

# Bodenerosion als Risiko für die Landwirtschaft

Neue Methoden quantifizieren den Bodenverlust durch Wasser auf Äckern

Bodenerosion durch Wasser gefährdet weltweit Böden. Verschiedene Politikinstrumente definieren Maßnahmen zum Schutz der Böden. Ein Baustein dieser Instrumente sind Monitoringprogramme zur Beobachtung des Erosionsgeschehens und zur Quantifizierung des Bodenabtrags.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Physische Geographie und Landschaftsökologie und des Institute of Geo-Engineering der Technischen Universität Clausthal entwickeln gemeinsam Methoden zur hochauflösenden Quantifizierung des Bodenabtrags. Dazu nutzen sie auf Agrarflächen moderne geodätische Erfassungstechnik, wie Laserscanner und Drohnen und erstellen detaillierte 3D-Modelle der Bodenoberflächen als Grundlage für die Abtragsquantifizierung.



## Bodenerosion: Gefahren und Gegenmaßnahmen

Die Landwirtschaft bildet weltweit die Grundlage für die Versorgung unserer Gesellschaft mit Nahrung, Biomasse, Fasern und anderen wichtigen Rohstoffen. Essentielle Grundlage dafür sind ertragreiche, gesunde Böden. Zugleich ist die agrarische Nutzung der Böden oftmals mit ihrer Degradation – unter anderem durch Wassererosion, also den Abtrag des Oberbodens durch abfließendes Wasser – verbunden. Hierdurch ist die langfristige Funktionsfähigkeit der Böden gefährdet. Dies bedroht unter anderem die Ernährungssicherheit aber auch die Bereitstellung von sauberem Trinkwasser und damit die Ziele für nachhaltige Entwicklung (SDGs) der UN *kein Hunger* und *sauberes Wasser*.

Die größte Gefährdung für Böden in der Europäischen Union (EU) und Deutschland ist der Verlust von Boden durch Wassererosion. Es wird geschätzt, dass in der EU etwa 970 Megatonnen Boden pro Jahr durch Bodenerosion verloren gehen [1]. Dies entspricht etwa der Fläche Berlins mit einer Mächtigkeit von 1 Meter. Damit ist ein EU-weiter jährlicher Schaden von etwa 1,25 Milliarden Euro alleine im Landwirtschaftssektor, unter anderem durch Ernteausfälle, verbunden [2]. Daher sind diverse Maßnahmen zum Erhalt von Böden und der Reduzierung des Bodenabtrags Teil aktueller Umwelt- und Agrarpolitik: Landwirtschaftliche Betriebe sind zum Erhalt von Cross-Compliance-Zahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU dazu verpflichtet, ihre Flächen bodenschonend zu bewirtschaften.

Das Bundesbodenschutzgesetz verlangt eine *gute fachliche Praxis* zur Vermeidung von Bodenabträgen und mit der aktuellen Bodenstrategie der EU und einem angekündigten Gesetz zur *Bodengesundheit* wird eine *bodendegradationsneutrale Welt* angestrebt.

Für die Umsetzung dieser Regelungen vor Ort und zur Überprüfung der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Reduktion der Bodendegradation sind entsprechende Monitoringprogramme erforderlich. In Deutschland soll Bodenerosion im Rahmen der *Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel* in einem *Klimafolgen-Bodenmonitoring* langfristig beobachtet werden. Ein Baustein eines solchen Monitorings kann die Dokumentation von Schäden durch Bodenerosion und dabei insbesondere die Quantifizie-

zung des von Agrarflächen abgetragenen Bodenmaterials sein. Die Dokumentation von Schadereignissen kann im Rahmen von standardisierten Kartierungen erfolgen. Zwei vom Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie betreute Dauerbeobachtungen in Niedersachsen und Baden-Württemberg setzen entsprechende Methoden seit 21 bzw. 11 Jahren erfolgreich ein [3].

Wasser löst Bodenmaterial ab und transportiert es hangabwärts. Das transportierte Material sedimentiert am Hangfuß (Abbildung 1), auf Verkehrsflächen, in schützenswerten Biotopen oder gelangt in Gewässer und verursacht oftmals unerwünschte sogenannte Off-Site Effekte. Im Erosionsprozess wird der Boden oftmals flächenhaft abgetragen, erkennbar ist dieser Vorgang an typischen Sandfahnen auf

Laserscannern (TLS) oder mittels UAV-gestützten photogrammetrischen Methoden (Drohnen) erfolgen. Die so gewonnenen, hochaufgelösten 3D-Punktwolken erlauben die präzise Darstellung der Bodenoberfläche und damit die Abbildung der Erosionsformen. Das durch Erosion verlorene Bodenvolumen kann anschließend aus den erzeugten 3D-Modellen abgeleitet werden.

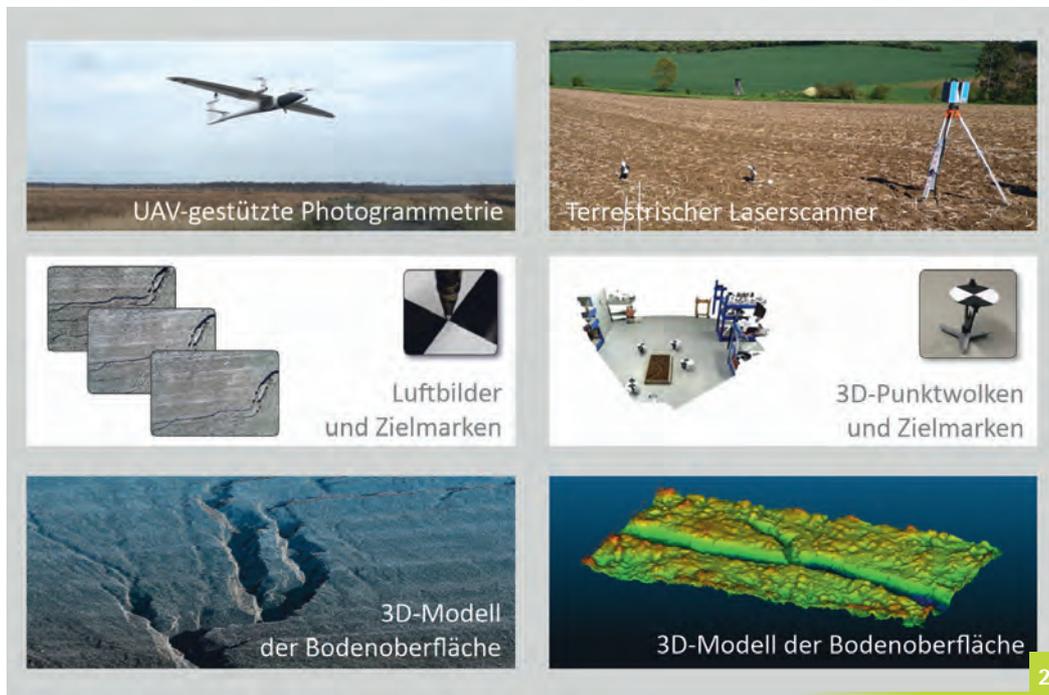


Abbildung 1  
Schäden auf Grund von Boden-erosion durch Wasser: Rillen und Rinnen (links und Mitte), flächenhafte Erosion (rechts oben) und Akkumulation am Hangfuß (rechts unten).  
Fotos: Bastian Steinhoff-Knopp 2017 – 2019

Abbildung 2  
Detaillierte Aufnahme der Bodenoberfläche mit UAV-gestützter Photogrammetrie (links) und terrestrischem Laserscanning (rechts).  
Abbildung: Bastian Steinhoff-Knopp 2022, Fotos: Jens Groß 2021, Simone Ott 2021, Bastian Steinhoff-Knopp 2017 – 2021

Dabei ist die hochgenaue Bestimmung des Abtragvolumens durch Bodenerosion eine derzeit nur unbefriedigend gelöste, methodische Herausforderung an der Schnittstelle zwischen den fachlichen Disziplinen Geographie und Landschaftsökologie sowie Geodäsie und Geoinformatik, die Forscherinnen und Forscher an der LUH und TU Clausthal aktuell bearbeiten.

**Quantifizierung von Schäden durch Wassererosion**

Schäden durch Wassererosion sind vielfältig. Bei Starkregen oberflächlich abfließendes

der geschädigten Agrarfläche (Abb. 1). Zusätzlich entstehen in Leitlinien, in denen sich das Wasser beim Abfließen sammelt, markante Rillen, Rinnen und Gräben (Abb. 1). Die Herausforderung in der Dokumentation dieser Schäden ist die Quantifizierung des abgetragenen Bodenmaterials. Dauerhafte Messeinrichtungen können auf landwirtschaftlich genutzten Flächen nicht installiert werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, die Bodenoberfläche mit modernen geodätischen Sensorsystemen und Fernerkundungsmethoden dreidimensional abzutasten. Die dazu nötige Datenaufnahme kann mit terrestrischen

Hierzu wird aktuell an der Weiterentwicklung von zwei Methoden gearbeitet:

- Bestimmung des Abtragvolumens auf Basis einer Einzelaufnahme und
- Bestimmung des Abtragvolumens in Zeitreihen durch den Vergleich von mehreren Aufnahmezeitpunkten (multi-temporale Erfassung).

Die methodischen Herausforderungen sind zahlreich. In der Bestimmung des Abtragvolumens auf der Grundlage einer einzelnen Erfassung der Bodenoberfläche sind die größten Herausfor-

## Literatur

- [1] Panagos, P.; Borrelli, P.; Poesen, J.; Ballabio, C.; Lugato, E.; Meusburger, K.; Montanarella, L. & C. Alewell (2015): The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. In: *Environmental Science and Policy* 54, S. 438–447.
- [2] Panagos, P.; Standardi, G.; Borrelli, P.; Lugato, E.; Montanarella, L. & F. Bosello (2018): Cost of Agricultural Productivity Loss due to Soil Erosion in the European Union: From Direct Cost Evaluation Approaches to the Use of Macroeconomic Models. In: *Land Degradation & Development*.
- [3] Steinhoff-Knopp, B. & B. Burkhard (2018): Soil erosion by water in Northern Germany: long-term monitoring results from Lower Saxony. In: *CATENA* 165, S. 299–309.
- [4] Paffenholz, J.-A.; Steinhoff-Knopp, B. & C. Harmening (2020): 3D point cloud based spatio-temporal monitoring of natural objects. In: *Smart surveyors for land and water management: FIG Working Week 2020: Amsterdam, the Netherlands, 10–14 May 2020*, Copenhagen, S. 1–13.

derungen die Rekonstruktion der Bodenoberfläche vor dem Erosionsereignis sowie die Automatisierung der Methoden. Mit den ersten entwickelten Methoden gelingt die exakte Bestimmung des Volumens von im Laborversuch künstlich angelegten Rillen [4]. Zur Abschätzung des erfolgreichen Einsatzes auf Agrarflächen sollen im Sommer 2022 Feldversuche durchgeführt werden.

In der multi-temporalen Erfassung werden Schäden durch Wassererosion durch weitere, die Bodenoberfläche verändernde Prozesse maskiert: Der Boden setzt sich nach seiner Bearbeitung, tonreiche Böden schrumpfen und quellen in Abhängigkeit ihres Wassergehaltes und der Aufwuchs von Pflanzen erschwert die Erfassung der Bodenoberfläche. Zugleich muss in der multi-temporalen Erfassung eine stabile Geo-Referenzierung (die Zuweisung von über die

Zeit konstanter raumbezogener Informationen zum Datensatz) der 3D-Punktwolken und abgeleiteten 3D-Modellen gewährleistet werden. Die Ergebnisse einer im Sommer 2021 aufgenommenen Zeitreihe mit wöchentlicher Erfassung der Bodenoberfläche zeigen die Möglichkeiten und Herausforderungen der multi-temporalen Auswertung. Die zusätzliche Erfassung von Einflussfaktoren, wie Niederschlag, Bodenfeuchte, Lage- und Bodenbearbeitung, tragen wesentlich zur Identifikation der die Bodenoberfläche verändernden Prozesse bei.

### Interdisziplinäre Methodenentwicklung

Die in diesem Beitrag dargestellten Methodenentwicklungen leben vom interdisziplinären Austausch von Geographinnen und Geographen sowie Geodätinnen und Geo-

däten, die unter anderem im FZ:GEO miteinander vernetzt sind. Die fachlichen Grundlagen ermöglichen eine Beschreibung der Herausforderung aus verschiedenen Blickwinkeln und die Lösungsansätze fußen auf den sich ergänzenden methodischen Fundi der Geographie sowie der Geodäsie und Geoinformatik.

Die bereits entwickelten Methoden tragen zur verbesserten Quantifizierung von Schäden auf Grund von Bodenerosion durch Wasser, zum Beispiel in Monitoringprogrammen, bei. Damit dienen sie dem Ziel, einen detaillierteren Überblick über die Intensität des realen Erosionsgeschehens zu erhalten. Darauf aufbauend können bestehende Maßnahmen zur Reduktion von Bodenerosion und zum Erhalt des Bodens als essentielle Versorgungsgrundlage des Menschen bewertet und angepasst werden.



#### Dr. Bastian Steinhoff-Knopp

Jahrgang 1983, ist PostDoc am Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie und setzt landschaftsökologische Feldmethoden und GIS für seine Forschung in den Themenfeldern Bodenerosion (Monitoring und Modellierung) sowie regulierende und bodengezogene Ökosystemleistungen ein. Kontakt: [steinhoff-knopp@phygeo.uni-hannover.de](mailto:steinhoff-knopp@phygeo.uni-hannover.de)



#### M. Sc. Simone Ott

Jahrgang 1991, ist Doktorandin am Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie und nutzt hochauflösende Messmethoden (Terrestrisches Laserscanning, Befliegung mit UAV) für die Forschung an der Erfassung von Bodenerosion unter Feldbedingungen. Kontakt: [ott@phygeo.uni-hannover.de](mailto:ott@phygeo.uni-hannover.de)



#### Prof. Dr.-Ing.

##### Jens-André Paffenholz

Jahrgang 1981, ist Professor für Geomatik für untertägige Systeme am Institute of Geo-Engineering der TU Clausthal mit Arbeitsschwerpunkten zu Multi-Sensor-Systemen für die effiziente Erfassung von 3D Umgebungsdaten unter anderem mit dem Ziel des raum-zeitlichen Monitorings über Skalen. Kontakt: [jens-andre.paffenholz@tu-clausthal.de](mailto:jens-andre.paffenholz@tu-clausthal.de)



#### Prof. Dr. Benjamin Burkhard

Jahrgang 1974, ist Professor für Physische Geographie und geschäftsführender Leiter des Instituts für Physische Geographie und Landschaftsökologie mit den Arbeitsschwerpunkten integrative Erfassung und Analyse von Strukturen, Prozessen und Funktionen von Landschaften, Ökosystemleistungen und Mensch-Umweltbeziehungen. Kontakt: [burkhard@phygeo.uni-hannover.de](mailto:burkhard@phygeo.uni-hannover.de)