



# HYLAND

***Nutzung hyperspektraler Fernerkundung zur Bereitstellung  
landwirtschaftlicher Boden- und Pflanzenparameter  
für Precision Farming und Ertragsprognosen***

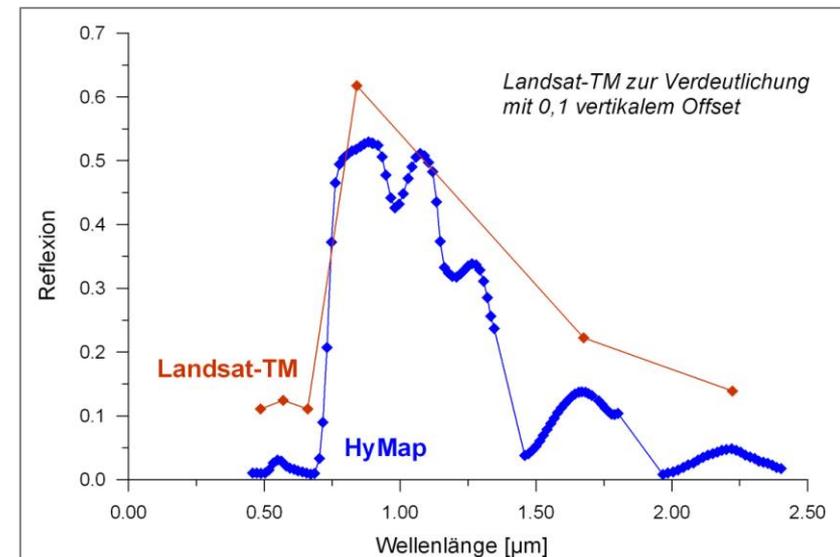
**Bastian Siegmann (Universität Osnabrück), Thomas Jarmer (Universität Osnabrück),  
Thomas Selige (TU München), Holger Lilienthal (Julius Kühn-Institut Braunschweig),  
Bernhard Höfle (Universität Heidelberg)**

1. Einleitung
2. Projektbeschreibung
3. Projektaktivitäten 2010-13
4. Ergebnisse
5. Zusammenfassung & Ausblick



## Hintergrund des Projektes Hyland

- Prognose der zu erwartenden landwirtschaftlichen Erträge hat sehr hohe Bedeutung für die Ernährungssicherung und Krisenvorsorge
- derzeitige Modelle berücksichtigen im Wesentlichen jedoch nur das aktuelle Witterungsgeschehen und Informationen zur Bestandesführung, um eine Prognose für die Ertragserwartung zu ermitteln
- hyperspektrale Fernerkundung ermöglicht es, neben der aktuellen Zustandsbeschreibung landwirtschaftlicher Flächen, auch wichtige Bodeneigenschaften und biochemische Pflanzenparameter zu bestimmen, die die Genauigkeit von Ertragsprognosen deutlich erhöhen können



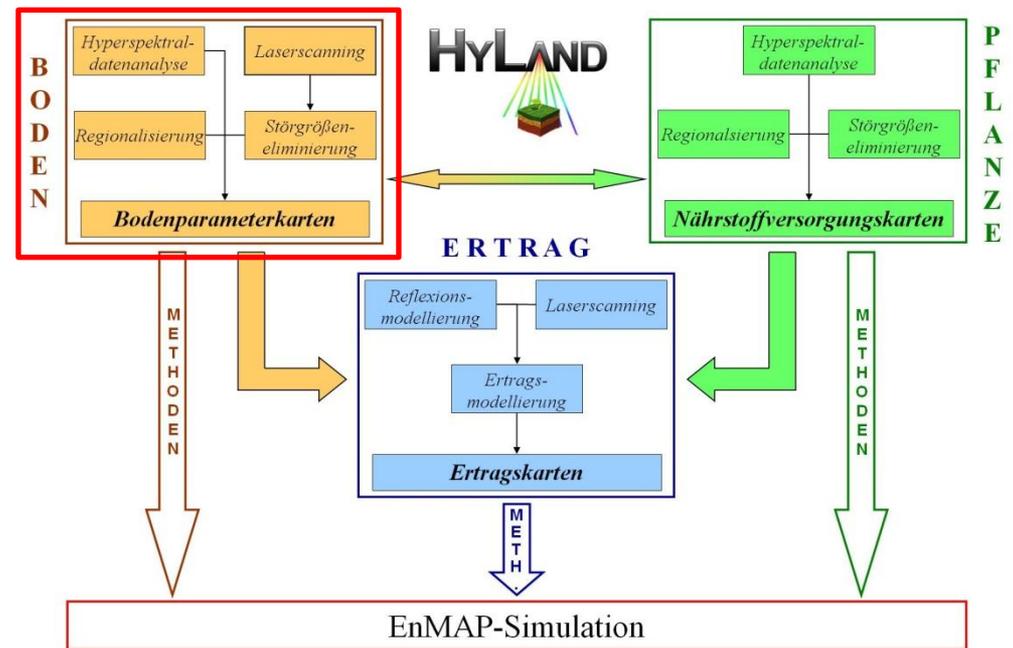
## Ziele des Projektes

- Ableitung wichtiger landwirtschaftlicher Parameter aus Hyperspektraldaten
  - Bodenparameter
  - Pflanzenparameter
- Implementierung der generierten Parameter in neuartige Ertragsmodelle

→ *durch die Kopplung von Hyperspektraldaten mit Pflanzenwachstumsmodellen sind Ertragsprognosen von neuer Qualität zu erwarten*

# HyLand

- **Verbundprojekt** bestehend aus 3 Teilprojekten und 4 Projektpartnern
- **Förderung:** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- **Laufzeit:** 01.11.2010 - 31.01.2014
- **Projektpartner:**
  - Universität Osnabrück
  - TU München
  - JKI Braunschweig
  - Universität Heidelberg



## Felddaten

### 6 Geländekampagnen im Untersuchungsgebiet

- 3 mit Fokus auf Weizen, 2 mit Fokus auf Boden und 1 mit Fokus auf Mais
- Spektrale Erfassung der Pflanzen und Böden mit Feldspektrometern
- zusätzlich SPAD- und LAI-Messungen sowie Bestandshöhe, EC-Stadium, Fotos, Anzahl der Pflanzen pro Plot, Frisch-/Trockenmasse, (N- und C-Gehalt im Labor)
- Entnahme zahlreicher Bodenproben - Aufbereitung der Proben und spektrale Vermessung im Labor sowie Bestimmung des Kohlenstoffgehalts



## Bilddaten

### 1. Geländedaten

- PentaSpek-Aufnahmen aus den Jahren 2011 und 2012

### 2. Flugzeugdaten

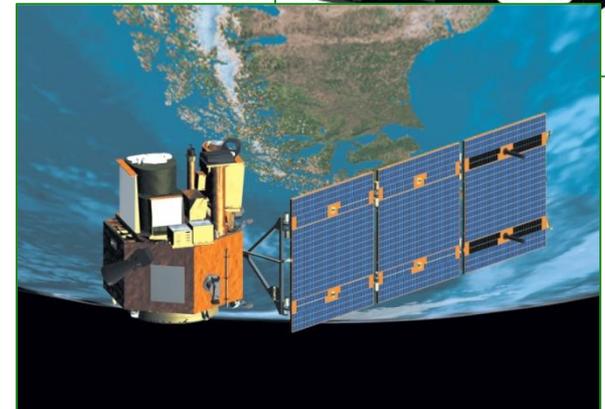
- 3 Befliegungen mit dem abbildenden Hyperspektralscanner AISA-DUAL (10.05.2011/ 28.06.2011/ 24.05.2012)

### 3. Satellitendaten

- Hyperion- und ALI-Daten aus dem Jahr 2012
- Landsat 5 und 7 Daten aus den Jahren 2011 und 2012
- Simulierte EnMAP- und SENTINEL 2 Daten

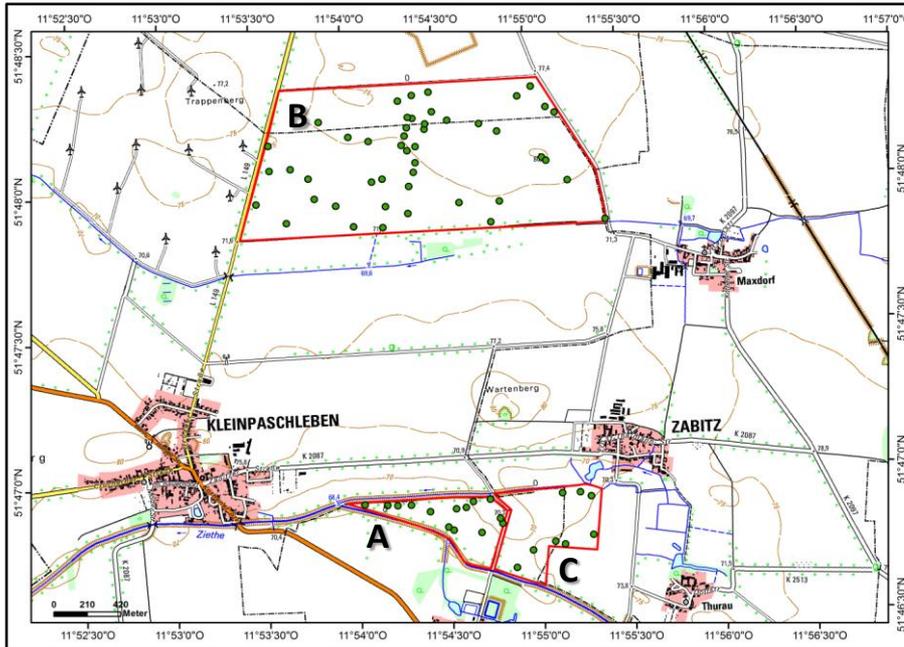


AISA-DUAL ([www.specim.fi](http://www.specim.fi))



EO-1 ([www.solarsystem.nasa.gov](http://www.solarsystem.nasa.gov))

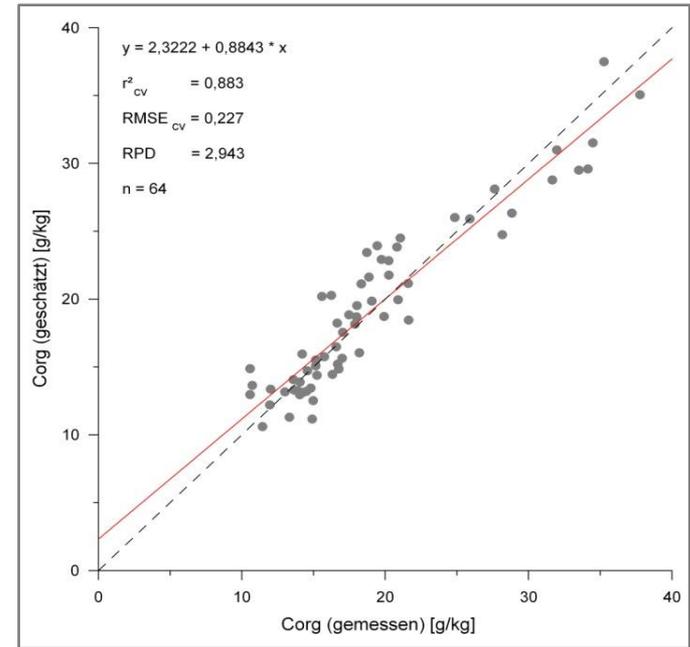
## Ableitung von Bodenparametern aus Laborspektren



Beprobte Schläge 2011 - Bodenproben  
(Hintergrund TK-25, Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt)

Deskriptive Statistik ( $C_{org}$  in g/kg)

Schlag	n	Min	Max	Mw.	Std.-Ab.
A	14	16,7	39,1	31,0	6,5
B	46	9,1	21,6	15,7	3,2
C	8	10,0	40,9	22,7	9,8



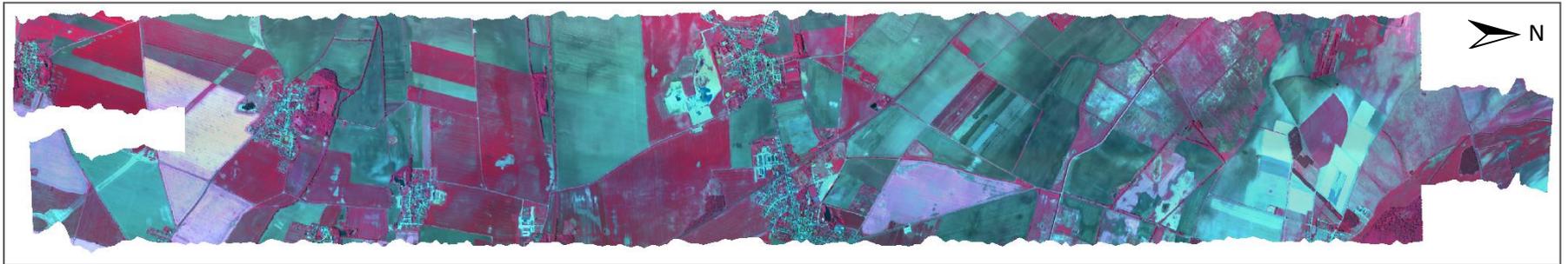
Scatterplot der PLSR-Schätzung (kreuzvalidiert) für  $C_{org}$  aus Laborspektren (Proben dreier Schläge)

Ergebnisse der PLS-Regressionen

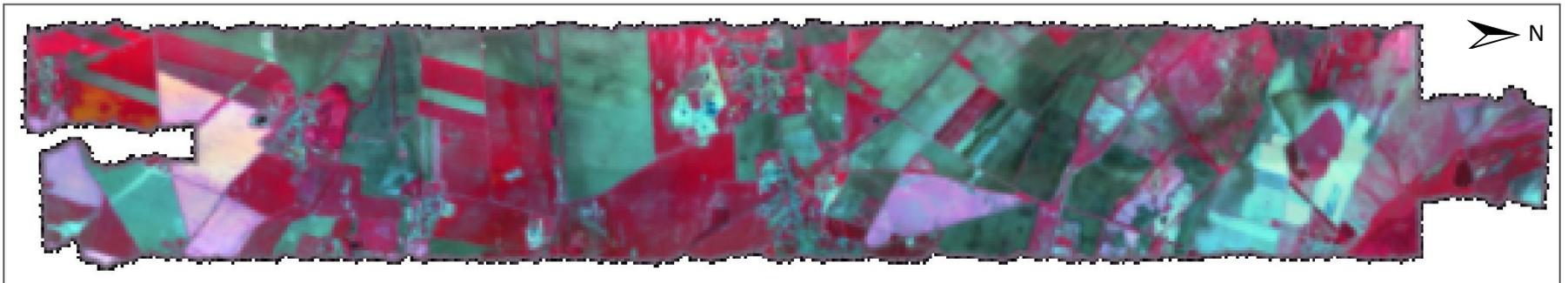
n	$r^2_{cv}$	RMSE <sub>cv</sub>	RPD
68	0,88	2,32	2,94

## Simulierte EnMAP-Bilddaten

### Mosaik AISA-DUAL (3 Bildstreifen) vom 10.05.2011

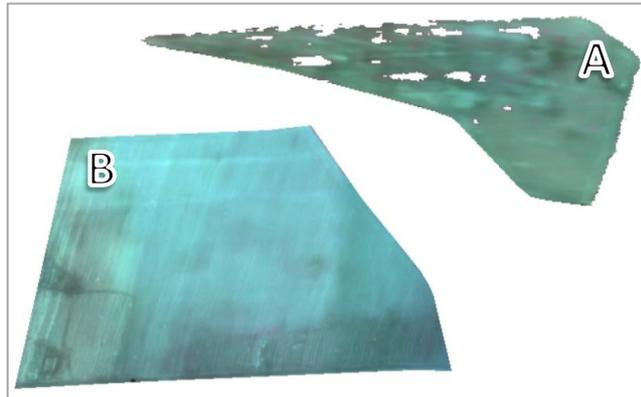


### Simulierte EnMAP-Daten aus AISA-DUAL Mosaik



# 4. Ergebnisse- Organischer Kohlenstoffgehalt

Unbedeckter Boden – AISA-DUAL (RGB 859/648/551 nm)



Unbedeckter Boden – EnMAP simuliert (RGB 863/652/548 nm)

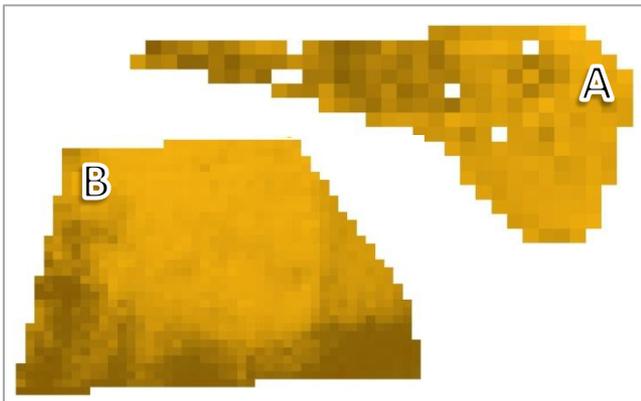


EnMAP-Simulation  
mit EeteS

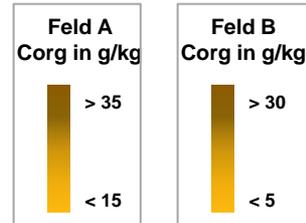
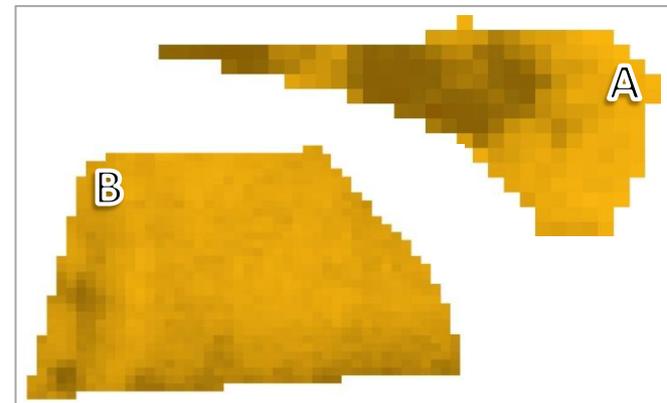
AISA-DUAL

EnMAP Simulation

Organischer Kohlenstoff – AISA-DUAL (GSD 30 m)



Organischer Kohlenstoff – EnMAP simuliert (GSD 30 m)



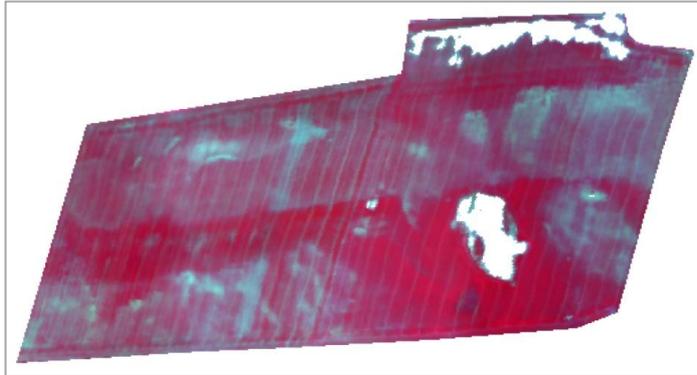
Siegmann et al. 2012

	n	$r^2_{cv}$	RMSE <sub>cv</sub>	RPD
AISA-DUAL (3 m)	32	0,93	2,48	3,90
AISA (30 m)	32	0,72	5,09	1,90

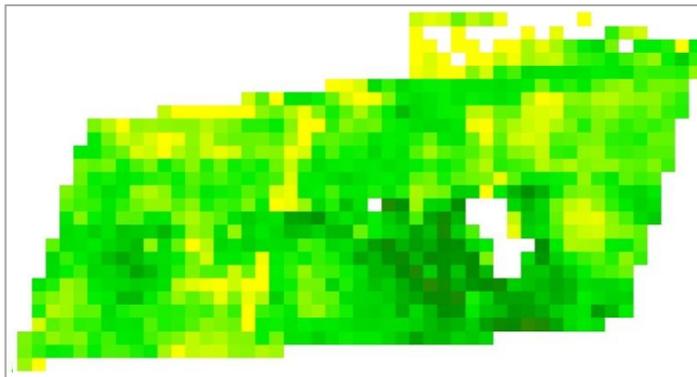
Geschätzter organischer Kohlenstoff mittels PLSR (kreuzvalidiert)

## 4. Ergebnisse - LAI

Weizenschlag – AISA-DUAL (RGB 859/648/551 nm)



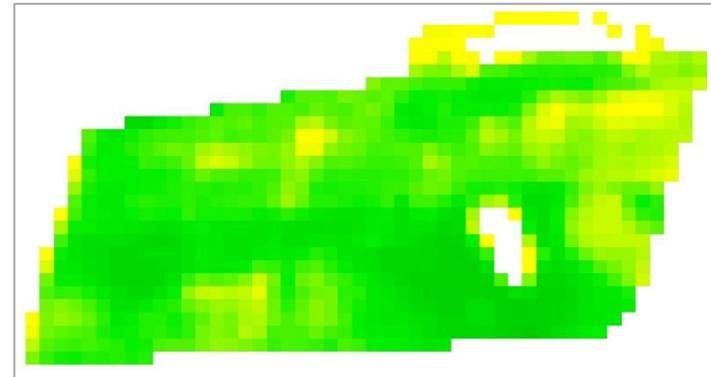
LAI – AISA-DUAL (GSD 30 m)



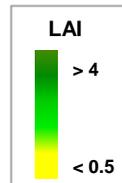
Weizenschlag – EnMAP simuliert (RGB 863/652/548 nm)



LAI – EnMAP simuliert (GSD 30 m)



EnMAP-Simulation  
mit EeteS



AISA-DUAL

EnMAP Simulation

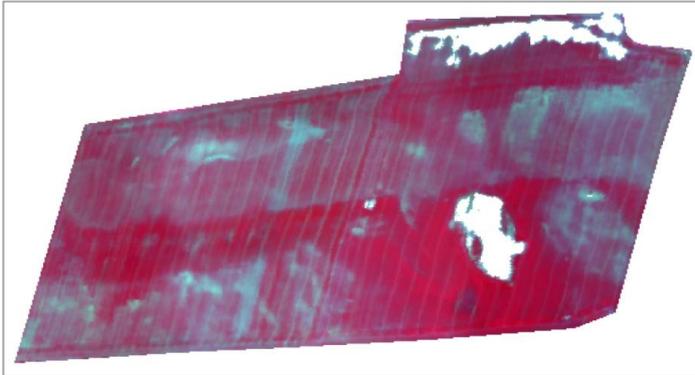
Jarmer et al. 2013

	n	$r^2_{cv}$	RMSE <sub>cv</sub>	RPD
AISA-DUAL (3 m)	35	0,94	0,22	3,28
AISA (30 m)	35	0,68	0,45	1,62

Geschätzter LAI mittels PLSR (kreuzvalidiert)

# 4. Ergebnisse - Stickstoffkonzentration

Weizenschlag – AISA-DUAL (RGB 859/648/551 nm)

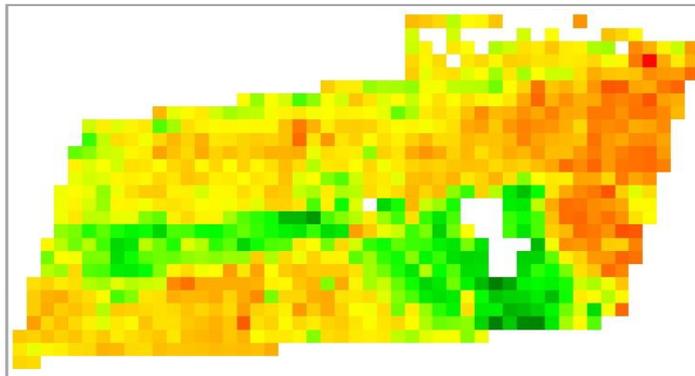


Weizenschlag – EnMAP simuliert (RGB 863/652/548 nm)

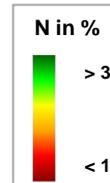
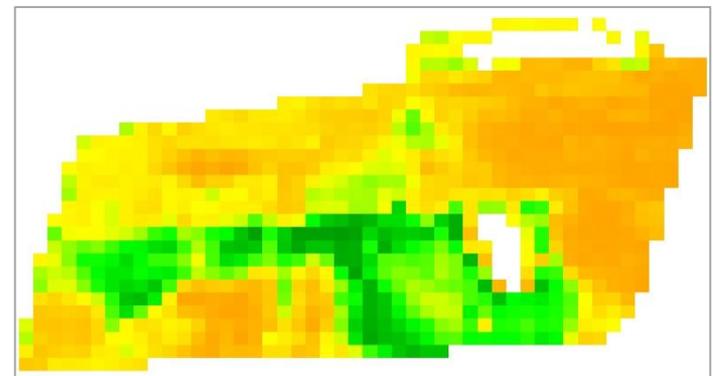


EnMAP-Simulation  
mit EeteS

Stickstoffkonzentration – AISA-DUAL (GSD 30 m)



Stickstoffkonzentration – EnMAP simuliert (GSD 30 m)



AISA-DUAL

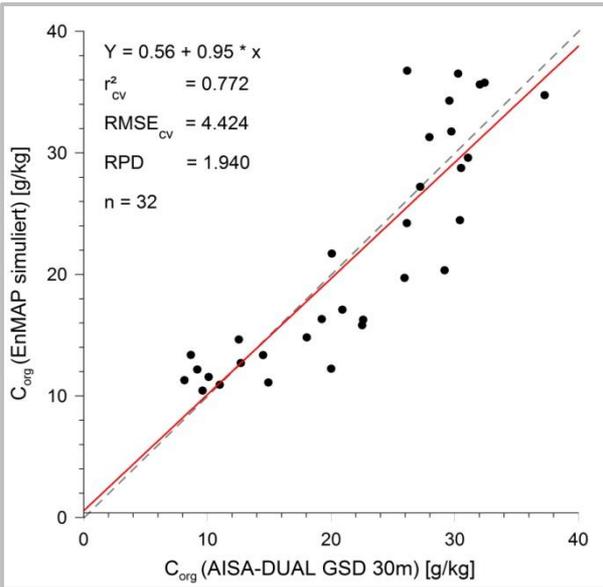
EnMAP Simulation

Siegmann et al. 2013

	n	$r^2_{cv}$	RMSE <sub>cv</sub>	RPD
AISA-DUAL (3 m)	37	0,86	0,26	2,52
AISA (30 m)	37	0,61	0,30	2,16

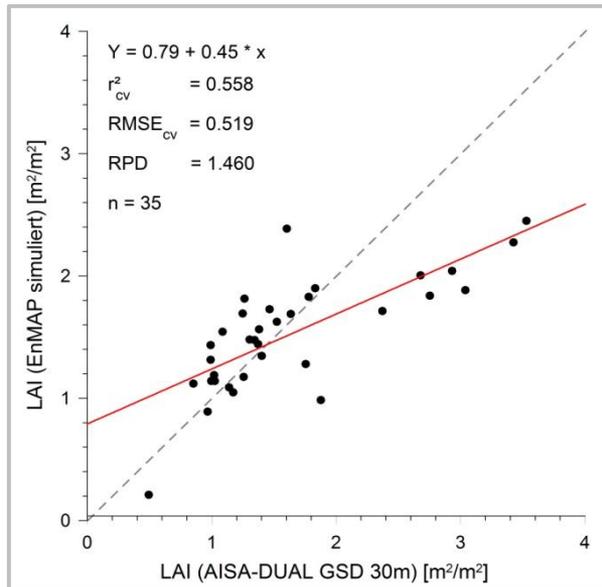
Geschätzte Stickstoffkonzentration mittels SVR (kreuzvalidiert)

## Organischer Kohlenstoffgehalt



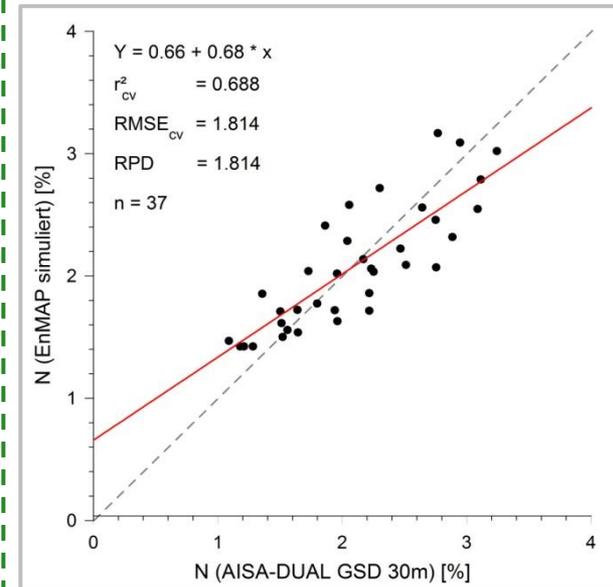
n	r <sup>2</sup>	RMSE	RPD
22	0,77	4,42	1,94

## Blattflächenindex



n	r <sup>2</sup>	RMSE	RPD
35	0,56	0,52	1,46

## Stickstoffkonzentration



n	r <sup>2</sup>	RMSE	RPD
37	0,55	0,52	1,46

	Min	Max	Mw.	Std.
<b>AISA (30m)</b>	5,35	44,08	23,10	5,11
<b>EnMAP</b>	1,10	39,15	21,64	4,41

	Min	Max	Mw.	Std.
<b>AISA (30m)</b>	0,28	3,89	1,70	0,67
<b>EnMAP</b>	0,29	2,50	1,53	0,42

	Min	Max	Mw.	Std.
<b>AISA (30m)</b>	0,74	3,37	1,99	0,49
<b>EnMAP</b>	1,40	3,23	2,03	0,50

### Trockenmassezuwachs

$$\Delta DM_{DOY+1} = RUE_{Wheat} \cdot fpar_{DOY} + DM_{DOY}$$

### genutzte photosynthetisch aktive Strahlung

$$fpar = par_{DOY} \cdot (1 - \exp^{-0.65 \cdot LAI_{DOY}})$$

### LAI Zuwachs

$$\Delta LAI_{DOY+1} = LAI_{DOY} + \Delta LAI(f(DM, GDD, SW))$$



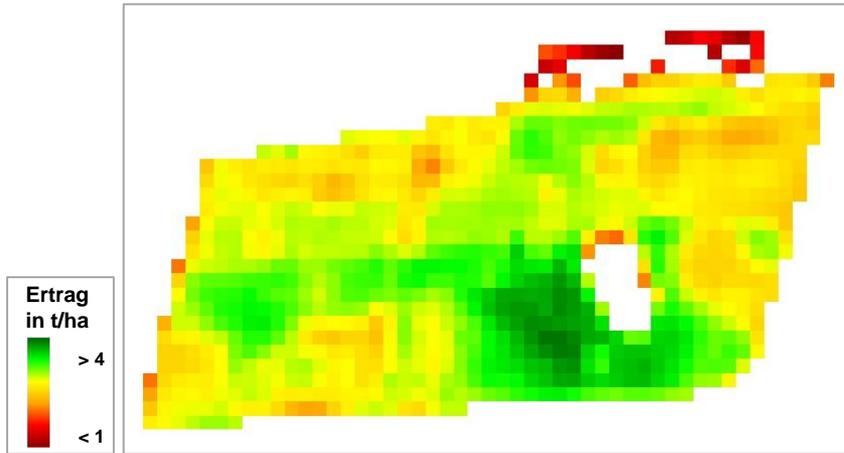
[www.bgc-jena.mpg.de/wetter/about\\_saale.html](http://www.bgc-jena.mpg.de/wetter/about_saale.html)



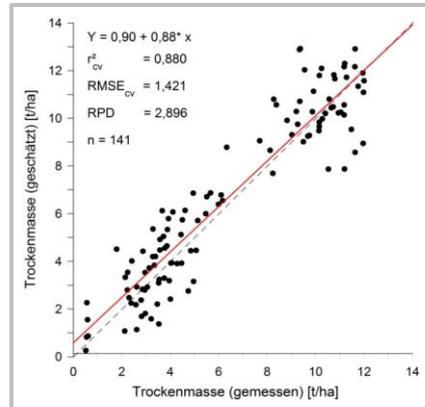
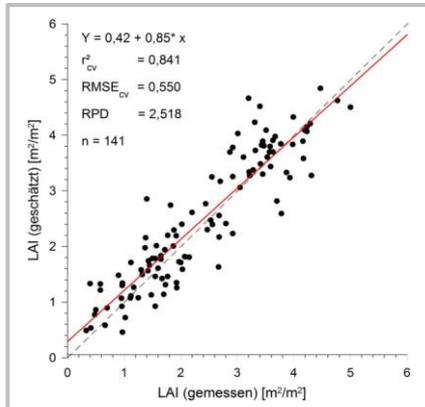
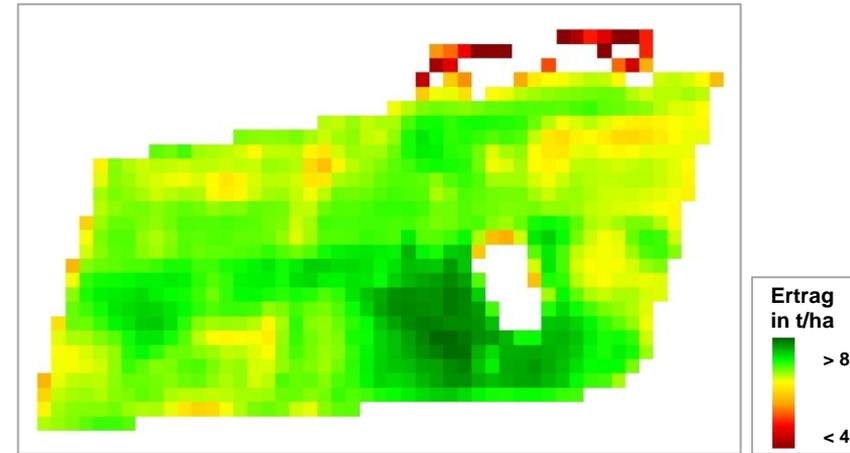
[www.enmap.org](http://www.enmap.org)

- $\Delta DM$  [g/m<sup>2</sup>]: Trockenmassezuwachs (Dry Matter)
- DOY: Julianischer Tag (Day of year)
- RUE [g/MJ]: Konversionsfaktor von Energie in Biomasse, kulturabhängig (Radiation Use Efficiency)
- fpar [MJ/m<sup>2</sup>]: Anteil der genutzten photosynthetisch aktiven Strahlung (Fraction of photosynthetic active radiation)
- par [MJ/m<sup>2</sup>]: Photosynthetisch aktive Strahlung (Photosynthetic active radiation)
- LAI [m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>]: Blattflächenindex
- GDD [°C]: Growing Degree Day (aufsummierte Tagesmitteltemperaturen über Basistemperatur, seit Aussaat)
- SW: Bodenwassergehalt (soil water content)

Ertragsprognose 10.05. 2011 in t/ha (AISA-Befliegung)



Ertragsprognose 10.08. 2011 in t/ha (Erntetermin)



Scatterplot PLSR-Schätzung (kreuzvalidiert) für LAI (links) und Trockenmasse (rechts) aus Feldspektrn (auf EnMAP Spektralaufösung resampled)

Erfasster und geschätzter Ertrag eines Weizenschlages 2011

	APSIM	Ertragskartierung	EnMAP	Waage
Ertrag [t/ha]	6,62	8,26	7,58	8,29
Std. Abw.	-	1,76	0,85	-

- EnMAP-Daten mit hohem Potential zur flächendeckenden Ableitung von Boden- und Pflanzenparametern in der Landwirtschaft / Precision Farming
- zusätzlich flächendeckende Ertragsprognosen möglich mit relativ hoher Genauigkeit
- Empirisch-statistische Modelle gut geeignet zur Ableitung von Pflanzen- und Bodenparametern (unabhängige Validierung derzeit in Arbeit)
- Probleme:
  - Validierung der auf EnMAP-Daten erzielten Ergebnisse
  - Skalenprobleme: Feld → Flugzeug → Satellit
  - Übertragbarkeit empirisch-statistischer Modelle auf andere Regionen

Jarmer, T., Siegmann, B., Lilienthal, H., Höfle, B., Selige, T. & Richter, N.(2013): LAI assessing of wheat stands from AISA-DUAL imagery. In: Proceedings of the EARSeL 8th SIG-Imaging Spectroscopy Workshop 2013, April 08-10th, Nantes. (in press)

Siegmann, B., Jarmer, T., Selige, T., Lilienthal, H., Richter, N. & Höfle, B. (2013): Comparison of narrow band vegetation indices and empirical models from hyperspectral remote sensing data for the assessment of wheat nitrogen concentration. In: Proceedings of the EARSeL 8th SIG-Imaging Spectroscopy Workshop 2013, April 08-10th, Nantes. (in press)

Siegmann, B., Jarmer, T., Selige, T., Lilienthal, H., Richter, N. & Höfle, B. (2012): Using hyperspectral remote sensing data for the assessment of topsoil organic carbon from agricultural soils. In: Proceedings - SPIE Remote Sensing 2012, September 24-27th, Edinburgh. (= Proceedings of SPIE 8531-92).

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**



[www.hyland.uos.de](http://www.hyland.uos.de)

**Kontakt (HyLand):**

**Bastian Siegmann** ([bsiegmann@igf.uos.de](mailto:bsiegmann@igf.uos.de))

Thomas Jarmer ([tjarmer@igf.uos.de](mailto:tjarmer@igf.uos.de))

Holger Lilienthal ([holger.lilienthal@jki.bund.de](mailto:holger.lilienthal@jki.bund.de))

Thomas Selige ([selige@wzw.tum.de](mailto:selige@wzw.tum.de))

Bernhard Höfle ([bernhard.hoefle@uni-heidelberg.de](mailto:bernhard.hoefle@uni-heidelberg.de))