

## Neues Gemeinschaftsprojekt zwischen Landwirtschaft und Forschung

# Bodenerosion in Luxemburg

Angesichts der Klimakrise sind dringend Anpassungen notwendig, um Einbußen in der landwirtschaftlichen Produktivität hiesiger Böden durch Bodenerosion zu verhindern und die Landwirtschaft Luxemburgs nachhaltig zu stärken. Obwohl sich bereits heute viele Landwirte an veränderte Klimabedingungen anpassen, besteht ein akuter Bedarf an fundierten Studien zur Entwicklung moderner, praxistauglicher Leitfäden. Diese sollen insbesondere helfen, die Wirksamkeit und Effizienz erosionsmindernder landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmethoden zu quantifizieren und zu optimieren, sowie deren Wirtschaftlichkeit zu beleuchten. Vor diesem Hintergrund haben der „Fonds National de la Recherche“ und das „Ministère de l’Agriculture, de la Viticulture et du Développement rural“ beschlossen, das Forschungsprojekt EROSION für vier Jahre gemeinsam zu finanzieren. Das Projekt EROSION führt Wissenschaftler des Luxemburgischen Instituts für Wissenschaft und Technologie (LIST) und des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) mit Akteuren aus der Landwirtschaft (CONVIS s.c.) und dem Ministerium zusammen, um gemeinsam praxistaugliche Strategien zur Erosionsminderung zu entwickeln und diese durch Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung zu untermauern. Diese Maßnahmen sollen nicht nur die Anfälligkeit landwirtschaftlicher Flächen für Erosion, sondern auch für Sturzfluten reduzieren und so deren Widerstandsfähigkeit gegen den Klimawandel stärken.

Luxembourg Institute  
of Science and  
Technology (LIST) /  
ENVISION research  
unit

Karlsruhe Institute  
of Technology (KIT) /  
Institute of Water  
and Environment  
– Hydrology

CONVIS sc.

**B**odenabtrag ist ein ernstzunehmendes Umweltproblem, auch in Luxemburg. Im Jahr 2022 lagen die durch Bodenerosion verursachten Schäden zwischen 2,7 und 4,6 Millionen Euro<sup>1</sup>. Basierend auf der Analyse von Luftbildern der Verwaltung für technische Dienste der Landwirtschaft (ASTA)<sup>2</sup>, zeigte eine kürzlich durchgeführte nationale Inventur, dass verschiedene

1 Hitaj C, Braun C, Martínez-Carreras N. 2022. *Soil degradation costs in Luxembourg – focus on soil erosion. Administration de l’Environnement, Luxembourg*

2 Steffen M. 2022. *Soil erosion: identification of risk areas in the context of the new Common Agricultural Policy. Oral presentation at the ‘Soil sustainability in Luxembourg’ (Belval, 2nd December 2022). Administration of agricultural technical services (Soil Department)*

Formen der Erosion zumindest einmal auf 41 % der 5.453 untersuchten Flächen auftraten. Auf 7,4 % der Parzellen wurden Erosionsereignisse sogar fünfmal oder häufiger beobachtet. Da der Klimawandel insbesondere durch die Zunahme von Starkregen voraussichtlich zu einer Zunahme von Erosionsereignissen führen wird, besteht ein dringender Bedarf an Werkzeugen, die es landwirtschaftlichen Akteuren und Beratern als auch Landwirten ermöglichen, die Häufigkeit und Intensität von Erosionsereignissen abzuschätzen und das Minderungspotential unterschiedlicher Bearbeitungsmethoden und Nutzungen zu bewerten.

Um die Klimaziele der Landwirtschaft Luxemburgs zu erreichen, bedarf es einer Kombination verschiedener Praktiken, die sich von einzelnen Feldern bis zur gesamten landwirtschaftlichen Fläche des Landes erstrecken. Besonders wichtig sind Maßnahmen zur Förderung einer vielfältigeren Landnutzung in der gesamten Landschaft, was ein ganzheitliches Vorgehen erfordert. Verschiedene landwirtschaftliche Praktiken, die bekanntermaßen die Anfälligkeit des Bodens für Erosion reduzieren, umfassen die Erhöhung der Infiltrationskapazität, die Verlangsamung des Oberflächenabflusses und des Abbaus von organischem Bodenkohlenstoff und die Minimierung





von Eingriffen in den Boden sowie durch möglichst lange Bodenbedeckung und Pflanzenbewuchs. Generell gehört reduzierte Bodenbearbeitung schon heute zur gängigen Praxis in Luxemburg. Allerdings könnten sich die aktuellen Praktiken der Landwirte mit der Einführung der neuen gemeinsamen Agrarpolitik (GAP 2023-2027) ändern, da sich im Rahmen der Agrar- Umwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM) und Öko-Regelungen (ÖR) neue und vor allem flexiblere Möglichkeiten für die Landwirte bieten.

Das Ziel von EROSION ist es daher, robuste Schätzungen über die zukünftigen Auswirkungen von Klima- und Landnutzungsänderungen auf die Dynamik von Sturzfluten und Erosion abzuleiten.

## Moderne prozess-basierte Modelle zur Bewertung von Bodenqualitätsverlust durch Erosion

Bodenerosion resultiert aus dem Zusammenspiel dreier Prozesse (Abb. 1): (i) die Ablösung von Bodenpartikeln durch Regentropfen und Oberflächenabfluss, (ii) deren Transport durch den Oberflächenabfluss, der eintritt, wenn die Niederschlagsintensität die Infiltrationskapazität des Bodens übersteigt, und (iii) die Ablagerung dieser Partikel in Bereichen hoher Infiltration oder geringer

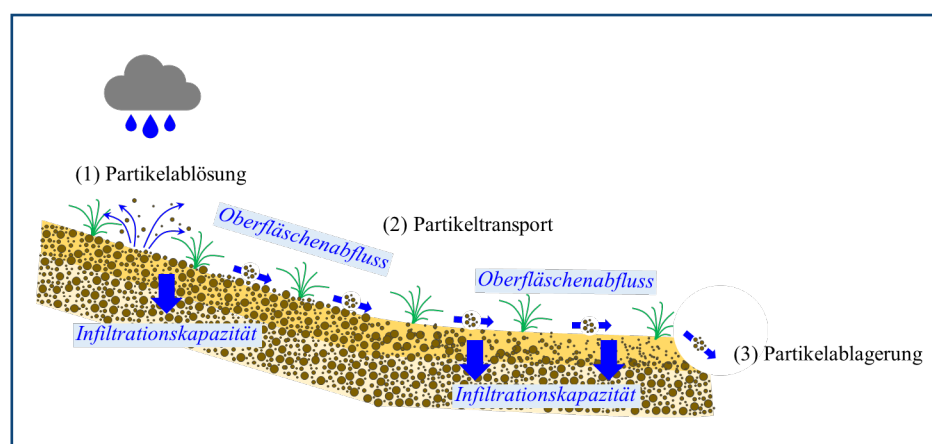
Fließgeschwindigkeit. Dieses Zusammenspiel hängt sowohl von hydro-meteorologischen Größen (Niederschlagsmenge, -intensität, Tropfengrößenverteilung, der Feuchte und dem Versickerungsvermögen des Bodens, dessen Rauheit) als auch von der Bewirtschaftung und Topographie einer Fläche ab. Diese Eigenschaften beeinflussen die Wasserspeicherkapazität, die Vernetzung bevorzugter Fließwege und die Rauheit der Bodenoberfläche. Bodenerosion lässt sich dabei in zwei Hauptgruppen einteilen: konzentrierter Oberflächenabfluss, der zur Bildung von kleinen Kanälen, Rinnen und Rillen führt, und diffuse Erosion durch Schichtabfluss, ein langsamerer Prozess, der zu regelmäßigem Abtrag der Bodenoberfläche führt.

Ein gängiger Ansatz zur Simulation von Erosionen und Sedimentverlust auf Landschaftsebene ist die „Universal Soil Loss Equation (USLE)“, welche durch die Kombination verschiedener großskaligen hydrologischen Modellen, die lokale Bodeneigenschaften nur indirekt abbilden. Die USLE berücksichtigt Regen-Erosivität, Boden-Erodierbarkeit, Topographie und Bewirtschaftungsmanagement. Obwohl diese Modelle für Management und Planung anerkannt sind, bleiben Fragen bezüglich ihres Wertes für das Prozessverständnis und die Planung unter veränderten Bedingungen. So sind die genannten Modelle oft nicht in der Lage, lokale Einflussfaktoren, die den Oberflächenabfluss und die Erosion steuern, abzu-

bilden. Sie können wichtige Prozesse, die Erosion verstärken oder reduzieren, nicht detailliert darstellen und sind begrenzt bei der Abbildung der Auswirkungen von Sturmintensitäten auf kurze Zeitskalen, da die USLE nicht für ereignisbasierte Planung ausgelegt ist.

Angesichts der erwarteten Zunahme von Sturmintensität und -häufigkeit sind ein besseres Prozessverständnis und neue Vorhersagemodelle notwendig. Das hydrologische Modell CATFLOW-SED, entwickelt vom Institut für Wasser und Umwelt am KIT, bietet diese Verbesserungen und wird im Rahmen von EROSION angewendet und

**Abb. 1:** vereinfachtes Diagramm hydrologischer Prozesse, die die Bodenerosion steuern





Tab. 1: Beschreibung des Ziels (Z) des Forschungsprojekts EROSION

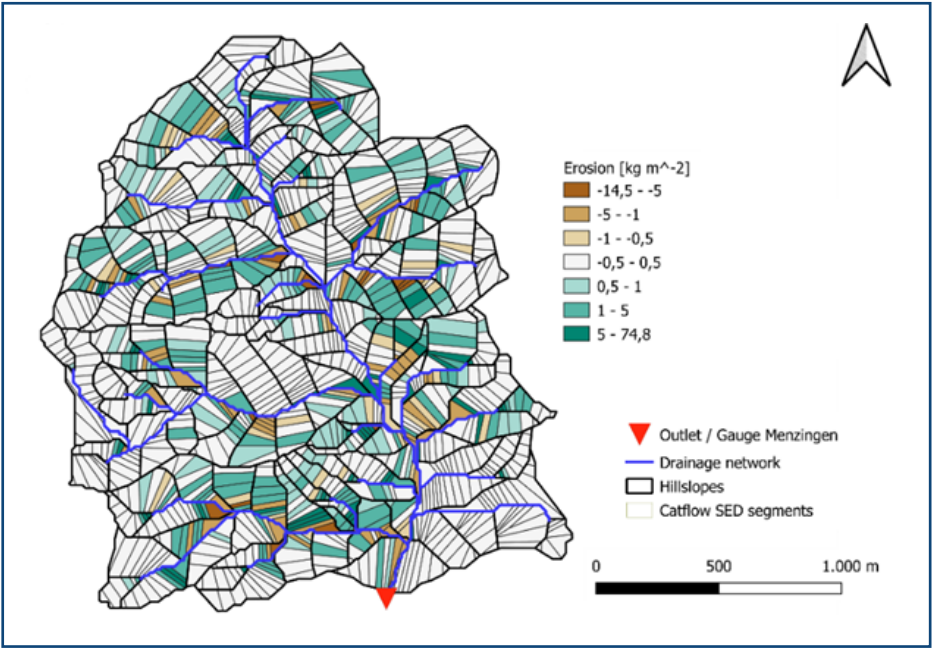
Ziel	Art	Kurzbeschreibung
1	Datensatz erstellen	[Z1] Messungen der Erosions-/Ablagerungsmuster für sechs landwirtschaftliche Felder mit unterschiedlichen Kulturen unter Verwendung von tLiDAR.
2	Datensatz erstellen	[Z2] Messung von Wasser- und Sedimentflüssen in verschiedenen Einzugsgebieten des Attert-Flussbeckens (Niederschlag, Regentropfengrößenverteilung, Bodenfeuchtigkeit und Oberflächenabfluss).
3	Modellierung auf der Hangskala	[Z3] Einsatz von CATFLOW-SED zur Simulation der Erosionsraten auf den sechs landwirtschaftlichen Feldern.
4	Einzugsgebiets- modellierung	[Z4] Hochskalierung der Modelle vom Feld zum Teil-Einzugsgebiet.
5	Virtuelle Experimente: Klimawandel- und Landnutzungsszenarien	[Z5] Modellbasierte Quantifizierung von Erosionsraten für verschiedene Konfigurationen von (i) Bewirtschaftungspraktiken, (ii) Klimaszenarien und (iii) Landnutzungsmustern, alle darauf ausgerichtet, Bodenerosion zu reduzieren, Infiltration zu erhöhen und nachgelagerte Auswirkungen im Zusammenhang mit (Sturz-) Fluten zu mindern.
6	Technologietransfer	[Z6] Wir werden ein Prototyp-Modellierungswerkzeug für die Kartierung lokaler Erosions-Hotspots anbieten, basierend auf Wettervorhersagen, Landnutzung und Bodenwassergehalt.

getestet. Es ermöglicht die dynamische Anpassung geomorphologischer Strukturen von Hängen und liefert Simulationen von Oberflächenabfluss, Erosion und Sedimenttransport auf Hang und Einzugsgebietsebene. Um die Qualität der Vorhersagen jedoch zu validieren, werden Feldmessungen benötigt. Die Erhebung quantitativer Daten über Bodenerosion ist dabei jedoch äußerst schwierig, da Erosion ein seltener und variabler Prozess ist. Terrestrisches LiDAR (Light Detection and Ranging – eine Art Fernerkundungssystem) bietet neue Möglichkeiten zur Messung von Erosion und Ablagerung mit hoher Genauigkeit, ist aber auf den Parzellen- bis Feldmaßstab beschränkt. Daher werden zusätzlich Sedimentflüsse in Bächen gemessen, um auch für größere Flächen Modelle evaluieren zu können. EROSION kombiniert daher zwei Ansätze: die Simulation der Entstehung von Rillen und Rinnen auf Feldebene und die Quantifizierung von diffuser Erosion und Bodenverlust auf Einzugsgebietsebene.

Die Ziele des EROSION-Projekts

Im Rahmen von EROSION streben wir die Entwicklung und erste Tests eines prozessbasierten Erosions- und Sedimenttransportmodells für landwirtschaftliche Flächen in Luxemburg an. Dieses neue Werkzeug soll in Zukunft quantitative Vorhersagen über Bodenerosion, Wasser- und Partikelflüsse sowie Sedimentablagerungen für unterschiedliche Landnutzungs- und Klimawandelszenarien liefern. Dazu werden auf verschiedenen Untersuchungsflächen verschiedene Konfigurationen von Pufferzonen simuliert, um ihr Potenzial zu testen, die Geschwindigkeit des Oberflächenabflusses zu verlangsamen und die lokale Infiltration und Sedimentation entlang topographischer Gradienten in der Agrarlandschaft zu erhöhen. Die Ziele des EROSION-Projekts sind in Tabelle 1 beschrieben.

Abb. 2: Simulierte Hangerosionsraten mit CATFLOW-SED während eines Sturzflutereignisses mit einer Wiederkehrperiode von 200 – 500 Jahren im Weiherbach-Einzugsgebiet in Deutschland. Karte reproduziert von Schroers et al. (2023) mit Genehmigung



Literatur

Scherer, U., Zehe, E., Trabing, K., and Gerlinger, K.: Prediction of soil detachment in agricultural loess catchments: Model development and parameterisation, *Catena*, 90, 63-75, 10.1016/j.catena.2011.11.003, 2012.

Schroers, S., Scherer, U., and Zehe, E.: Energy efficiency in transient surface runoff and sediment fluxes on hillslopes - a concept to quantify the effectiveness of extreme events, *Hydrology and Earth System Sciences*, 27, 2535-2557, 10.5194/hess-27-2535-2023, 2023.

Villinger, F., Loritz, R., and Zehe, E.: Physically based simulation of an occurred flash flood using "representative hillslopes" in a rural catchment, *Hydrologie Und Wasserbewirtschaftung*, 66, 286-297, 10.5675/HyWa\_2022.6\_1, 2022.