Satellitenbildanalyse zur zeitlich-dynamischen Modellierung von Bodenerosionsrisiken

Markus Möller[1], Henning Gerstmann[1], Daniel Wurbs[2] & Cornelia Gläßer[1]

[1] Institut für Geowissenschaften und Geographie
[2] geoflux GbR

Gliederung

1. Einleitung
   - Gesetzlicher Hintergrund
   - Bodenerosionsmodellierung
   - Dynamische Prognose der Bodenbedeckung
2. Daten und Untersuchungsgebiet
   - COPERNICUS: Europäische Satellitenmissionen
   - Daten
   - Untersuchungsgebiet
3. Prozesskette
   - Workflow
   - Feldblock-Disaggregierung
   - Prognose des Bodenbedeckungsgrades
4. Zusammmenfassung

Bodenschutzgesetzgebung

Bundes-Bodenschutzgesetz und -verordnung

Grundsätze der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung ⇒ standortangepasste Bodenbearbeitung

VORSORGE			GEFAHRENABWEHR
Schaden denkbar, aber praktisch ausgeschlossen	Besorgnis eines Schadenseintritt bei anhaltenden Einwirkungen	Unsicherheits-bereich	Schadenseintritt hinreichend wahrscheinlich
Restrisiko	unerwünschtes Risiko	Risiko zu prü-fen	nicht hinnehmbares Risiko

⟹ ⟹ ⟹ ⟹ ⟹ ⟹ ⟹ ⟹ ⟹ RISIKO ⟹ ⟹ ⟹ ⟹ ⟹ ⟹ ⟹ ⟹ ⟹

Möller, M. & Volk, M. (2010). *Maßstabsspezifische Analyse der Bodenerosion durch Wasser*. In: Helbig, H., Möller, M. & Schmidt, G. (Hrsg.): Bodenerosion in Sachsen-Anhalt, *BVB-Materialien*, Bd. 15., S. 11–22, Berlin: Erich Schmidt-Verlag.

Wilhelm, F. & Feldwisch, N. (2010). *Gesetzliche Anforderungen an den Erosionsschutz und ihre Umsetzung in Sachsen-Anhalt*. In: Helbig, H., Möller, M. & Schmidt, G. (Hrsg.): Bodenerosion in Sachsen-Anhalt, *BVB-Materialien*, Bd. 15., S. 83–98, Berlin: Erich Schmidt-Verlag.

Bodenschutzgesetzgebung

EU-Agrarförderung

Cross Compliance Kopplung von Direktzahlungen an Landwirte und Verpflichtungen des Umweltschutzes

Direktzahlungsgesetz "Der Betriebsinhaber darf eine Ackerfläche, die der Wassererosionsgefähr dungs- klasse *CCWasser2* im Sinne der Anlage 1 zugehört [. . .], vom 1. Dezember bis zum Ablauf des 15. Februar nicht pflügen. Das Pflügen zwischen dem 16. Februar und dem Ablauf des 30. November ist nur bei einer unmittelbar folgenden Aussaat zulässig."

Möller, M. & Volk, M. (2010). *Maßstabsspezifische Analyse der Bodenerosion durch Wasser*. In: Helbig, H., Möller, M. & Schmidt, G. (Hrsg.): Bodenerosion in Sachsen-Anhalt, *BVB-Materialien*, Bd. 15., S. 11–22, Berlin: Erich Schmidt-Verlag.

Wilhelm, F. & Feldwisch, N. (2010). *Gesetzliche Anforderungen an den Erosionsschutz und ihre Umsetzung in Sachsen-Anhalt*. In: Helbig, H., Möller, M. & Schmidt, G. (Hrsg.): Bodenerosion in Sachsen-Anhalt, *BVB-Materialien*, Bd. 15., S. 83–98, Berlin: Erich Schmidt-Verlag.

Zunahme von Starkniederschlagsereignissen

Zunahme von Starkniederschlagsereignissen

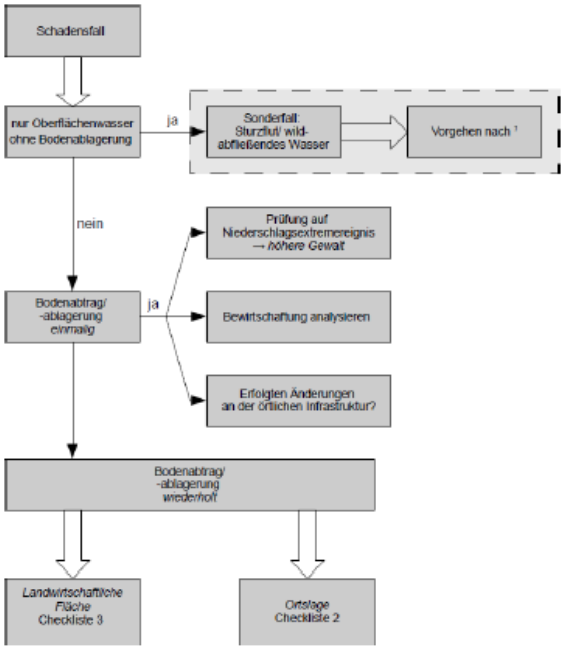
Helbig, H. (2010). *Schwerpunktgebiete und Fallbeispiele*. In: Helbig, H., Möller, M. & Schmidt, G. (Hrsg.): Bodenerosion in Sachsen-Anhalt, *BVB-Materialien*, Bd. 15., S. 25–32, Berlin: Erich Schmidt-Verlag.

Maßnahmen

Helbig, H. (2010). *Schwerpunktgebiete und Fallbeispiele.* In: Helbig, H., Möller, M. & Schmidt, G. (Hrsg.): Bodenerosion in Sachsen-Anhalt, *BVB-Materialien*, Bd. 15., S. 25–32, Berlin: Erich Schmidt-Verlag.

Maßnahmen

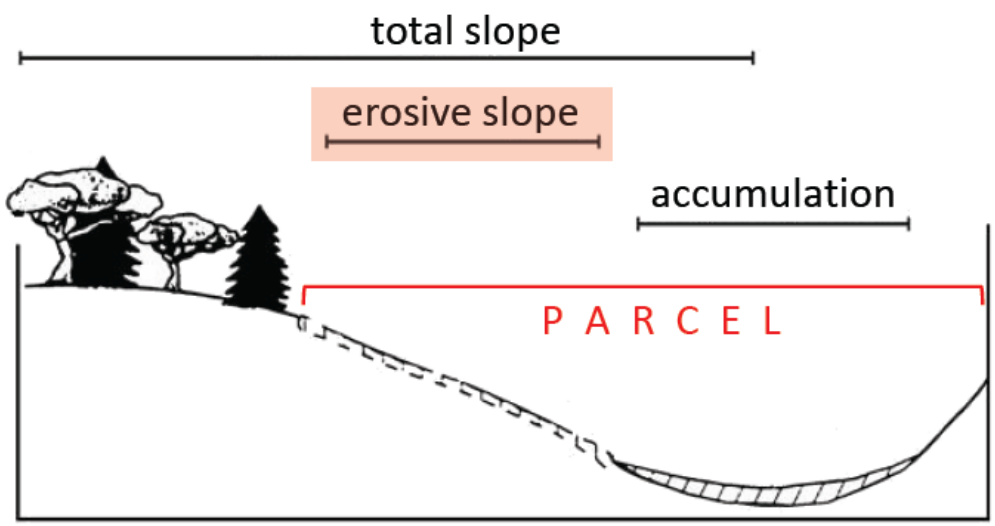
Maßnahmen



Deumelandt, P., Kasimir, M., Steininger, M., & Wurbs, D. (2014). *Beratungsleitfaden Bodenerosion und Sturzfluten: Lokale Kooperation zwischen Landwirten und Gemeinden sowie weiteren Akteuren zur Vermeidung von Bodenerosion*. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt.

Allgemeine Bodenabtragsgleichung (ABAG)

$$A = R \times K \times L \times S \times C$$



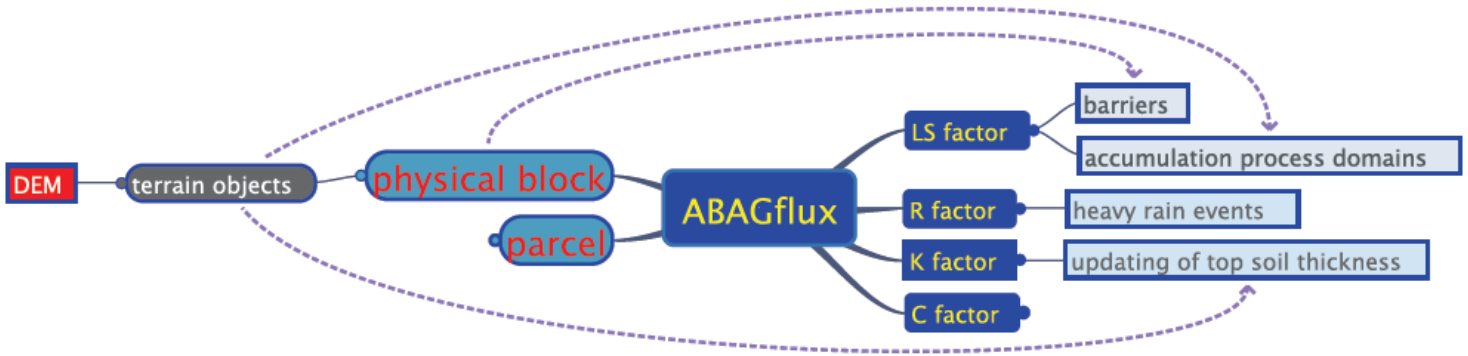
- A – langjähriger mittlerer Bodenabtrag in einer Fruchtfolge bezogen auf eine Vegetations-periode [$\mathrm{t\,ha^{-1}\,yr^{-1}}$]
- R – Niederschlagserosivitätsfaktor
- K – Bodenerodierbarkeitsfaktor,
- L – Hanglängenfaktor,
- S – Hangneigungsfaktor
- C – Bearbeitungs- und Bodenbedeckungsfaktor

Rippel, R., Auerswald, K., & Müller, A. (2004). *PC-ABAG, Version 3.0*. Freising: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.

Schwertmann, U., Vogl, W., & Kainz, M. (1990). Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Ulmer.

Allgemeine Bodenabtragsgleichung (ABAG)

ABAGflux



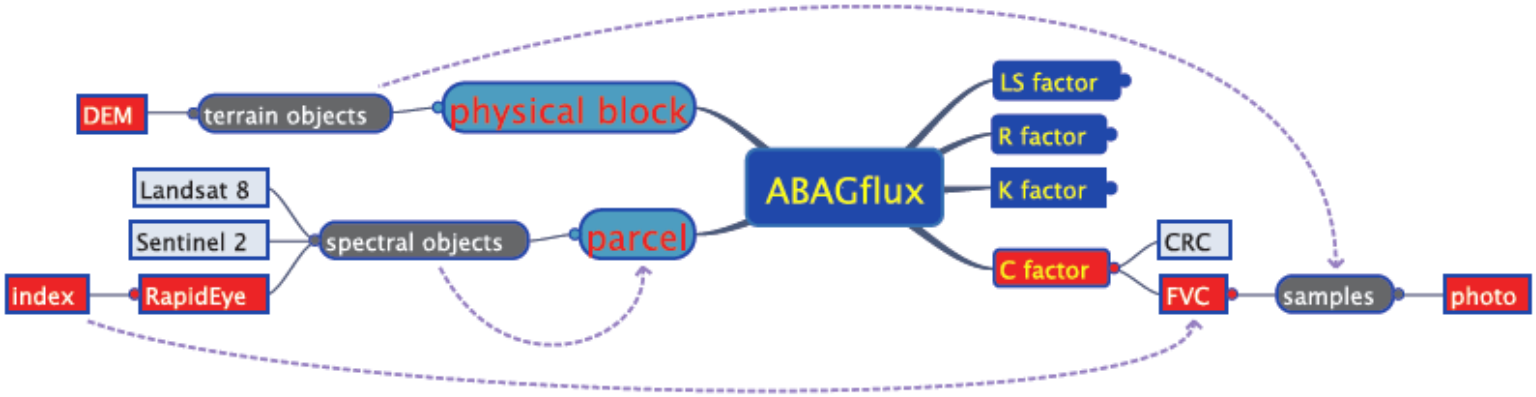
Modifikationen

- Hanggliederung (*LS* factor)
- Zeitliche Auflösung (*R* factor)

Volk, M., Möller, M. & Wurbs, D. (2010). A pragmatic approach for soil erosion risk assessment within policy hierarchies. *Land use policy* 27, 997–1009.

Wurbs, D. & Steininger, M. (2011). *Wirkungen der Klimaänderungen auf die Böden – Untersuchungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wasser*, volume 16/2011 of *UBA-Texte*. Dessau: Umweltbundesamt.

Monitoringinstrument



Prozesskette zur *Dyna*mischen Ableitung des *C*-Faktors der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)

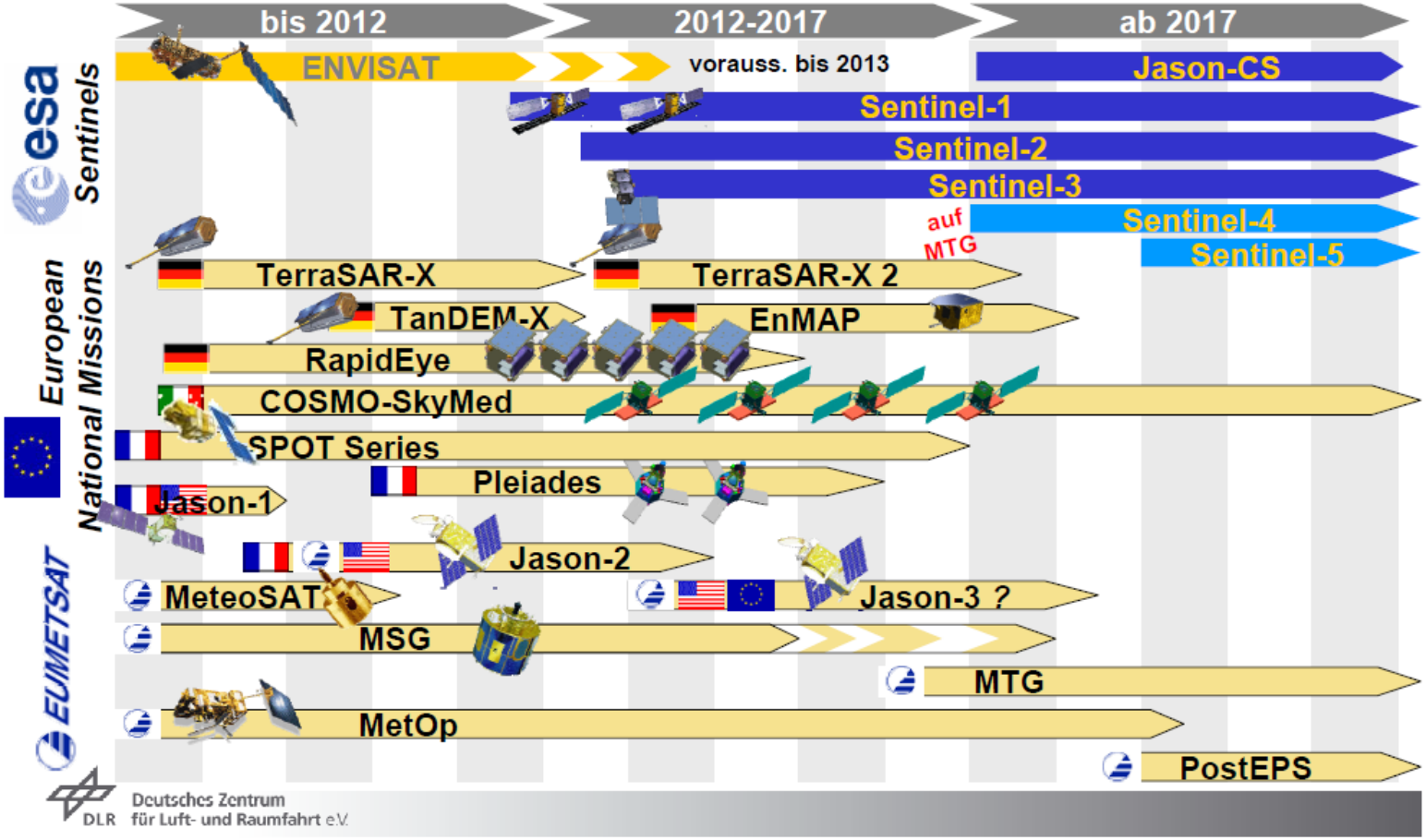
- Schlagspezifischer Bodenbedeckungsgrad
  - ereignisbezogen
  - im Jahresverlauf

Outline

1. Einleitung
   - Gesetzlicher Hintergrund
   - Bodenerosionsmodellierung
   - Dynamische Prognose der Bodenbedeckung
2. Daten und Untersuchungsgebiet
   - COPERNICUS: Europäische Satellitenmissionen
   - Daten
   - Untersuchungsgebiet
3. Prozesskette
   - Workflow
   - Feldblock-Disaggregierung
   - Prognose des Bodenbedeckungsgrades
4. Zusammmenfassung

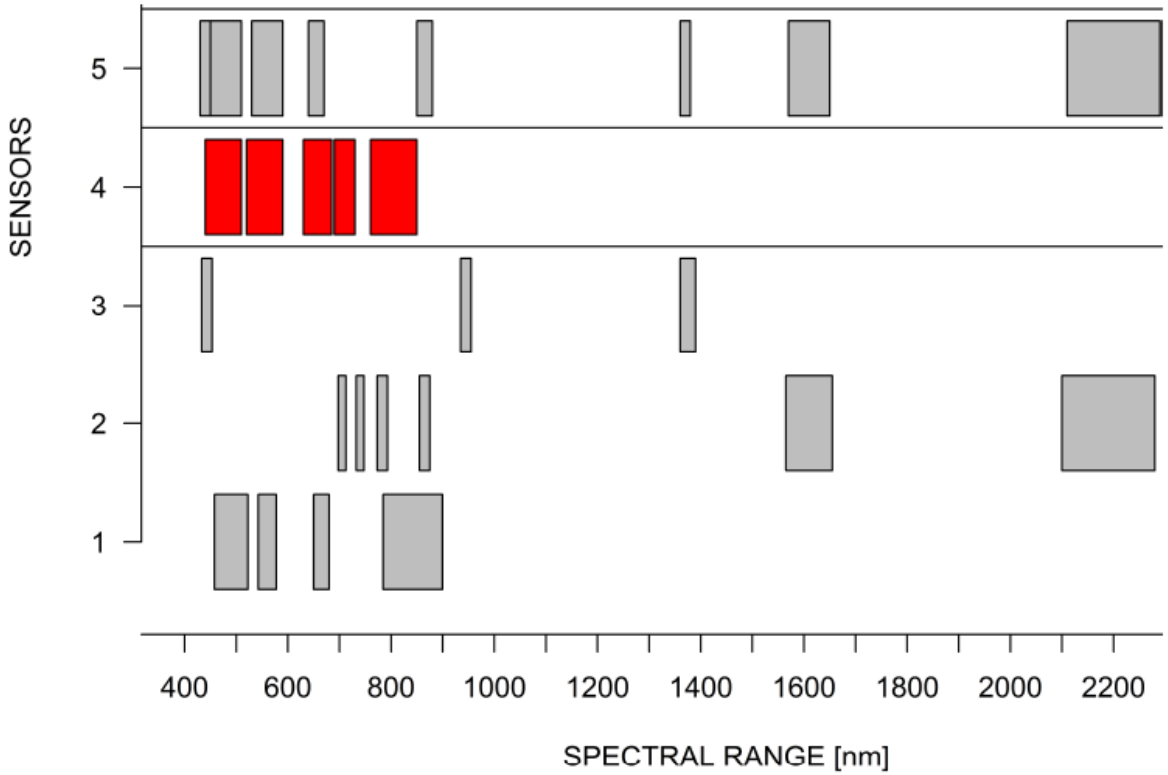
Daten und Untersuchungsgebiet

> COPERNICUS



Schreier, G. & Kranz, K. (2010): What's in GMES for treaty monitoring and law enforcement *ISPRS/ESPI/IAA/IISL Conference "Current legal issues for satellite Earth observation"*, Vienna, Austria, April 8 — 9, 2010, URL: http://www.espi.or.at/images/stories/dokumente/conference2010/schreier.pdf

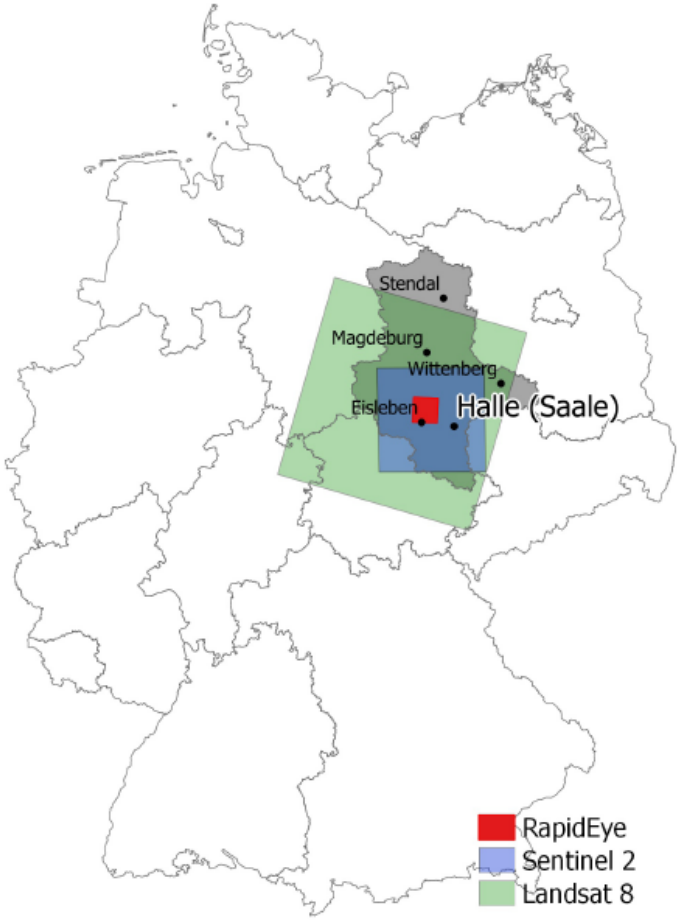
Spektralbänder (RapidEye, Sentinel 2, Landsat 8)



1, 2, 3 - Sentinel 2 (10 m, 20 m, 60 m) | 4 - RapidEye | 5 - Landsat 8

Daten und Untersuchungsgebiet

> Untersuchungsgebiet



RapidEye-Tile 3262922

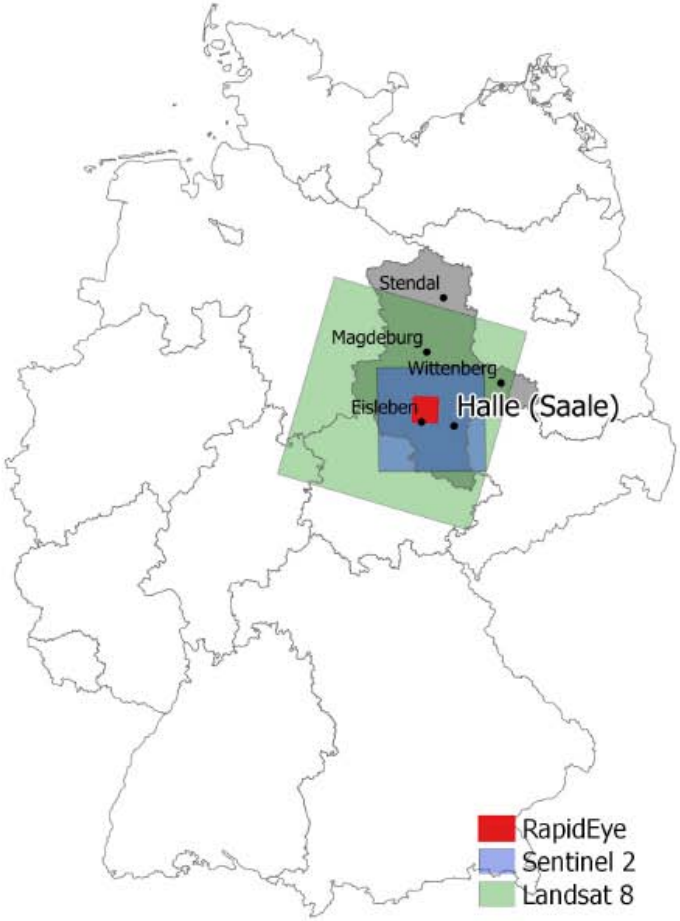
Aufnahmedatum*

2010	2011	2012	2013
21.5	7.3	24.3	6.2
23.5	18.4	26.3	5.5
3.6	24.4	28.3	5.6
11.6	5.5	28.4	19.6
15.6	8.5	1.5	22.7
24.6	22.5	2.5	
3.7	2.6	25.7	
7.9	4.6	18.8	
6.10	6.6	16.10	
23.10	26.8	14.11	
	2.9		
	21.9		
	24.9		
	2.10		
	13.11		
	25.11		
	28.11		
	29.11		

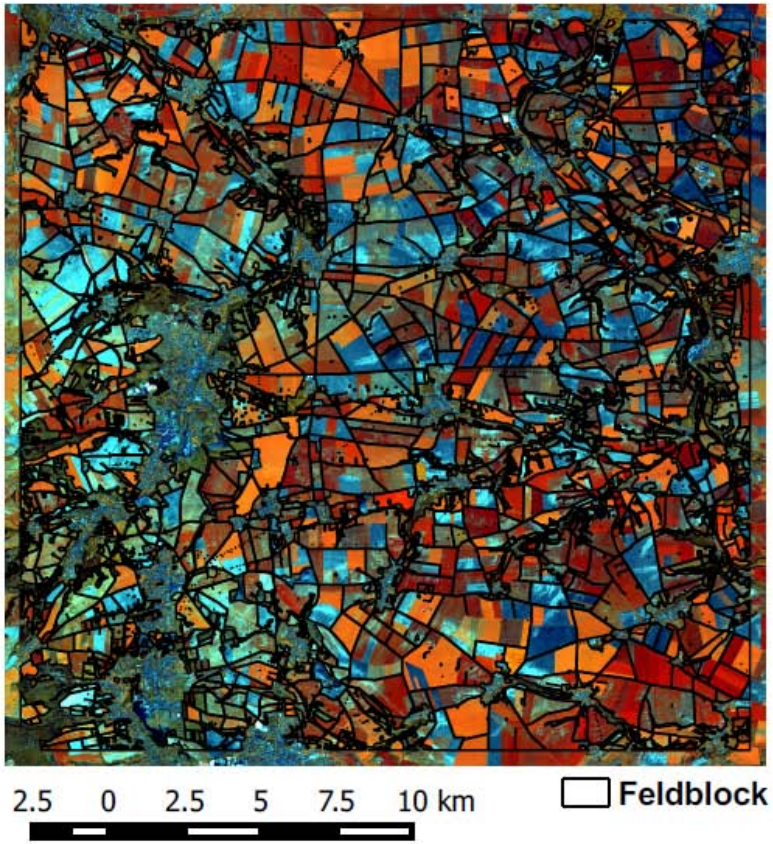
*RapidEye Science Archive, project 634 (http://resa.blackbridge.com/)

Daten und Untersuchungsgebiet

> Untersuchungsgebiet



RapidEye, 5. Mai 2013



Outline

1. Einleitung
   - Gesetzlicher Hintergrund
   - Bodenerosionsmodellierung
   - Dynamische Prognose der Bodenbedeckung
2. Daten und Untersuchungsgebiet
   - COPERNICUS: Europäische Satellitenmissionen
   - Daten
   - Untersuchungsgebiet
3. Prozesskette
   - Workflow
   - Feldblock-Disaggregierung
   - Prognose des Bodenbedeckungsgrades
4. Zusammmenfassung

Prozesskette
> Workflow

1. Feldblock-Disaggregierung

Ziel Detektion von homogenen Schlag-Spektral-Objekten

Methode Geometrische Validierung & Klassifikation

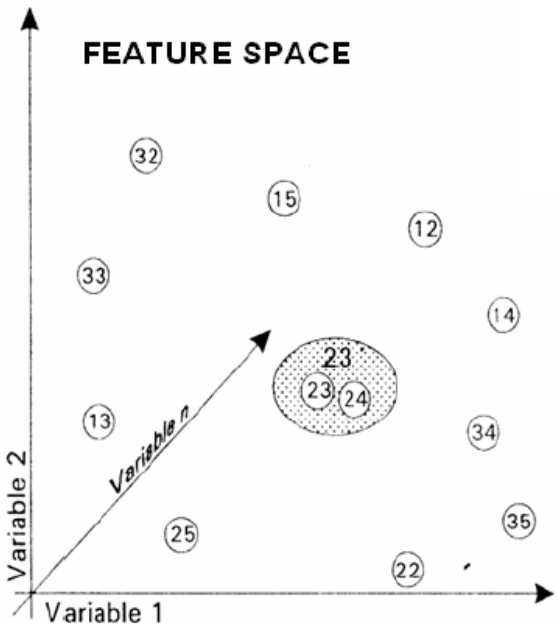
$\Downarrow$

2. Prognose des Bodenbedeckungsgrades

Ziel Fractional Vegetation Coverage (*FVC*)
Crop Residue Coverage (*CRC*)

Methode Effective Map Scale Approach

Regionen-basierte Segmentierung

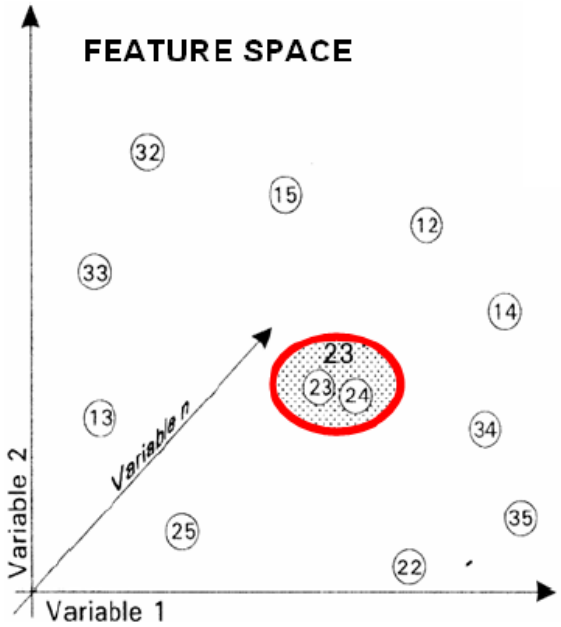


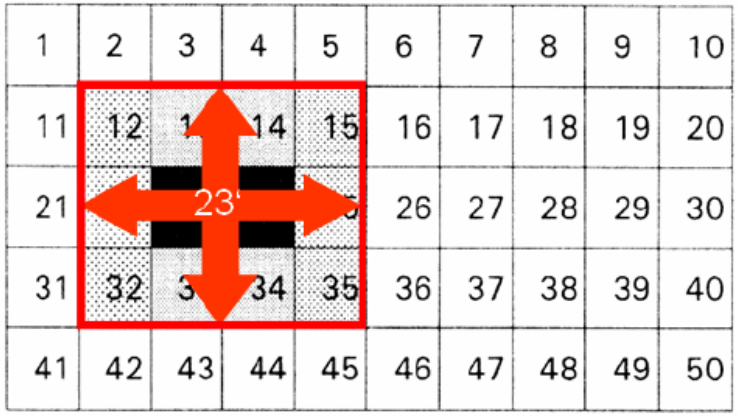
RASTER GRID

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50

Friedrich, K. (1996).
Digitale Reliefgliederungsverfahren zur Ableitung bodenkundlich relevanter Flächeneinheiten.
Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, Volume D 21, Frankfurt.

Regionen-basierte Segmentierung

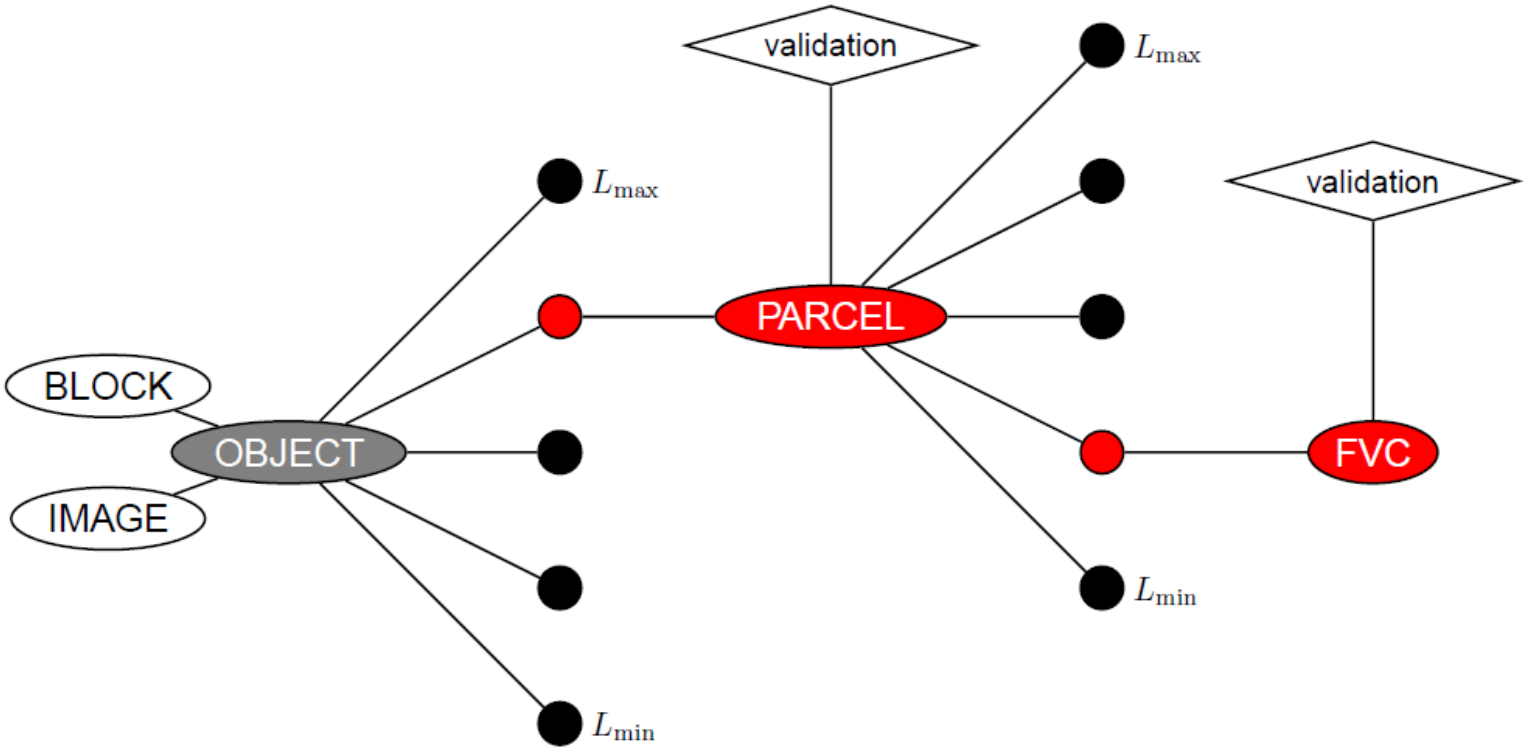




Friedrich, K. (1996).
Digitale Reliefgliederungsverfahren zur Ableitung bodenkundlich relevanter Flächeneinheiten.
Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, Volume D 21, Frankfurt.

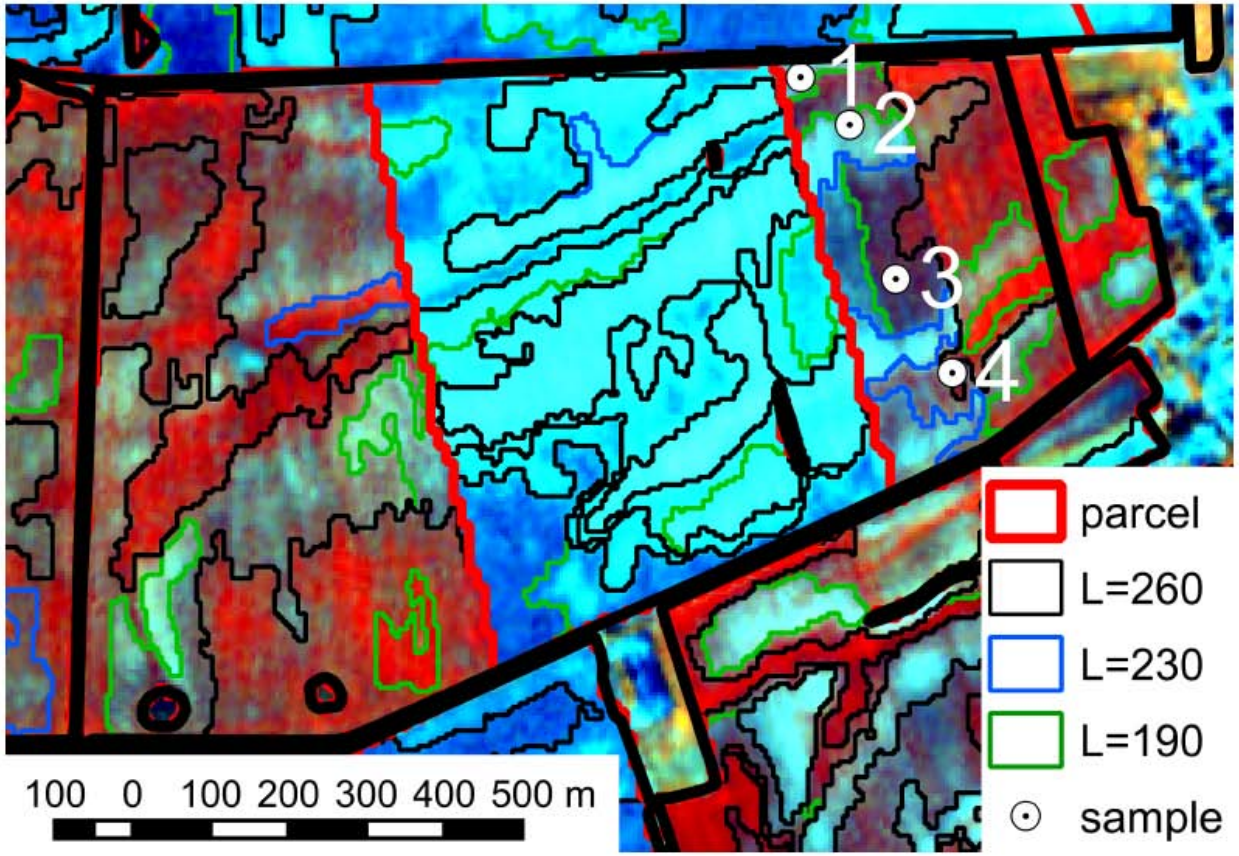
Multi-hierarchische Optimierung

SPOB: Spektrale Objekte



Multi-hierarchische Optimierung

SPOB: Spektrale Objekte



Prozesskette
> Feldblockdisaggregierung

1. Feldblock-Disaggregierung

Ziel Detektion von homogenen Schlag-Spektral-Objekten

Methode Geometrische Validierung & Klassifikation

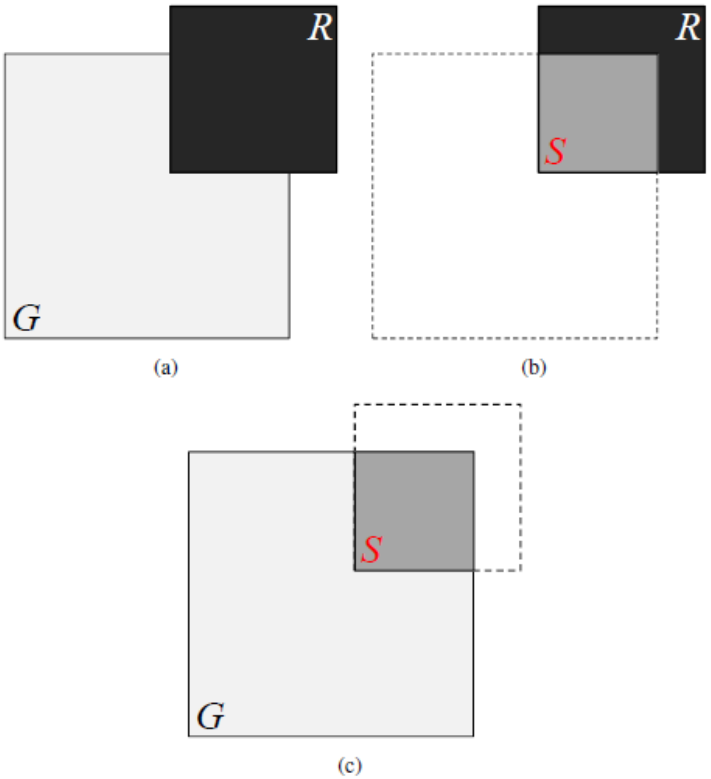
$\Downarrow$

2. Prognose des Bodenbedeckungsgrades

Ziel Fractional Vegetation Coverage (*FVC*)
Crop Residue Coverage (*CRC*)

Methode Effective Map Scale Approach

Geometrische Optimierung: Methoden



- Flächenübereinstimmung

$$O^X = \frac{A^S}{A^X} \text{ with } X \in [R, G] \text{ and } O^X \in [0, 1]$$

- Über- und Untersegmentierung

$$M^g(O^G, O^R) = D^-(O^G, O^R) - D^+(O^G, O^R)$$

- Mittlere Standardabweichung

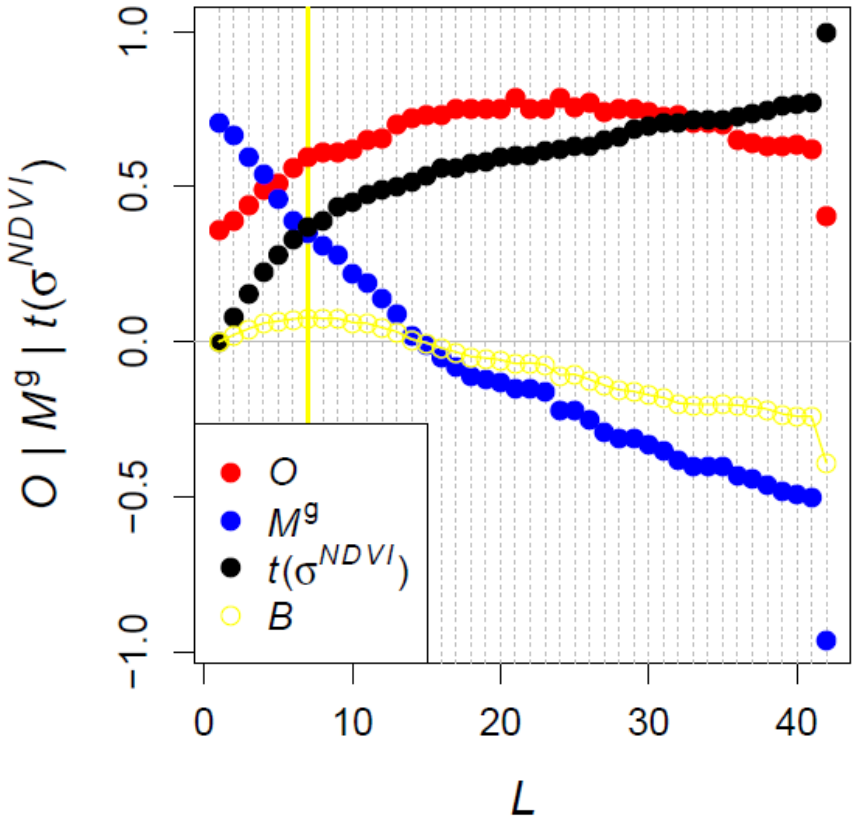
$$\tilde{\sigma}^{NDVI} = \frac{\sum_i^N \sigma^{NDVI}}{N}$$

Möller, M., Birger, J., Gidudu, A. & Gläßer, C. (2013). A framework for the geometric accuracy assessment of classified objects. *International Journal of Remote Sensing*, 34, 8685–8698.

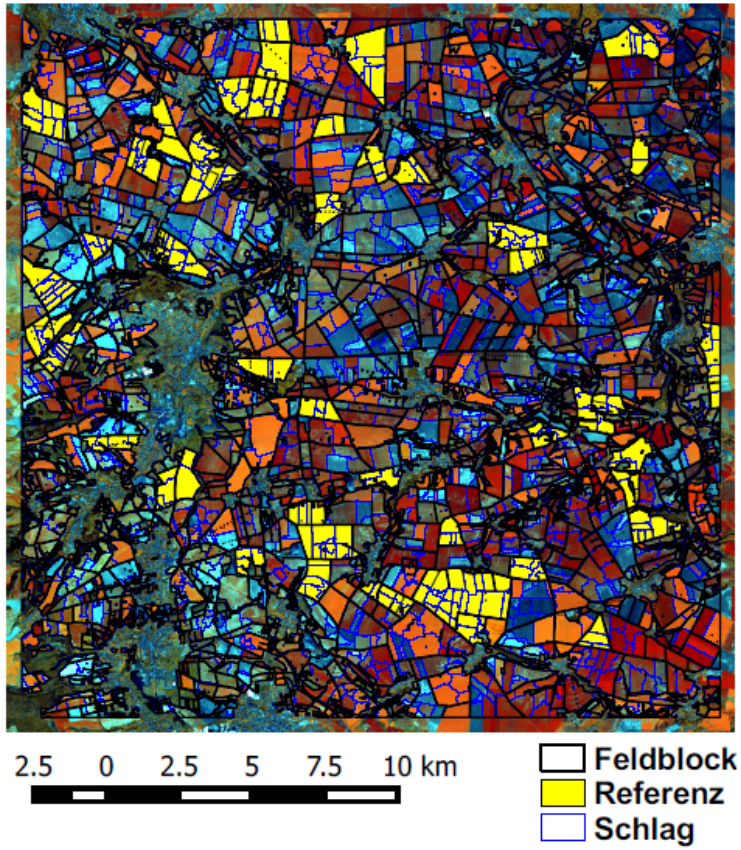
Möller, M., Birger, J. & Gläßer, C. (2014). Geometric Accuracy Assessment of Classified Land Use / Land Cover Changes. *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* , 2014 (2), 91–100.

Geometrische Optimierung

Optimierung

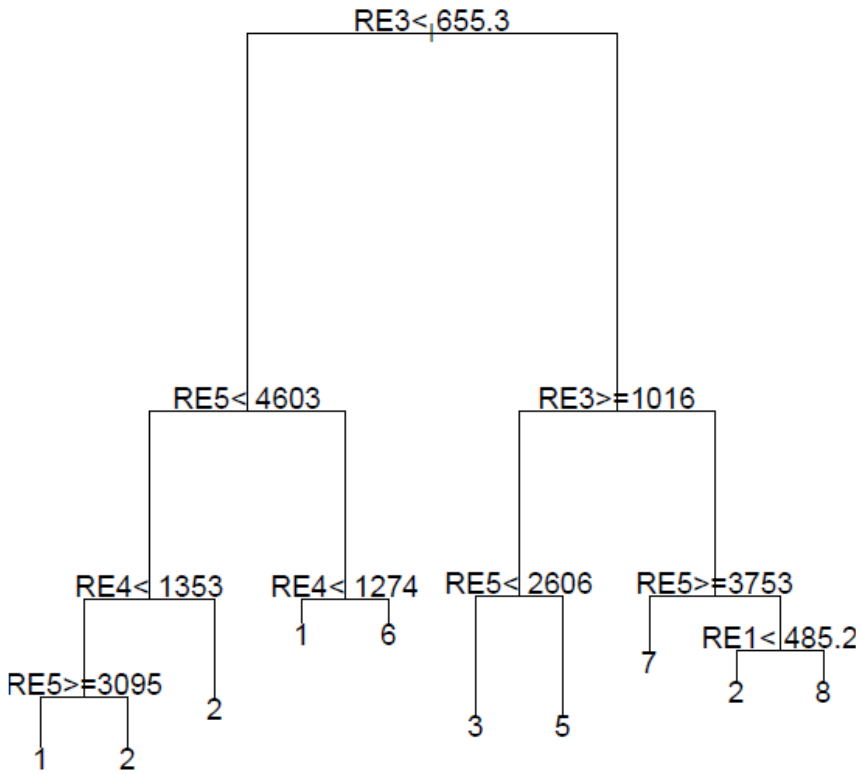


Schlag-Spektral-Objekte

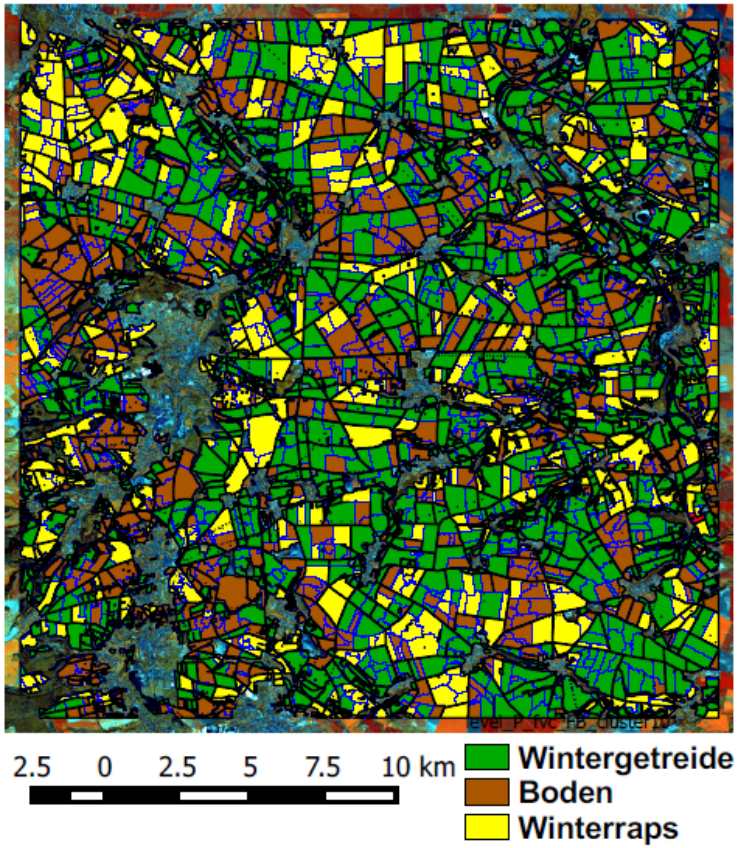


Cluster-Analyse

mclust + rpart



Schlag-Spektral-Objekte



Prozesskette

> Prognose des Bodenbedeckungsgrades

1. Feldblock-Disaggregierung

Ziel Detektion von homogenen Schlag-Spektral-Objekten

Methode Geometrische Validierung & Klassifikation

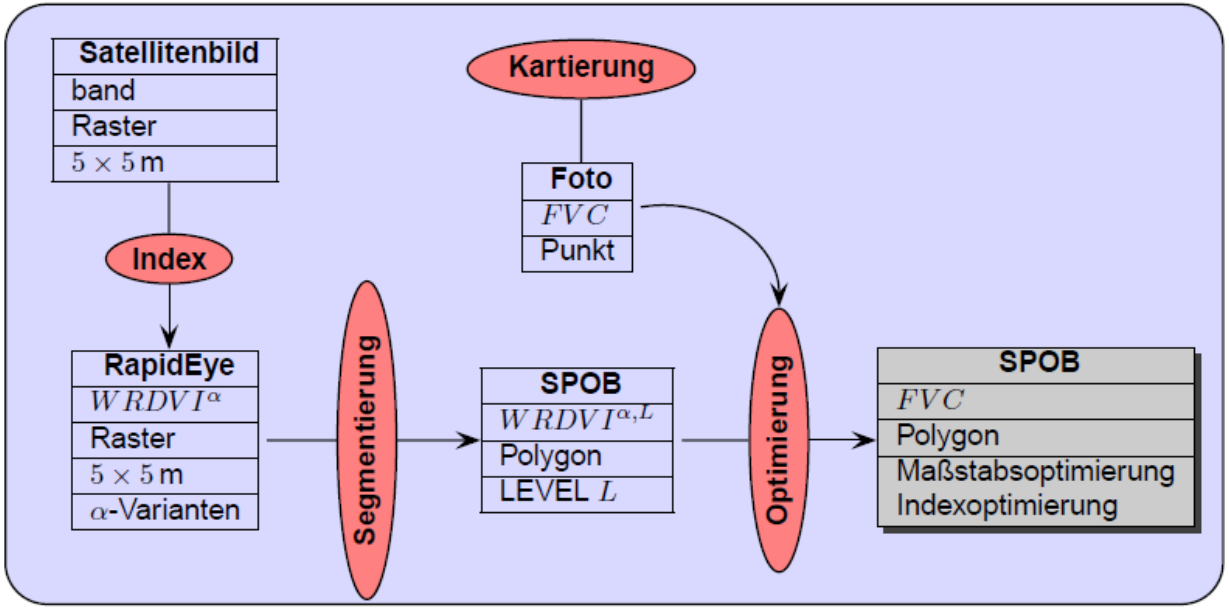
$\Downarrow$

2. Prognose des Bodenbedeckungsgrades

Ziel Fractional Vegetation Coverage (*FVC*)
Crop Residue Coverage (*CRC*)

Methode Effective Map Scale Approach

Effective Map Scale Approach



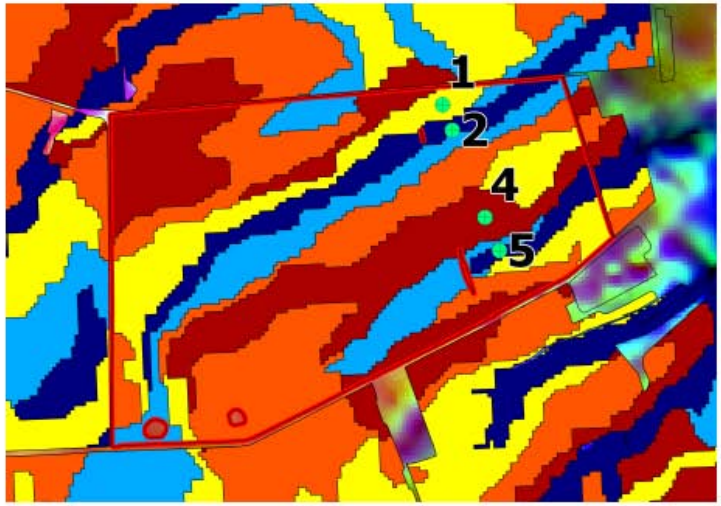
$$WDRVI = (\alpha \times RE5 - RE4)/(\alpha \times RE5 + RE4)$$

Gitelson, A. A. (2004). Wide Dynamic Range Vegetation Index for Remote Quantification of Biophysical Characteristics of Vegetation. *Journal of Plant Physiology*, 161, 165–173.

Möller, M. & Volk, M (2015). Effective map scales for soil transport processes and related process domains – statistical and spatial characterization of their scale-specific inaccuracies. *Geoderma*, im Druck.

Kartierung

Fotostandorte



Möller, M., Volk, M., Friedrich, K. & Lymburner, L., (2008).
Placing soil-genesis and transport processes into a landscape context: A multiscale terrain-analysis approach. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171, 419–430.

Foto 1

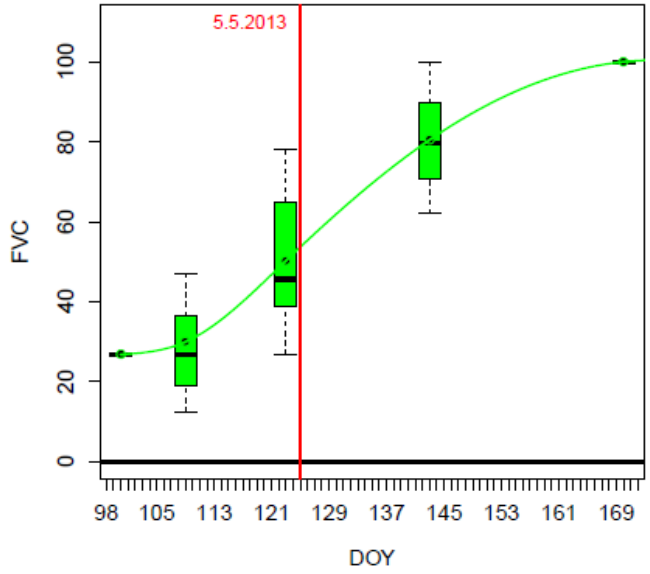
Foto 2

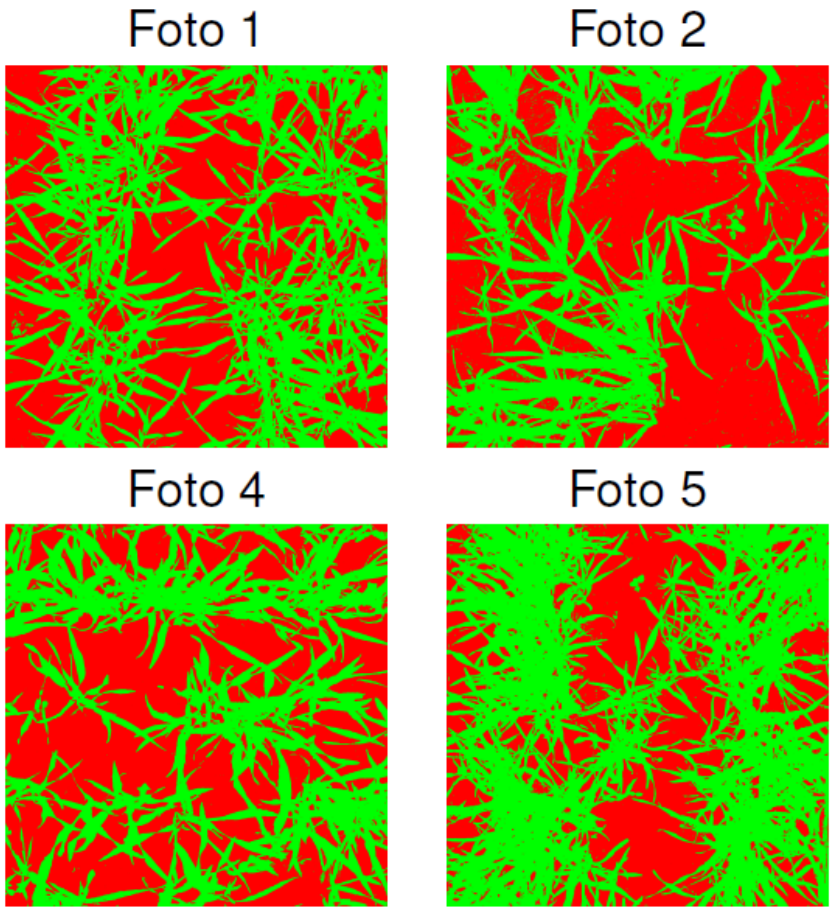
Foto 4

Foto 5

Kartierung

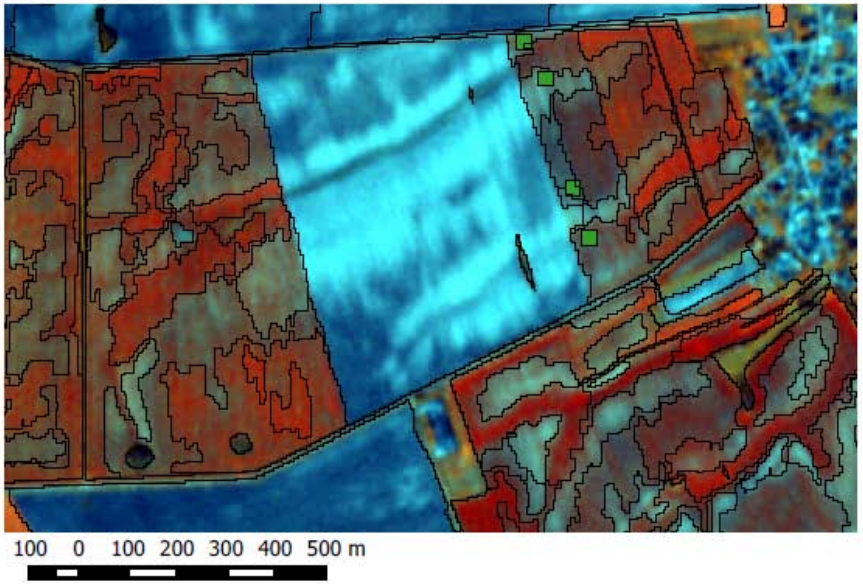
Winterweizen 2013



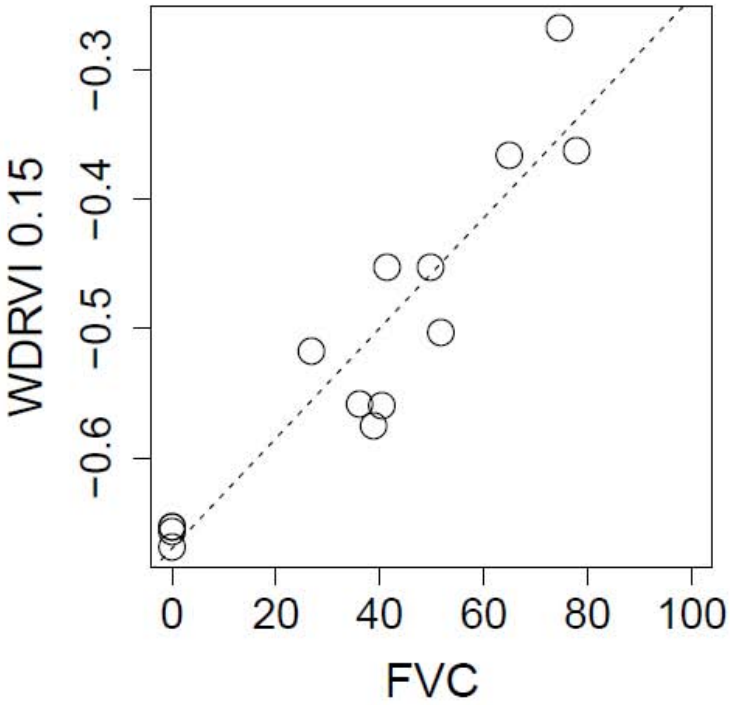


FVC-Prognose

Strenznauendorf



FVC



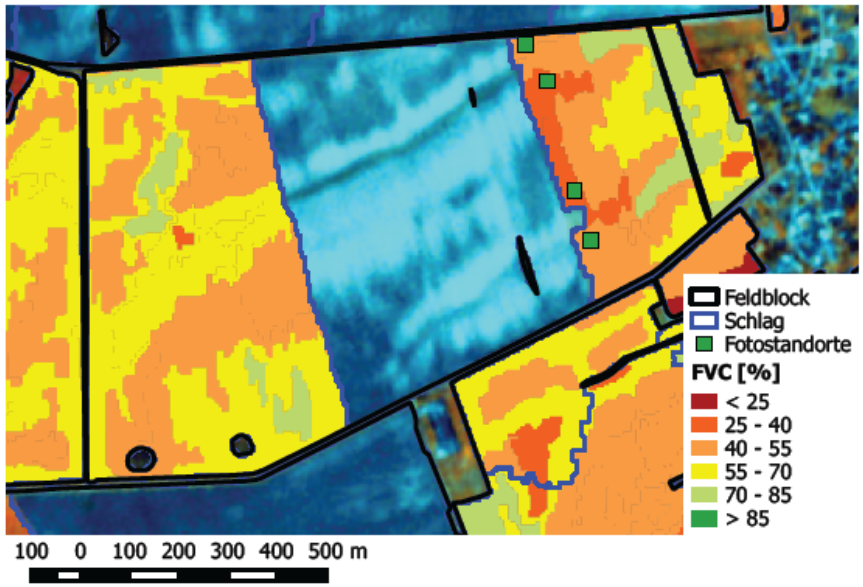
FVC-Prognose

Optimierung

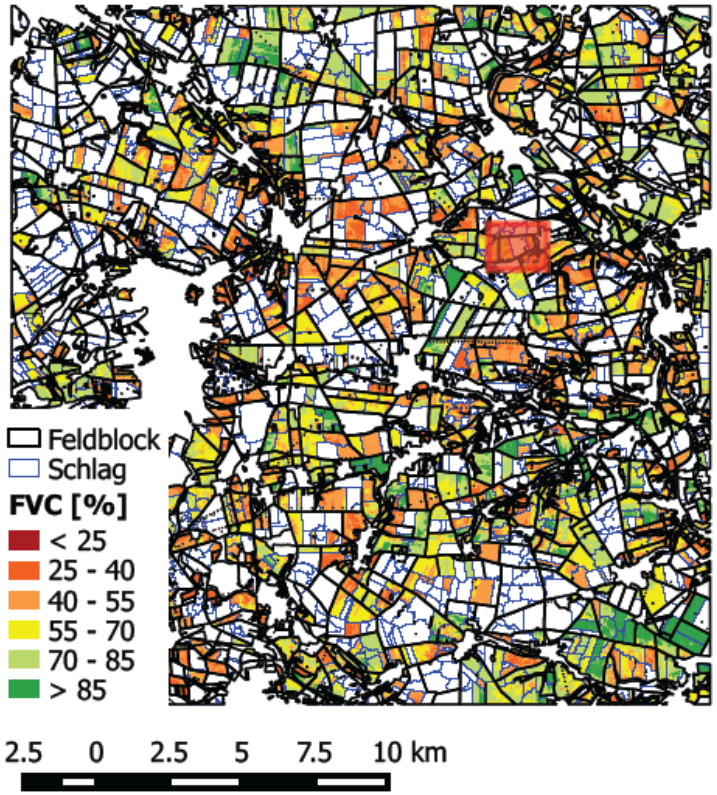
INDEX \ *L*	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
WDRVI0.95	0.66	0.72	0.73	0.78	0.77	0.79	0.78	0.77	0.73	0.72	0.74	0.74	0.7	0.7	0.7	0.43	0.37	0.37	0.38
WDRVI0.85	0.66	0.72	0.73	0.78	0.78	0.79	0.78	0.77	0.73	0.72	0.74	0.74	0.7	0.7	0.7	0.43	0.37	0.37	0.38
WDRVI0.75	0.66	0.72	0.74	0.78	0.78	0.8	0.78	0.77	0.73	0.72	0.74	0.74	0.7	0.7	0.7	0.43	0.37	0.37	0.38
WDRVI0.65	0.67	0.72	0.74	0.79	0.78	0.8	0.78	0.78	0.73	0.72	0.74	0.74	0.71	0.71	0.71	0.43	0.37	0.37	0.38
WDRVI0.55	0.67	0.72	0.74	0.79	0.78	0.8	0.79	0.78	0.73	0.72	0.74	0.74	0.71	0.71	0.71	0.43	0.37	0.37	0.38
WDRVI0.45	0.67	0.72	0.74	0.79	0.78	0.8	0.79	0.78	0.74	0.73	0.74	0.74	0.71	0.71	0.71	0.44	0.37	0.37	0.38
WDRVI0.35	0.67	0.72	0.74	0.79	0.78	0.8	0.79	0.78	0.74	0.73	0.75	0.75	0.71	0.71	0.71	0.44	0.37	0.37	0.38
WDRVI0.25	0.68	0.73	0.74	0.79	0.79	0.8	0.79	0.79	0.74	0.74	0.75	0.75	0.72	0.72	0.72	0.44	0.37	0.37	0.38
WDRVI0.15	0.68	0.73	0.75	0.8	0.79	0.81	0.8	0.79	0.75	0.74	0.75	0.75	0.72	0.72	0.72	0.44	0.37	0.37	0.38
WDRVI0.05	0.68	0.74	0.75	0.8	0.8	0.81	0.8	0.79	0.75	0.75	0.76	0.76	0.72	0.72	0.72	0.44	0.37	0.37	0.38
NDVI	0.66	0.72	0.73	0.78	0.77	0.79	0.78	0.77	0.73	0.72	0.74	0.74	0.7	0.7	0.7	0.43	0.37	0.37	0.38

FVC-Prognose

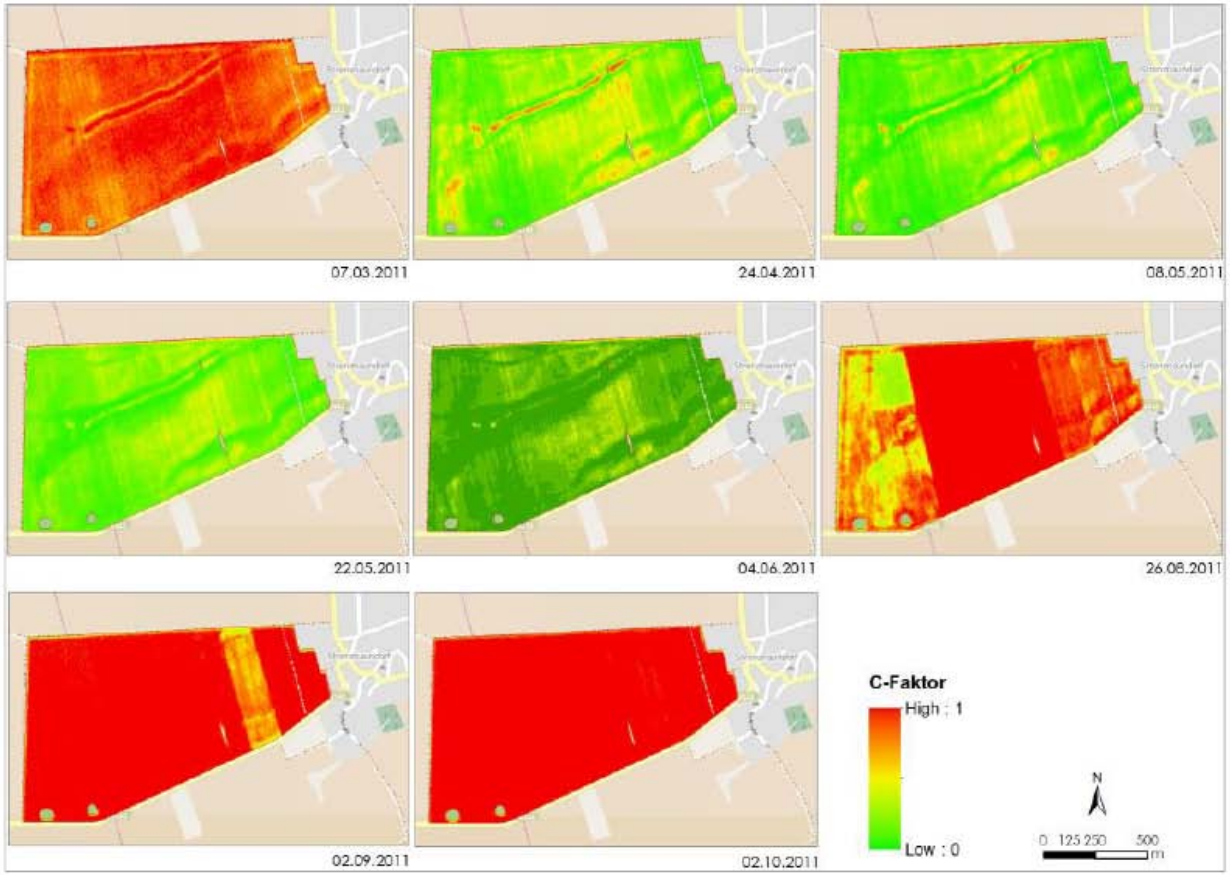
Strenznauendorf



FVC



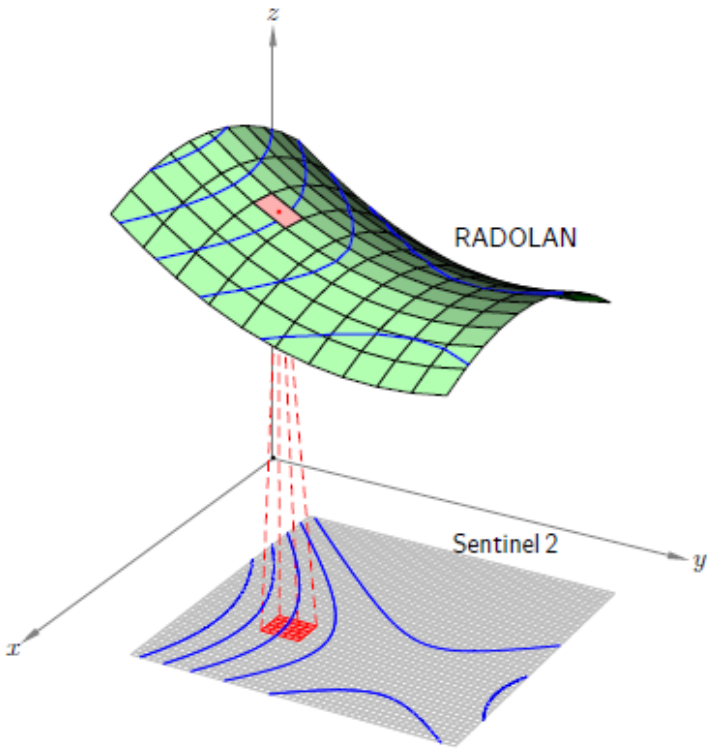
C-Faktor


07.03.2011
24.04.2011
08.05.2011
22.05.2011
04.06.2011
26.08.2011
02.09.2011
02.10.2011
C-Faktor
High : 1
Low : 0
N
0 125 250 500
m

Dynamische Bodenerosionsmodellierung

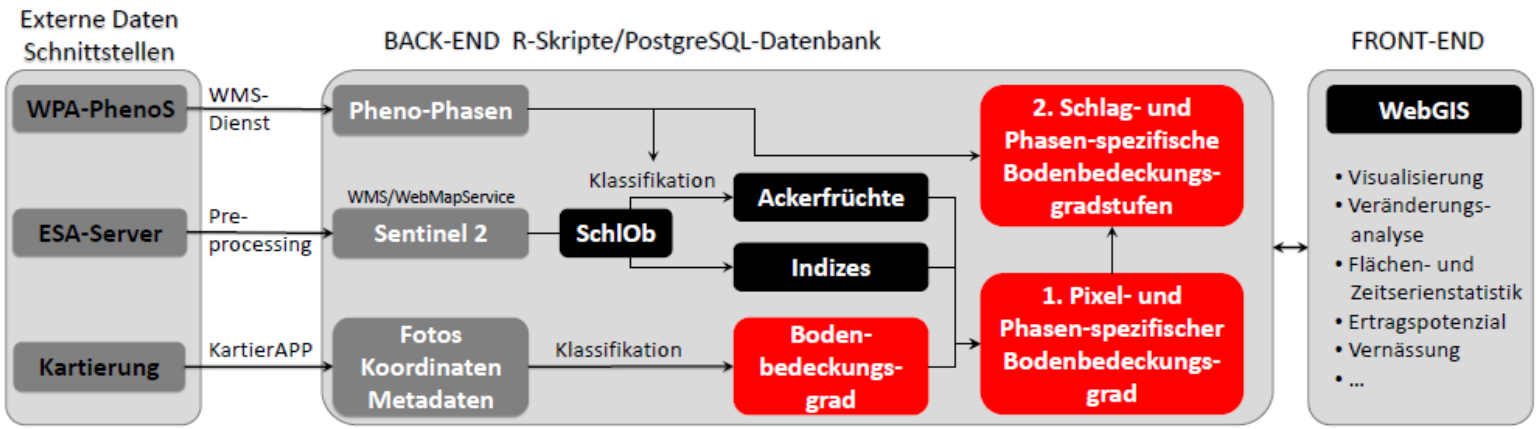
Prozesskette zur ereignisbezogenen *C*-Faktorableitung

- Feldblock-Disaggregierung
- Prognose des Bodenbedeckungsgrades



Ausblick

Automatisches Monitoringsystem



- Dr. Markus Möller, Prof. Dr. Cornelia Gläßer
  Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
  Institute of Geosciences and Geography
  Fachgruppe Geofernerkundung und Kartographie
  Von-Seckendorff-Platz 4 | 06120 Halle (Saale)
  mail: `markus.moeller@geo.uni-halle.de`
  Tel. 0049345 552 60 26
- Dr. Daniel Wurbs
  geoflux GbR
  Goethestraße 31 | 06114 Halle (Saale)
  mail: `wurbs@geoflux.de`
  06114 Halle (Saale)

- Projektträger: Raumfahrtagentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (FKZ 50EE1230).

DynaC: Zeitliche und räumliche Dynamisierung des *C*-Faktors mittels simulierter Sentinel 2-Daten zur Lokalisierung von Gefährdungsflächen der wassergebundenen Bodenerosion

http://paradigmaps.geo.uni-halle.de/dynac