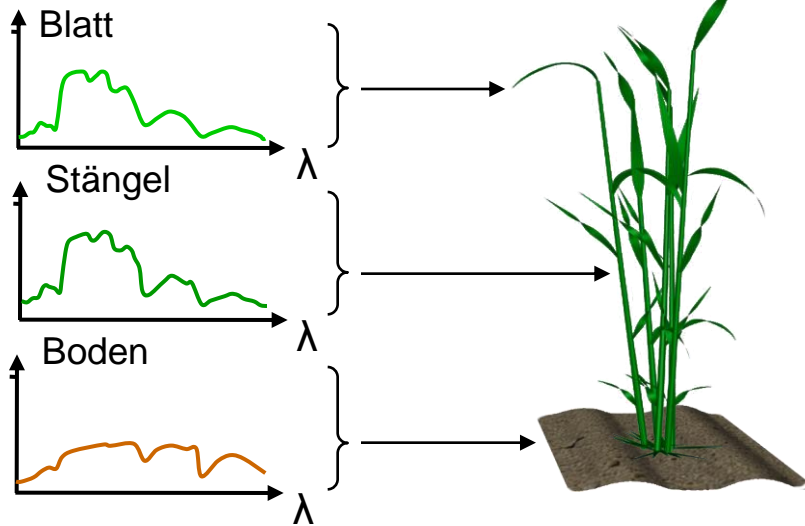
Entwicklung von Winterroggen



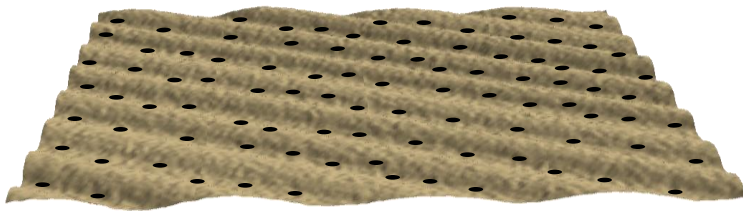
J-F Barczi, H Rey, Y Caraglio, P de Reffye, D Barthélémy, Q X Dong and T Fourcaud (2008). AmapSim: A structural whole-plant simulator based on botanical knowledge and designed to host external functional models. *Annals of Botany*, 101, pp. 1125-1138.

Komposition des 3D Bestandsmodell

3D Pflanze + Material



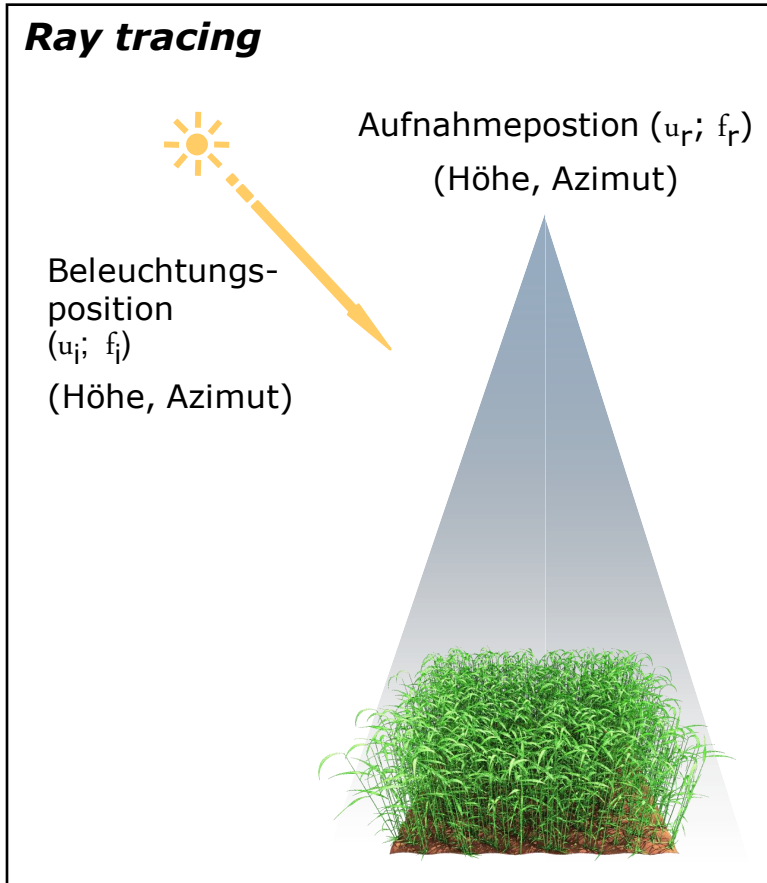
3D Boden + Pflanzenposition



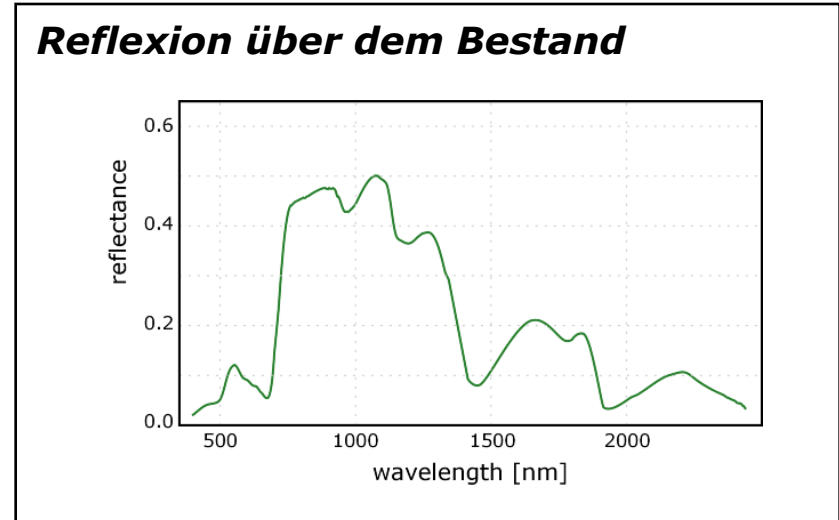
MODELKOMPOSITION



- drat (Lewis, 1999)



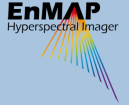
↓
RAY TRACING
↓



P Lewis (1999). A botanical plant modelling system for remote sensing simulation studies. *Agronomie*, 19, pp.185-210.



Ableitung des Blattflächenindex aus multiangularen Beobachtungen

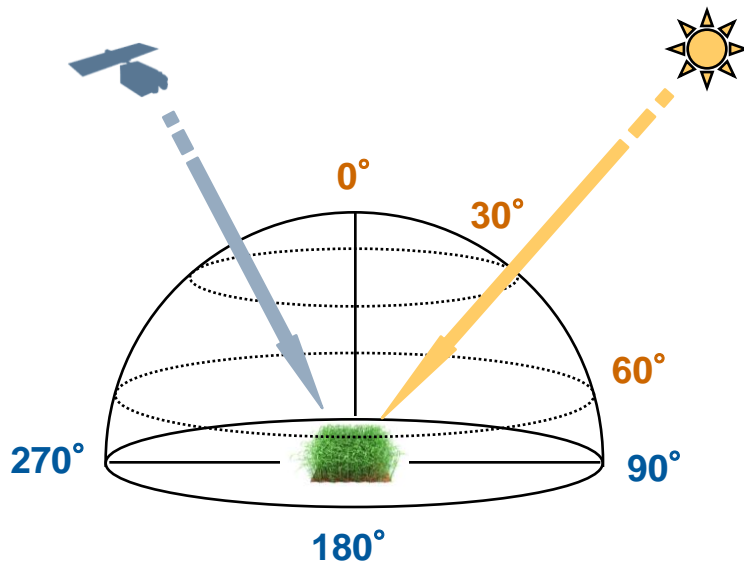


- **Aufbau einer spektralen Datenbank (240 Bestände):**
 - ◆ Über 100 Beobachtungen eines Bestands mit unterschiedlicher Beobachtungsgeometrie
 - ◆ Berechnung der “Wahren” LAI-Werte aus dem 3D Bestandsmodell
- **State-of-the-art LAI-Ableitung mittels Empirischer Modelle:**
 - ◆ Korrelation zwischen LAI und Vegetationsindex
 - ◆ Lineares Regressionsmodell (1st order polynomial)
- **Verschiedene State-of-the-art VIs getestet**
 - ◆ Narrow band indices, broad band indices
 - ◆ Ratios (e.g. SR, GI)
Differences (e.g. DVI)
Modified ratios (e.g. MSR)
Normalised differences (e.g. NDVI)
Modified normalised differences (e.g. MSAVI, OSAVI)
Integral indices (e.g. RII)
Derivative indices (e.g. sum of R' between R'680 – R'780)
Other indices (e.g. REIP)

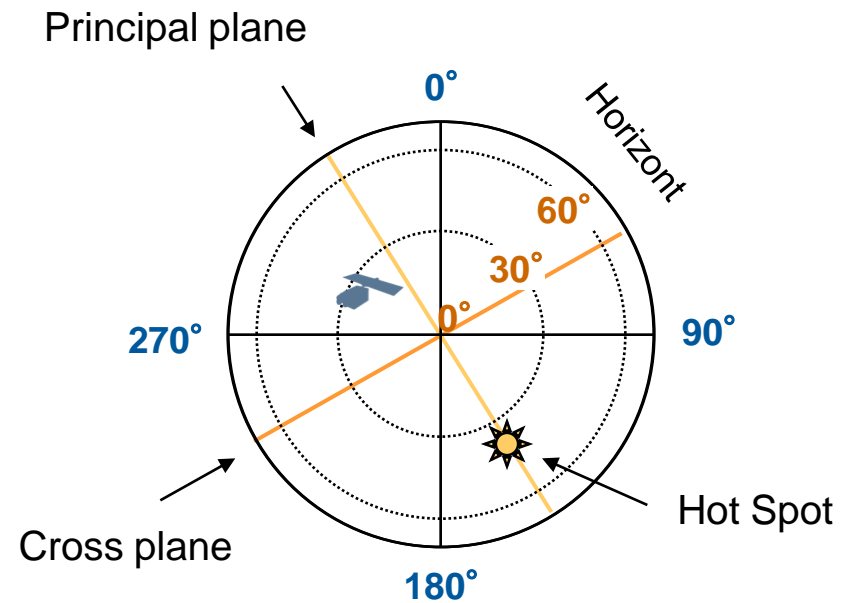


► Beobachtungsgeometrie

- ◆ Hemisphäre über Ziel: **Azimutwinkel**, **Zenitwinkel**



Schrägsicht



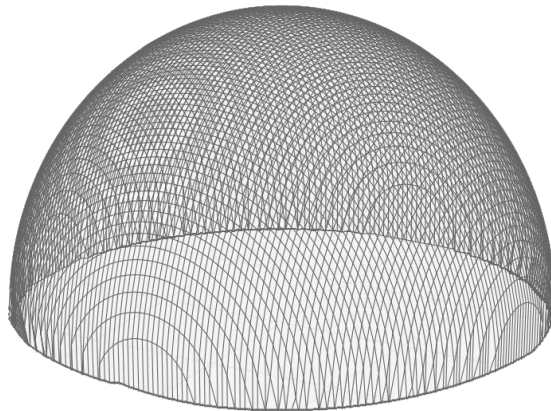
Nadir - Aufsicht



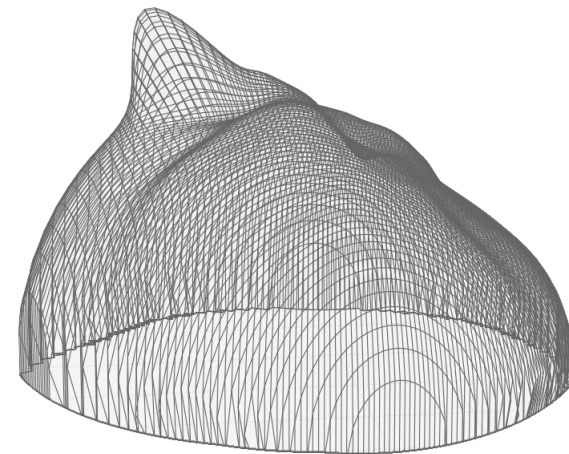
Bidirektionale Reflexionsverteilungsfunktion (BRDF)

- BRDF = Verhältnis aus differentieller Strahlungsdichte in Beobachtungsrichtung und der differentiellen Bestrahlungsstärke aus Beleuchtungsrichtung

$$f_r(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r) = \frac{dL_r(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r)}{dE_i(\theta_i, \phi_i)} \left[\frac{1}{sr} \right]$$



BRDF bei Lambertscher Reflexion

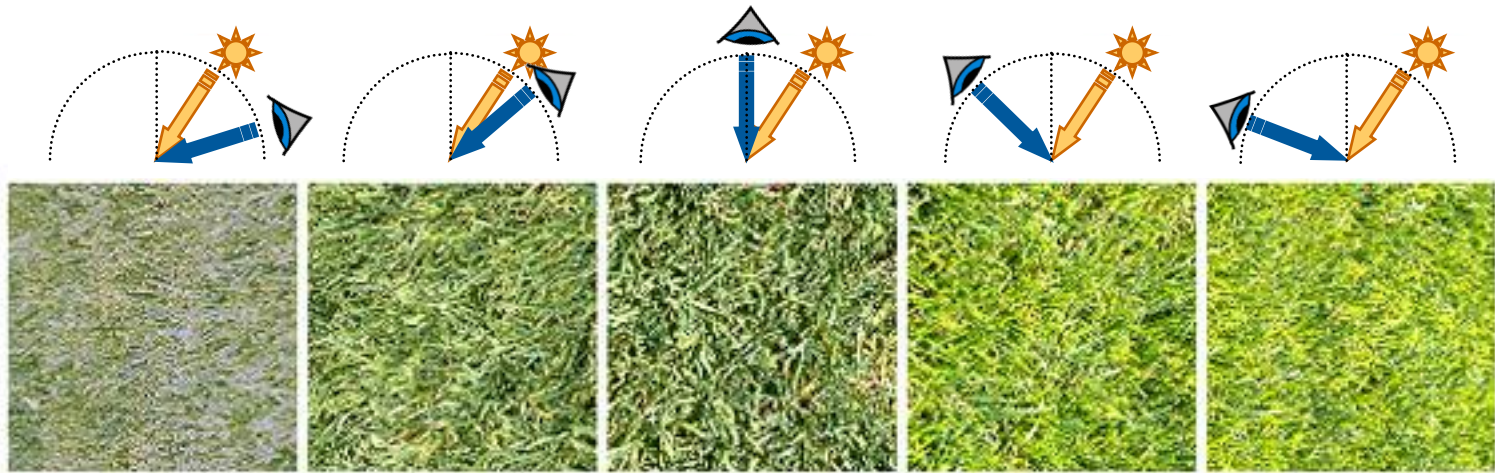


BRDF bei anisotroper Reflexion



Bidirektionale Reflexionsverteilungsfunktion (BRDF)

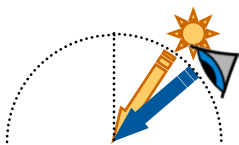
➤ Anisotrope Reflexion bei Gras



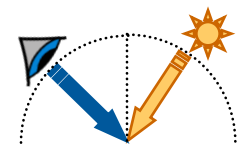
Quelle: <http://www.geo.uzh.ch/en/units/rsl/research/spectroscopy-spectrolab/>

➤ Anisotrope Reflexion bei Winterroggen

Rückwärtsstreuung



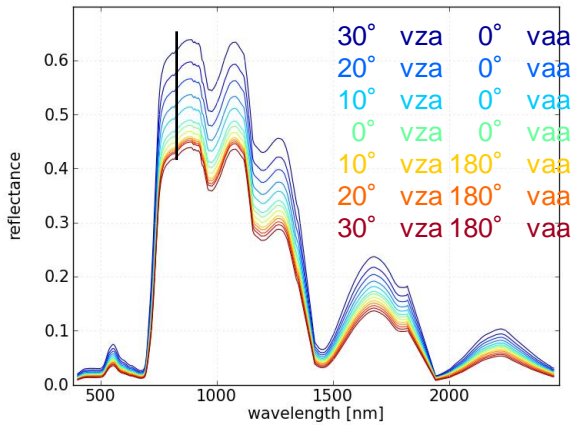
Vorwärtsstreuung



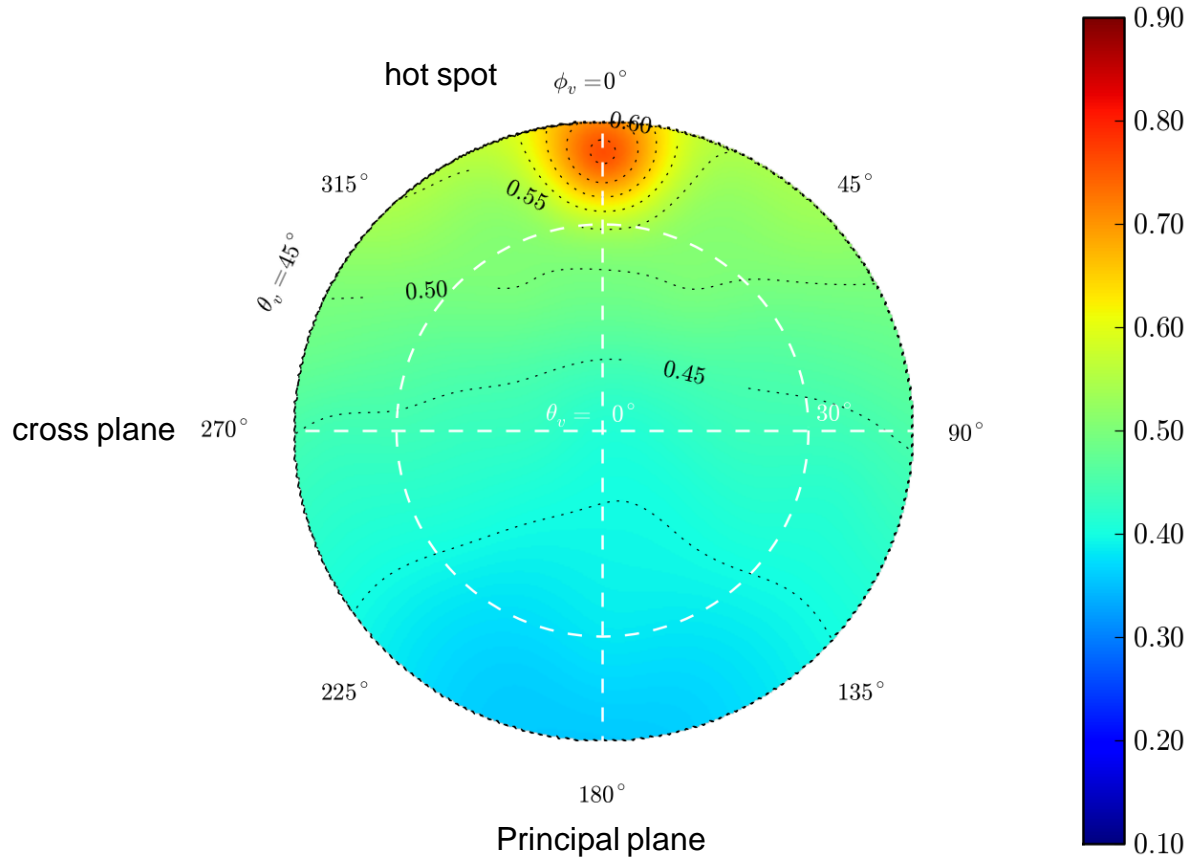


Einfluss der Beobachtungsgeometrie auf die Reflexion

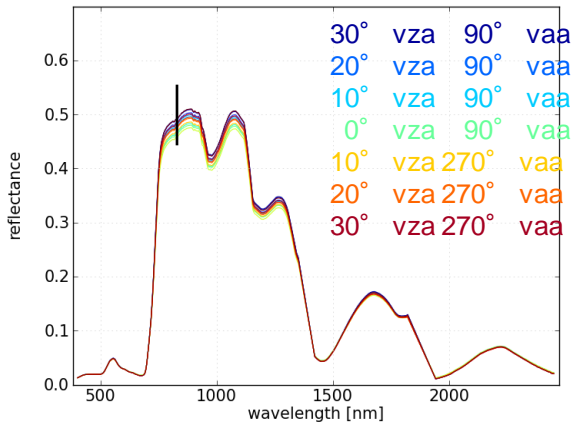
Reflexion in der Principal plane



BRDF ($\lambda=800\text{nm}$; $u_i=40^\circ$; $f_i=136$) eines Winterroggenbestands



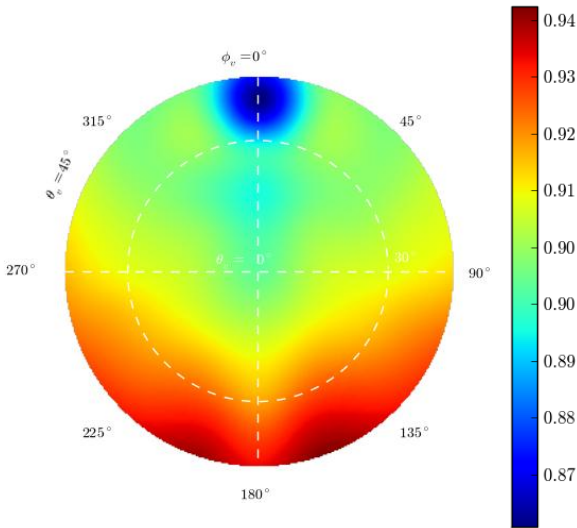
Reflexion in der Cross plane



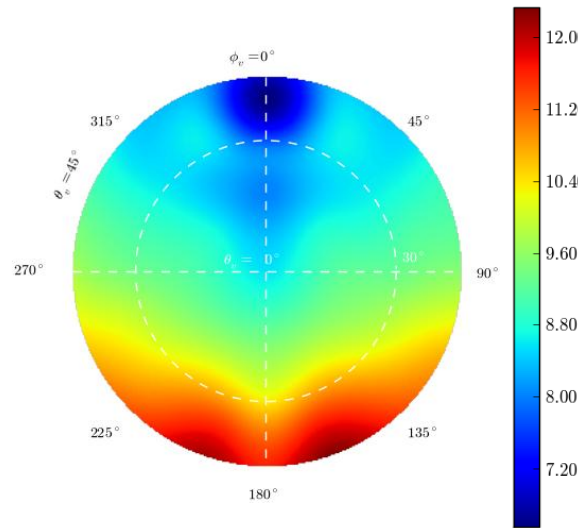


Einfluss der Beobachtungsgeometrie auf VIs

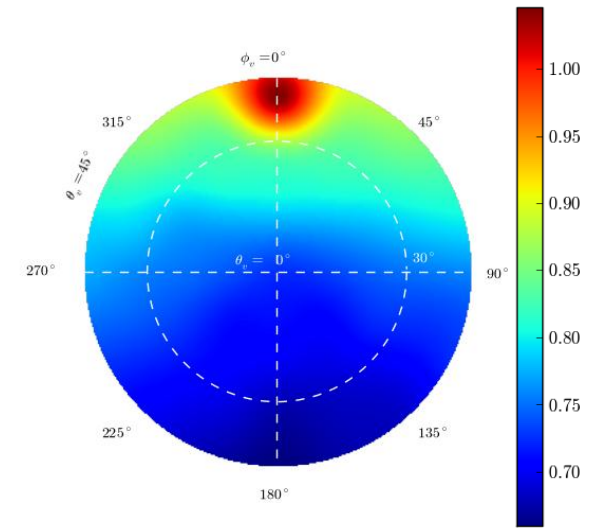
NDVI (BRDF ($u_i=40^\circ$))



SR (BRDF ($u_i=40^\circ$))



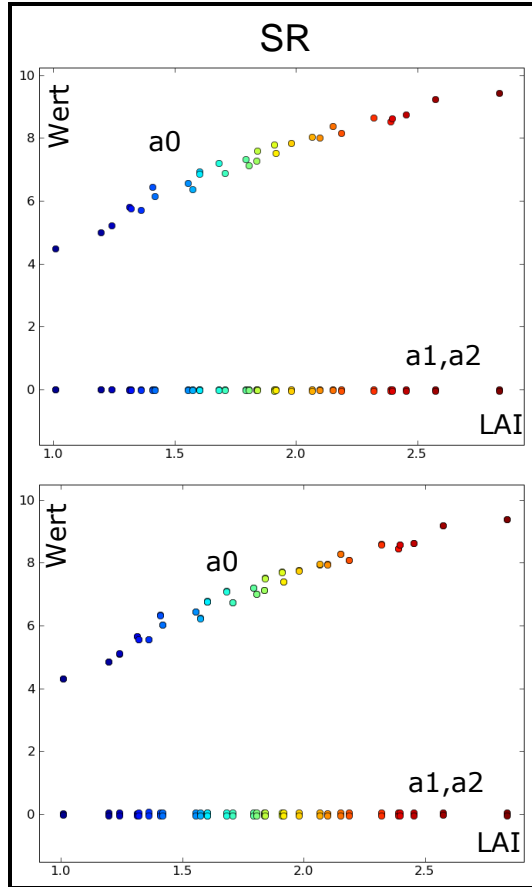
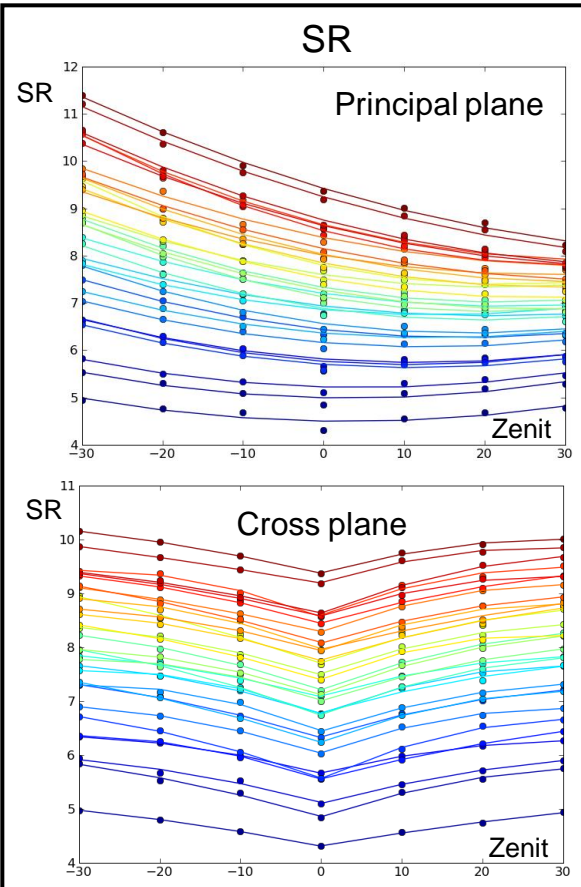
EVI (BRDF ($u_i=40^\circ$))



- Verschiedene VIs zeigen unterschiedliche Struktur in der BRDF-Darstellung
- ➔ Ist es möglich diese Struktur zu korrigieren ?



VIs in Principal plane und Cross plane



Korrelation zwischen VI und Zenitwinkel

$$VI(z) = a_2 \times z^2 + a_1 \times z + a_0$$

$$a_0 = VI - a_2 \times z^2 - a_1 \times z$$

→ a2 und a1 aus Mittelwert aller Regressionen

korrelation zwischen LAI und a0

$$LAI = b_1 \times a_0 + b_0$$

$$LAI(VI, 0^\circ) = b_1 \times VI + b_0$$

→ b1 und b0 sind Parameter der Regression aus den Nadirbeobachtungen

$$LAI(VI, z) = b_1(VI - a_2 \times z^2 - a_1 \times z) + b_0$$

- Jede Farbe steht für einen Bestand mit einem bst. LAI-Wert (blau niedrige, rot hohe Werte), Punkte sind gemessene Werte und Linien sind Regressionskurven → Regressionskurven scheinen Isolinien zu sein → Korrekturfunktion = Parameterfunktion der Isolinien ?



LAI Ableitung mit Korrekturfunktion



➤ Ableitungsergebnisse mit Korrekturfunktion

Winkel zwischen Sonnenazimut und Azimut der Reihenorientierung = 0°

	NDVI	SR	MSR	DVI	EVI	MSAVI
principal plane	CoD=0.74 RMS=0.22	CoD=0.89 RMS=0.14	CoD=0.88 RMS=0.15	CoD=0.94 RMS=0.11	CoD=0.93 RMS=0.12	CoD=0.92 RMS=0.13
cross plane	CoD=0.70 RMS=0.23	CoD=0.94 RMS=0.11	CoD=0.92 RMS=0.13	CoD=0.95 RMS=0.10	CoD=0.93 RMS=0.12	CoD=0.93 RMS=0.12

Winkel zwischen Sonnenazimut und Azimut der Reihenorientierung = 30°

	NDVI	SR	MSR	DVI	EVI	MSAVI
principal plane	CoD=0.70 RMS=0.25	CoD=0.39 RMS=0.37	CoD=0.50 RMS=0.33	CoD=0.87 RMS=0.17	CoD=0.85 RMS=0.18	CoD=0.81 RMS=0.20
cross plane	CoD=0.69 RMS=0.26	CoD=0.70 RMS=0.26	CoD=0.72 RMS=0.25	CoD=0.90 RMS=0.15	CoD=0.89 RMS=0.16	CoD=0.88 RMS=0.16



- Erste Versuche zeigen gute Ergebnisse
- Korrekturfunktion ist unabhängig von Beziehung zwischen LAI and VI
- ➔ Funktion korrigiert VI-Wert der verschiedenen Beobachtungen unter Nutzung der empirischen Beziehung zwischen LAI und VI einer vorhergehenden Regression der Nadirbeobachtungen

- ABER:
 - ◆ Qualität hängt von Bestandsstruktur ab (je homogener Bestand, desto besser die Ergebnisse)
 - ◆ Muss für jedes Wachstumsstadium extra berechnet werden
 - ◆ Muss für jeden Sonnenstand extra berechnet werden

- Zukunft: Korrekturfunktion für unterschiedliche Pflanzenarten berechnen und Tabellarisieren in Abhängigkeit von Sonnenstand und Wachstumsstadium



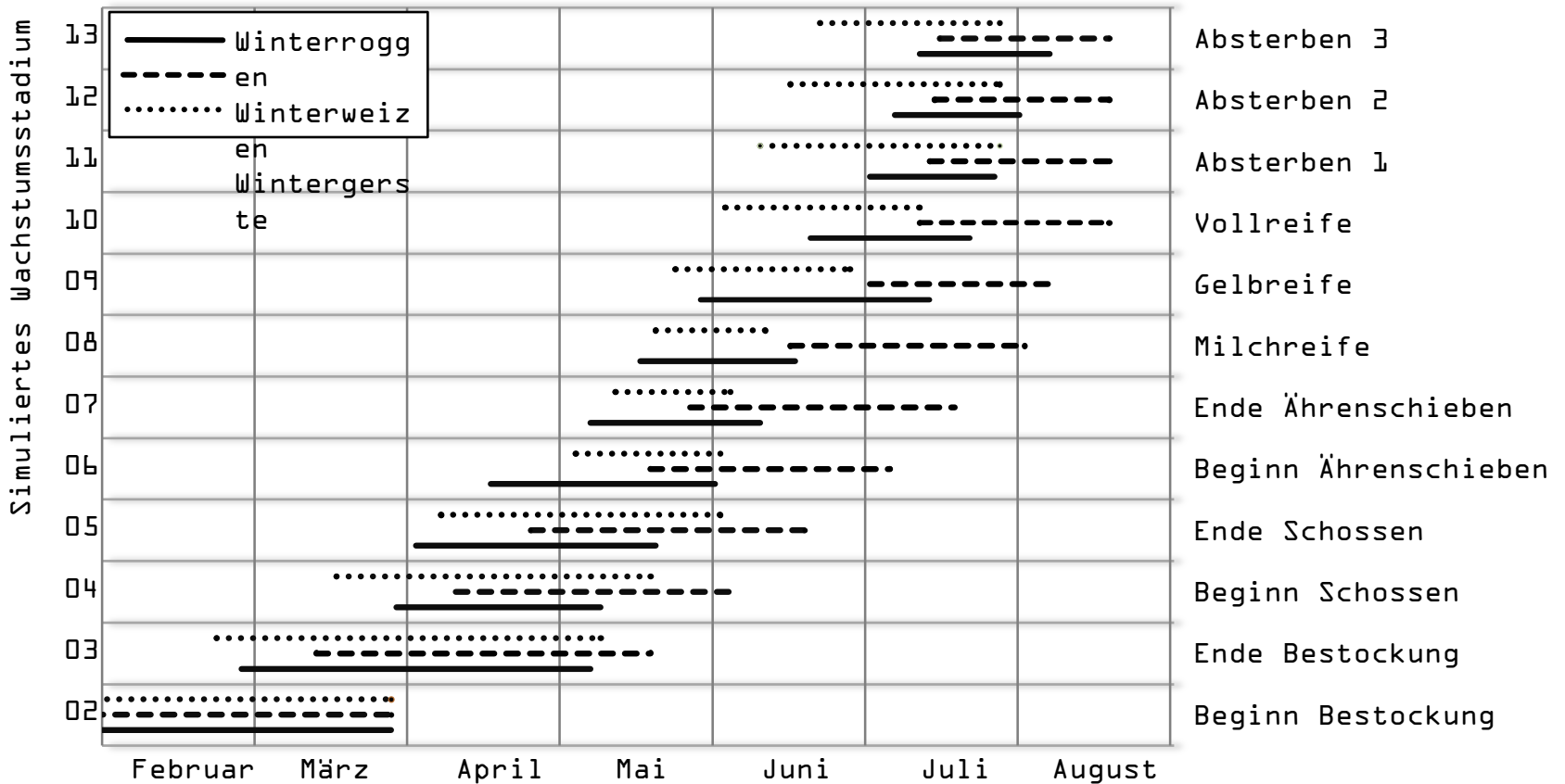
Klassifikation von Getreidearten

- Ziel: Bestimmung der Getreideart und der Wachstumsstadien
- Datenbank mit Reflexionsspektren variierend in:
 - ◆ Bestandsarchitektur (Reihenabstand, Dichte)
 - ◆ Pflanzenarchitekture (Anzahl der Triebe, Entwicklung der Pflanze)
 - ◆ Optische Eigenschaften des Bodens
- Nutzung der Daten für das „Training“ eines Klassifikators
- Standardmethoden ergaben geringe schlechte Genauigkeiten
- Notwendigkeit für die Entwicklung eines neuen Klassifikators
 - ◆ pMDC = paarweise Minimum Distanz Klassifikation



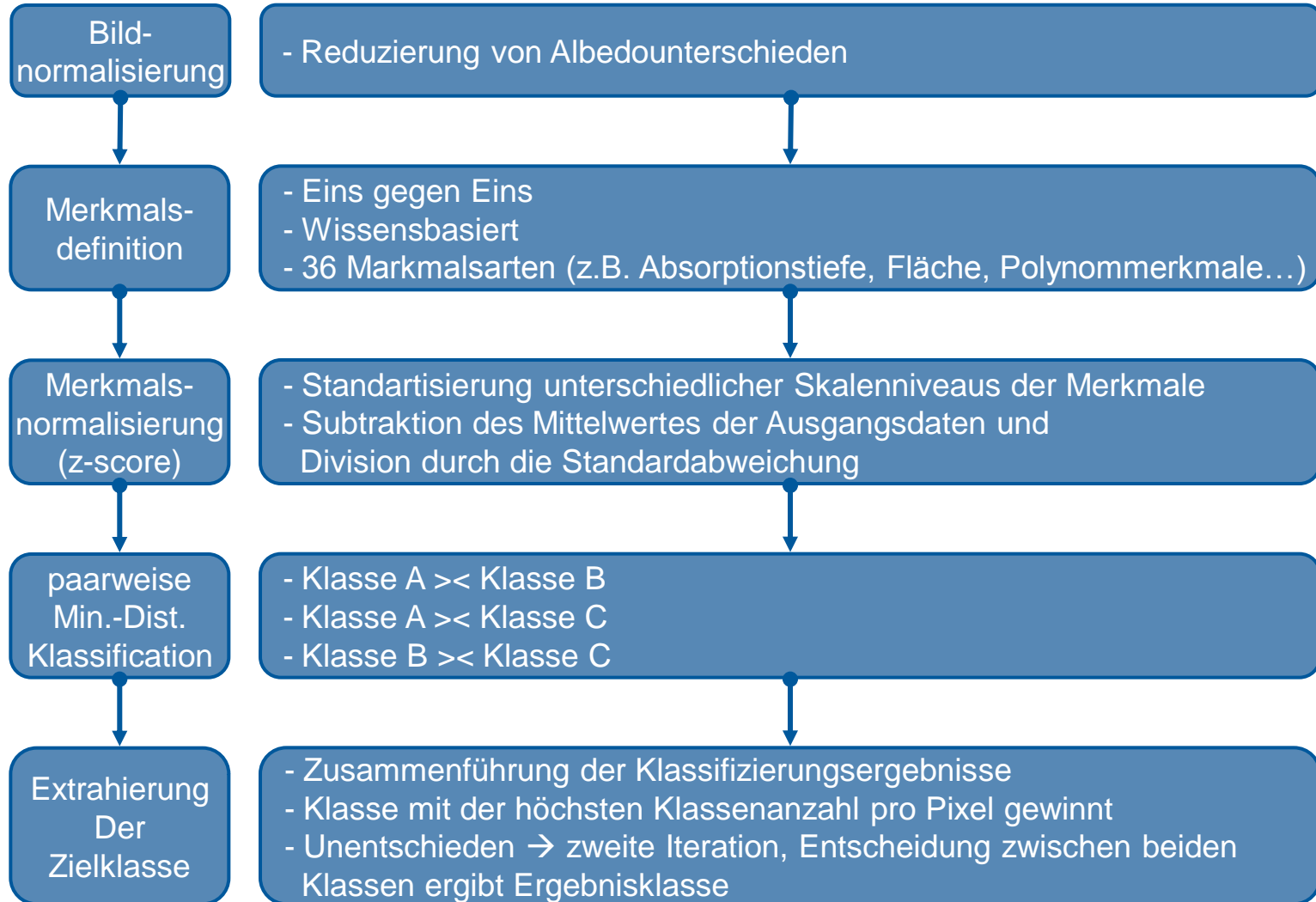
Auswahl der Eingabeklassen

Auftreten von Wachstumsstadien über die letzten 50 Jahre in Brandenburg (± 10 Tage)



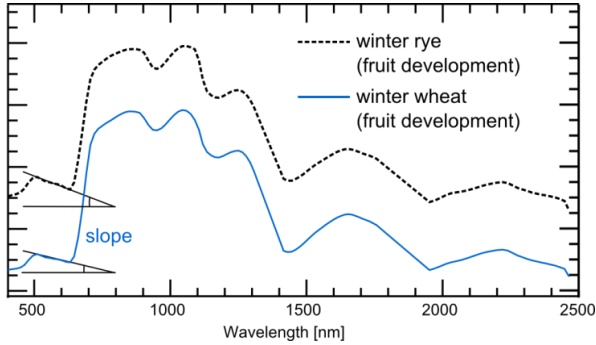


Schema zur Klassifikation mittels pMDC

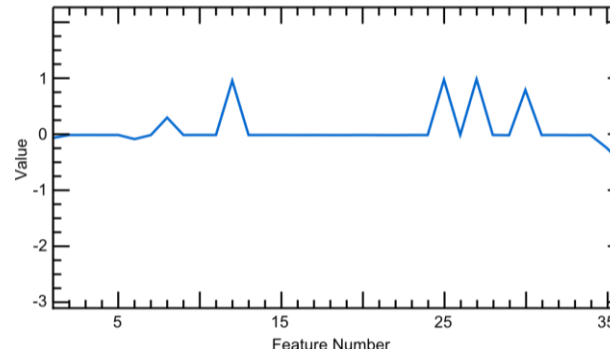
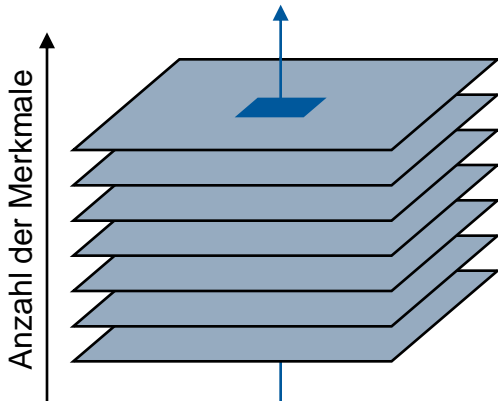
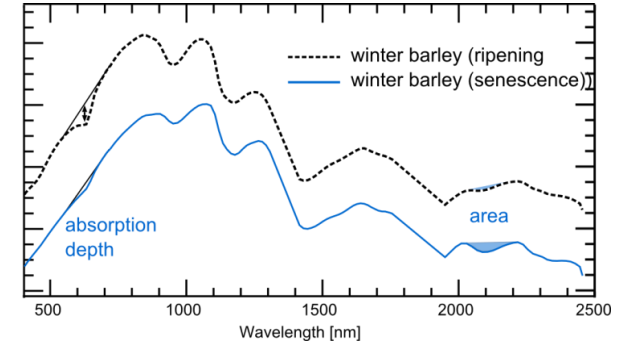
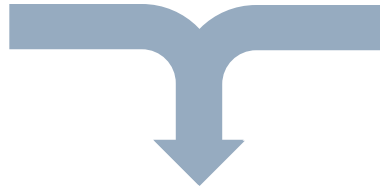




Merkmalsdefinition und Vorprozessierung



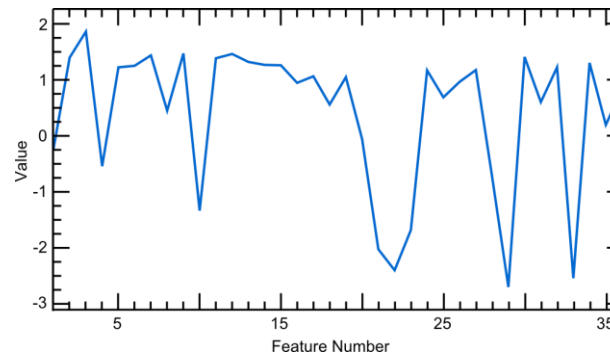
Merkmalsauswahl



Merkmalsbild
(z-Plot)



z-Transformation

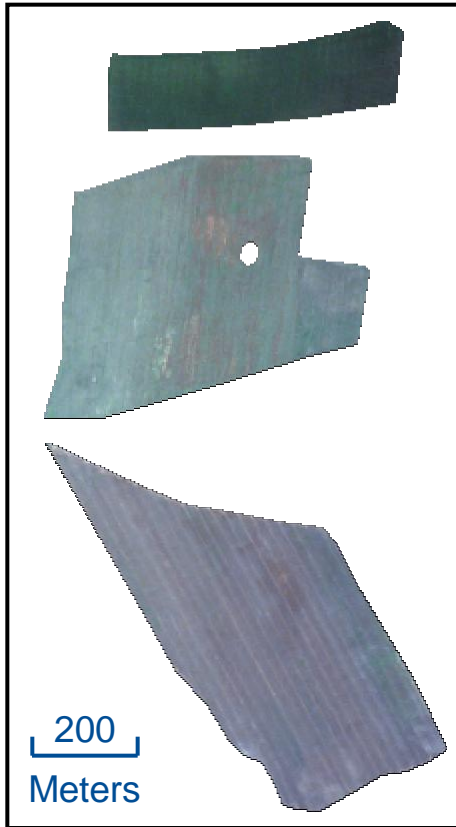


z-transformiertes
Merkmalsbild



Klassifizierungsergebnis Wittbrietzen (HyMap 20.06.2007)

HyMap CIR

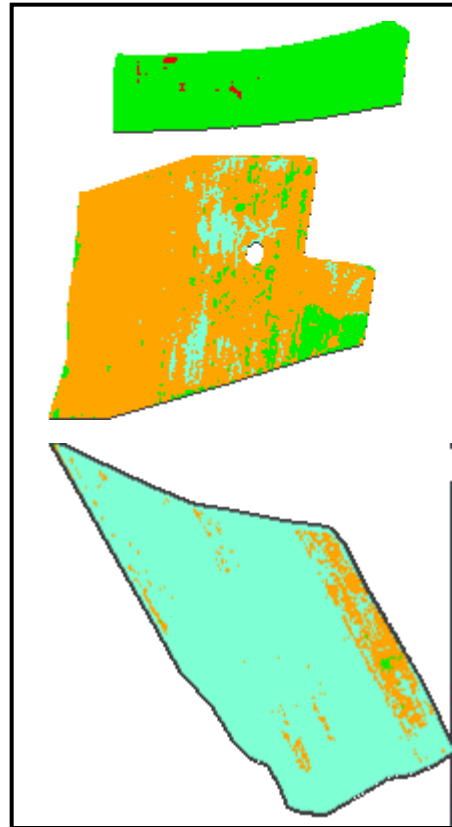


Winterweizen
Beginn Reife

Winterroggen
Absterben 1

Wintergerste
Absterben 3

Klassifizierungsergebnis



Gesamtgenauigkeit 89.2 %
Getreideart +
Wachstumsstadium

Weizen – 97.3%
Roggen – 78.8 %
Gerste – 86.6 %

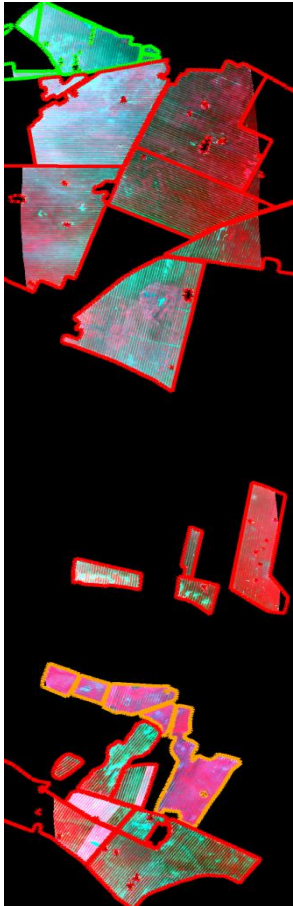
4 Klassen der 12 Eingabeklassen

- Winterweizen – Reife 1
- Winterroggen – Reife 2
- Winterroggen – Absterben 1
- Wintergerste – Absterben 3



Klassifizierungsergebnis Demmin (HyMap 27.05.2005)

HyMap CIR



Klassifizierungsergebnis











Gesamtgenauigkeit 69.8 %
Getreideart + Wachstumsstadium

Weizen – 75.1%
Roggen – 63.8 %
Gerste – 24.3 %

Gesamtgenauigkeit 78.4 %
Getreideart

9 Klassen bei 9 Eingabeklassen

-  Winterroggen (06)
-  Winterroggen (07)
-  Winterroggen (08)
-  Winterweizen (04)
-  Winterweizen (05)
-  Winterweizen (06)
-  Wintergerste (05)
-  Wintergerste (06)
-  Wintergerste (07)

Zusammenfassung

- Im Vergleich zu Standardmethoden (ML, MD, SVM) konnten gute Ergebnisse erreicht werden
- ➔ simulierte Daten können zum Trainieren eines Klassifikators genutzt werden
- ➔ Problemgründe:
 - ◆ Fehlende Bodeninformationen
 - ◆ Keine Pflanzenkrankheiten implementiert
 - ◆ Abnorme Wachstumsentwicklungen nicht implementiert

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



theres.peisker@gfz-potsdam.de



daniel.spengler@gfz-potsdam.de

www.gfz-potsdam.de