

Landwirtschaftliches Beratungsinstrument für das Erosionsmonitoring auf der Basis von räumlich und zeitlich hoch aufgelösten Geodaten

Markus Möller¹ und Henning Gerstmann²

Abstract: Bodenerosion auf landwirtschaftlich genutzten Flächen hat negative Folge sowohl für die Umwelt (Boden- und Gewässerqualität) als auch für Landwirtschaftsbetriebe (Verringerung der Bodenfruchtbarkeit und Erträge). Die Bodenbedeckung ist ein entscheidender Faktor für die Bewertung des Bodenerosionsrisikos. Der Bodenbedeckungsgrad von Ackerfrüchten ist kulturartenspezifisch und abhängig von der jeweiligen phänologischen Entwicklungsphase der Kulturart. Der Beitrag zeigt, wie Schlag- und Phasen-spezifische sowie Satellitenbild-basierte Vegetationsindex-Zeitserien generiert werden können. Dadurch eröffnen sich neue Möglichkeiten des flächenhaften Monitorings von Bodenbedeckungsgradzuständen und der zeitlich-dynamischen Erosionsmodellierung.

Keywords: Bodenerosion, Bodenbedeckung, Satellitenbildanalyse, Phänologie

1 Einleitung

Bodenerosionsprozesse durch Wasser sind das Ergebnis einer Störung des Faktoren-gleichgewichtes zwischen Niederschlag, Relief, Boden und Landnutzung, wobei zeitlich stabile (Boden, Relief) und variable Faktoren (Bodenbedeckung, Niederschlag) unterschieden werden [VMW10]. In Deutschland wird von einer Zunahme des Bodenerosionsrisikos ausgegangen, die mit dem prognostizierten Klimawandel und der damit verbundenen Zunahme von erosionswirksamen Starkniederschlagsereignissen im Zusammenhang steht [Ro14]. Die Lokalisierung von Maßnahmen des vorsorgenden Bodenschutzes erfordert zeitlich und räumlich hochaufgelöste Flächendatensätze, die die Dynamik der variablen Faktoren abbilden [Ev13]. Während Niederschlagsinformationen des Deutschen Wetterdienstes diesen Ansprüchen genügen [GH2008], mangelt die Bereitstellung von Kulturarten- und Phasen-spezifischen Bodenbedeckungsinformationen an der Verfügbarkeit von Satellitenbildern hoher zeitlicher *und* räumlicher Auflösung sowie korrespondierenden phänologischen Informationen. In diesem Beitrag wird am Beispiel der Ackerfrucht Winterweizen für ein Untersuchungsgebiet in Sachsen-Anhalt skizziert, wie Zeitreihen simulierter Satellitenbilddaten und Flächendatensätze phänologischer Entwicklungsstadien generiert und kombiniert werden können. Abschließend

¹ Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Betriebslehre, Karl-Freiherr-von-Fritsch-Straße 4, 06120 Halle (Saale), markus.moeller@landw.uni-halle.de

² Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Geofernerkundung und Kartographie, Von-Seckendorff-Platz 4, 06120 Halle (Saale), henning.gerstmann@geo.uni-halle.de

wird aufgezeigt, welche Handlungsoptionen sich für die zeitlich-dynamische Erosionsmodellierung ergeben.

2 Methodik

Entsprechend Abbildung 1 gliedert sich die methodische Vorgehensweise in vier Teile: (1) Das Modell PHASE ist Bestandteil des Web-basierten Prognose- und Auskunftssystem PhenoS³. PHASE ist ein temperatursummengetriebenes Vegetationsentwicklungsmodell, das eine automatische deutschlandweite Interpolation von phänologischen Phasen ermöglicht. Als Eingangsdaten dienen beobachtete Julianische Eintrittsdaten phänologischer Ereignisse einer Fruchtart (JD) und tägliche Messungen der Tagesmitteltemperatur (T) des Deutschen Wetterdienstes sowie das auf eine Rasterweite von 1×1 km transformierte SRTM-Höhenmodell (DHM) [Ge16]. (2) STARFM (Spatial and Temporal Adaptive Reflectance Fusion Model) ist ein Satellitenbild-Fusionsansatz, der räumlich hochaufgelöste Index-Zeitserien (I_{JD}) aus MODIS⁴- und Landsat⁵-Satellitenbilddaten simuliert [Ga06]. STARFM kann prinzipiell für jedes Gebiet der Erde angewendet werden kann, sofern eine ausreichende Anzahl von wolkenfreien bzw. -armen Satellitenbildszenen verfügbar ist. (3) Beide Zeitserien werden über spezifische Bezugseinheiten (BE; hier: Ackerschläge) in Beziehung gesetzt. (4) Die resultierenden Phasen- und Schlag-spezifischen Index-Medianwerte sind die Grundlage für die Anwendung von Modellen zur Prognose der Bodenbedeckung durch vitale Vegetation (FVC = Fractional Vegetation Coverage) und Pflanzenreste (CRC = Crop Residue Coverage) sowie von Modellen zur Detektion von Bezugseinheiten ohne Vegetationsbedeckung (BS = Bare Soil).

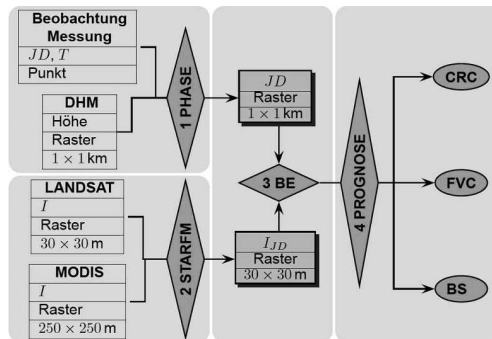


Abb. 1: Fließdiagramm zur Kopplung von modellierten phänologischen Flächendatensätzen und simulierten Satellitenbildzeitreihen als Grundlage für die Schlag- und Phasen-spezifische Ableitung von Bodenbedeckungsgradinformationen.

³ http://paradigmaps.geo.uni-halle.de/wpa_phenos

⁴ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (<http://modis.gsfc.nasa.gov>)

⁵ <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>

3 Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 2 zeigt ein Kopplungsergebnis von phänologischen und Satellitenbildinformationen am Beispiel eines 600 km² großen Untersuchungsgebietes in Sachsen-Anhalt, das durch eine intensive ackerbauliche Nutzung gekennzeichnet ist. Winterweizen ist mit 46 % Flächenanteil im Jahr 2011 die dominierende Fruchtart, wofür der Jahresverlauf der phänologischen Phasen bzw. Bodenbearbeitungszeiträume Bestellung (10), Auflaufen (12), Schossen (15), Ährenschieben (18), Milchreife (19), Gelbreife (21) und Ernte (24) dargestellt ist. NE steht für den Zeitraum zwischen Ernte und Bestellung.

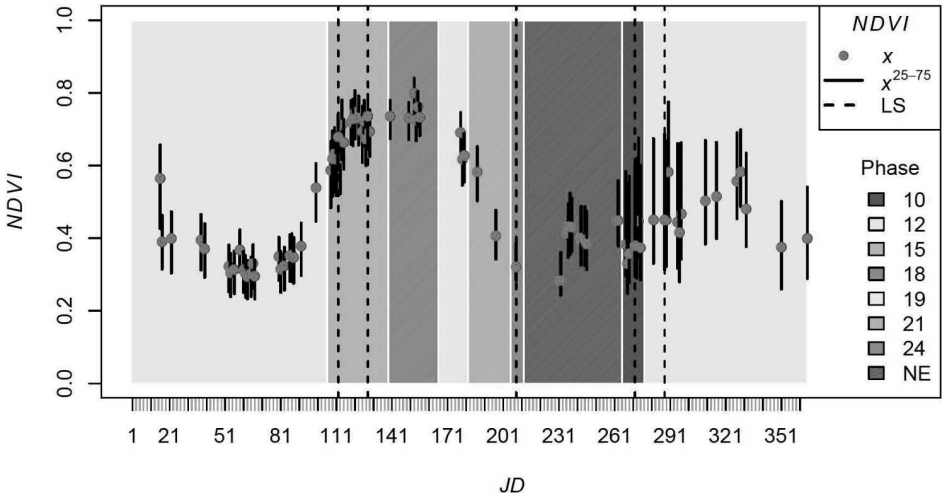


Abb. 2: Kopplungsergebnis von Satellitenbildinformationen und phänologischen Flächendaten.

Die Fusion der MODIS- und Landsat-Satellitenbilder basiert auf vier wolkenfreien bzw. -armen Landsat- (LS) und 73 MODIS-Szenen. Die resultierende Zeitreihe des Vegetationsindex $NDVI^6$ ist in Abbildung 2 in Form von tagesspezifischen Medianen (x) sowie Werteverteilungen zwischen dem 25 % - und 75 %- Quantil veranschaulicht. Der $NDVI$ ergibt sich aus der normalisierten Differenz von Reflexionswerten des roten Wellenlängenbereiches (R) und des nahen Infrarots (NIR) [Tu79]. Da die Reflexion im NIR durch den Chlorophyllgehalt von Pflanzen beeinflusst wird, ist der $NDVI$ ein Indikator für deren Vitalität. Aus dem $NDVI$ lässt sich die Bestandsdichte und damit der Bodenbedeckungsgrad für Mischpixel ableiten. Der $NDVI$ -Wertebereich liegt zwischen 0 und 1, wobei hohe Werte Zeiger für eine hohe und niedrige Werte für eine geringe Bodenbedeckung durch vitale Vegetation sind. Die Aussagekraft des $NDVI$ bezüglich der Bodenbedeckung ist allerdings nur für spezifische Vegetationsphasen gültig. Die kombinierte Betrachtung der phänologischen und Satellitenbildinformationen erlaubt die Detektion von relevanten Zeitfenstern, wann Modelle zur realistischen Prognose der Bodenbede-

⁶ Normalized Difference Vegetation Index

ckung durch vitale Vegetation angewendet werden können. Das betrifft in Abbildung 2 die phänologischen Phasen 10, 12 und 15. Die Phase 18 ist durch eine vollständige Bodenbedeckung mit vitaler Vegetation gekennzeichnet (hohe *NDVI*-Werte). Bei den Phasen 19 und 21 ist trotz geringer *NDVI*-Werte ebenfalls von einer vollständigen Bodenbedeckung auszugehen. Der *NDVI*-Wert wird hier allerdings durch die Abnahme des Chlorophyll-Gehaltes der Pflanzen reduziert.

4 Zusammenfassung

Die skizzierte Vorgehensweise zur Ableitung und Kopplung von Flächendatensätzen phänologischer Entwicklungsstadien von Ackerpflanzen und Satellitenbild-basierten Vegetationsindizes ist der Kern eines sich im Aufbau befindlichen landwirtschaftlichen Beratungssystems. Es dient u.a. der zeitlich-dynamischen Erosionsmodellierung und zur Lokalisierung von Gefährdungsflächen der wassergebundenen Bodenerosion. Dadurch können Vorsorgemaßnahmen des Bodenschutzes räumlich spezifiziert werden. Im Vergleich zu bisher verfolgten Beratungsstrategien in Deutschland erweitert der vorgestellte Ansatz den räumlich-zeitlichen Geltungsbereich. Dadurch besteht für Bodenschutzbehörden und Landwirte die Möglichkeit, nicht nur auf Bodenerosionsereignisse zu reagieren, sondern im Sinne des vorsorgenden Ressourcenschutzes zu agieren.

Literaturverzeichnis

- [Ev13] Evans, R.: Assessment and monitoring of accelerated water erosion of cultivated land – when will reality be acknowledged. *Soil Use and Management* 29, S. 105-118, 2013.
- [Ga06] Gao, F.; Masek, J.; Schwaller, M.; Hall, F.: On the blending of the Landsat and MODIS surface reflectance: Predicting daily Landsat surface reflectance. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 44, S. 2207-2218, 2006.
- [GH08] Gerstner, E.M.; Heinemann, G.: Real-time areal precipitation determination from radar by means of statistical objective analysis. *Journal of Hydrology* 352, S. 296-308, 2008.
- [Ge16] Gerstmann, H., Möller, M., Doktor, D., Gläßer, C.: PHASE: A geostatistical model for the Kriging-based spatial prediction of crop phenology using public phenological and climatological observations. *Computers and Electronics in Agriculture*, in Begutachtung.
- [Ro14] Routschek, A.; Schmidt, J.; Enke, W.; Deutschlaender, T.: Future soil erosion risk - Results of GIS-based model simulations for a catchment in Saxony/Germany. *Geomorphology* 206, S. 299-306, 2014.
- [Tu79] Tucker, C.: Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment* 8, S. 127-150, 1979.
- [VMW10] Volk, M.; Möller, M.; Wurbs, D.: A pragmatic approach for soil erosion risk assessment within policy hierarchies. *Land Use Policy* 27/4, S. 997-1009, 2010.