

Klimawandel versus Landschaftswandel - was sind die Ursachen der Erosion im HOAL Petzenkirchen?

Peter Strauss^{1*}

Zusammenfassung

Belastbare (messbare) Daten zum Vergleich der Bedeutung des Klimawandels und der landwirtschaftlichen Intensivierung auf die Bodenerosion sind nur selten verfügbar, vor allem weil langfristige Datensätze dazu nicht vorhanden sind. Umso erfreulicher ist es, dass im „Hydrological Open Air Laboratory (HOAL) Petzenkirchen“ bereits Mitte der 1940-er Jahre wesentliche Datensätze zur Bearbeitung dieser Fragen gesammelt wurden. Dazu wurde nun ein Vergleich von Sedimentkonzentrationen und Sedimentfrachten und auch die Auswertung von Landnutzungsinformation sowie zeitlich detaillierter Niederschlagsinformation für zwei Beobachtungszeiträume (Periode I von 1945-1954, sowie Periode II von 2002-2017) durchgeführt. Die Sedimentausträge aus dem HOAL waren für die betrachteten Zeiträume signifikant unterschiedlich, in der Periode I wurden mittlere jährliche Sedimentfrachten von 12 Tonnen gemessen, für die Periode II waren es 64 Tonnen jährlich. Eine Veränderung der Erosivität der Niederschläge fand für den Untersuchungszeitraum nicht statt, vielmehr wurden die Änderung der Fruchtartenzusammensetzung und, als wesentlicher Faktor, die Strukturänderung der landwirtschaftlichen Schläge als Treiber dieser Entwicklung identifiziert.

Schlagwörter: Erosion, Sedimentfracht, Strukturwandel, Fruchtarten, Erosivität der Niederschläge, Abfluss

Summary

Information to compare the relative effects of climate change and agricultural intensification on soil erosion is scarce because long term data sets on the topic are usually unavailable. Fortunately, in the Hydrological Open Air Laboratory (HOAL) Petzenkirchen soil erosion and management data have been collected since the 1940ies. Using these data, an evaluation of sediment concentrations and loads and land use data and precipitation was carried out for two periods (period I 1945-1954 and period II 2002-2017). The sediment loads of the two periods were significantly different. In period I, mean annual sediment loads of 12 tons/year were measured. In period II, the sediment load amounted to 64 tons/year. No difference between the periods was measured for rainfall erosivity. Thus, the main drivers for the erosion dynamics were significant changes in crop statistics and landscape structure.

Keywords: Erosion, Sediment load, landscape structure, crop statistics, rainfall erosivity, water flow

Einleitung

Der Einfluss bereits gemessener oder zukünftig prognostizierter Klimaveränderungen auf das Ausmaß von Bodenerosion und Sedimentaustträgen ist gegenwärtig ein häufig untersuchtes Phänomen, ebenso die Wirkung von Landnutzungs- oder Landbewirt-

¹ Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Pollnbergstraße 1, A-3252 PETZENKIRCHEN

* Ansprechpartner: Dr. Peter Strauss, email: peter.strauss@baw.at

schaftungsänderungen (z.B. Scholz et al. 2008, Mullan et al. 2019 oder Zhang et al. 2021). Geringe Aufmerksamkeit wurde bisher der Wirkung von Strukturänderungen in der Landschaft zuteil, obwohl es durch den Industrialisierungsprozess, der im landwirtschaftlichen Sektor seit Ende des zweiten Weltkrieges massiv stattgefunden hat, zu einer signifikanten Änderung von Schlaggrößen und damit einhergehend auch zu einem enormen Strukturverlust gekommen ist (Devaty et al. 2019). Letztendlich stellt sich die Frage, ob und in welchem Ausmaß die Faktoren Klimawandel, Landnutzungswandel und Strukturwandel Einfluss auf die Bodenerosion und den Stofftransport haben.

Um diesen Sachverhalt zu untersuchen, bieten sich die Daten des hydrologischen Einzugsgebietes „HOAL“ Petzenkirchen an, das unmittelbar seit Gründung des damaligen Bundesversuchsinstitutes für Kulturtechnik und technische Bodenkunde (heute Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt) im Jahr 1945 untersucht wurde.

Daten und Methodik

Das „Hydrological Open Air Laboratory (HOAL) Petzenkirchen“ liegt im NÖ Alpenvorland auf ungefähr 300 m Seehöhe. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 66 ha, die langjährige durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge liegt bei 746 mm (1946-2006) und die mittlere Lufttemperatur (1946-2006) liegt bei 8,8°C. Geologisch ist das HOAL Petzenkirchen im Wesentlichen der Molasse zu zuordnen. Die Böden können als Braunerden und hydromorph beeinflusste Böden (Gleye, Pseudogleye, Anmoor) charakterisiert werden.

Die Basis für diese Auswertung bilden die Untersuchungsergebnisse der beiden Perioden 1945-1954 und 2002-2017. Dazu standen für die erste Periode Abflussmesswerte (Thomsonwehr und Schwimmschreibpegel) zur Verfügung, während der zweiten Messperiode wurden die Abflüsse über ein Messwehr mit Ultraschall bestimmt (H-Flume). Während die Probenahme für die Bestimmung der Sedimentkonzentration in der ersten Periode händisch erfolgte (in 2-3 tägigem Intervall), wurde sie in der zweiten Periode über automatische Probensammler ermittelt. Für beide Perioden erfolgte eine zeitlich hochaufgelöste Bestimmung der Niederschläge und ihrer Intensität, sowie eine detaillierte Erfassung der angebauten Fruchtarten. Details zu den umfangreichen Messmethoden im HOAL Petzenkirchen finden sich bei Blöschl et al. (2016).

Ergebnisse

Sedimentfrachten

Die Berechnung der Sedimentfrachten wurde über Regressionsbeziehungen zwischen Abfluss und Sedimentkonzentration durchgeführt, wobei für jede Periode eine Aufteilung in Vegetationszeit und Winter vorgenommen wurde. Für die Vegetationszeit wurde in Periode I ein mittlerer monatlicher Sedimentaustrag von 0,8 t berechnet, im Vergleich dazu lag der Austrag für Periode II bei 6,3 Tonnen Sediment pro Monat. Für die vegetationslose Zeit lag der mittlere Sedimentaustrag pro Monat in Periode I bei 1,3 im Vergleich zur Periode II mit 5,4 Tonnen/Monat. Insgesamt steht damit einem Sedimentaustrag von 12 Tonnen/Jahr in der Periode I einem Sedimentaustrag von 64 Tonnen/Jahr in der Periode II gegenüber.

Klima

Als Indikator für mögliche Effekte des Klimawandels wurden die Niederschlagsverhältnisse, sowie die Erosivitätsdichte der Niederschläge herangezogen. Die Erosivitätsdichte ist definiert als Erosivität des Niederschlags pro mm Niederschlag. Wie in *Abbildung 1* ersichtlich, weist die Erosivitätsdichte der Niederschläge ein für Österreich bekanntes Muster auf (Johannsen 2022), mit deutlichen Anstiegen der Erosivität mit Beginn der

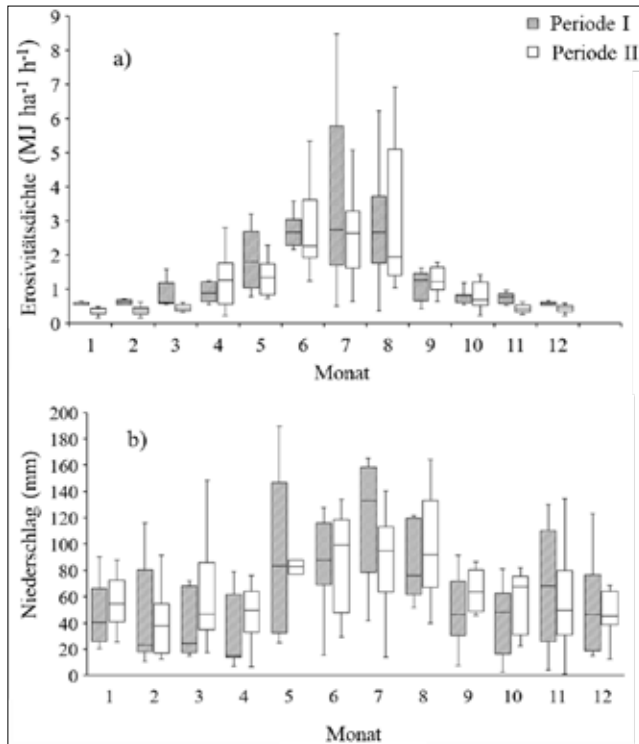


Abbildung 1: Monatliche Erosivitätsdichte und Niederschläge im Vergleich der Untersuchungsperioden I (1945-1954) und II (2002-2017).

Vegetationszeit, und auch für den monatlichen Niederschlag in den Monaten Mai-August erkennbar, allerdings - und das ist für diese Auswertung von Bedeutung - unterscheiden sich die beiden Untersuchungsperioden nicht signifikant. Eine wesentliche Wirkung dieser Faktoren auf die geänderten Sedimentausträge ist also nicht zu erwarten.

Landnutzung und Parzellenstruktur

Wie *Abbildung 2* und *Tabelle 1* zeigen, hat sich die prozentuelle Verteilung einzelner Landnutzungsarten über den Untersuchungszeitraum von mehr als 70 Jahren nur in einigen Bereichen geändert, einer Abnahme des Grünlandanteils steht eine Zunahme

Abbildung 2: Landnutzungsstruktur im HOAL Petzenkirchen, a) Periode I, b) Periode II.

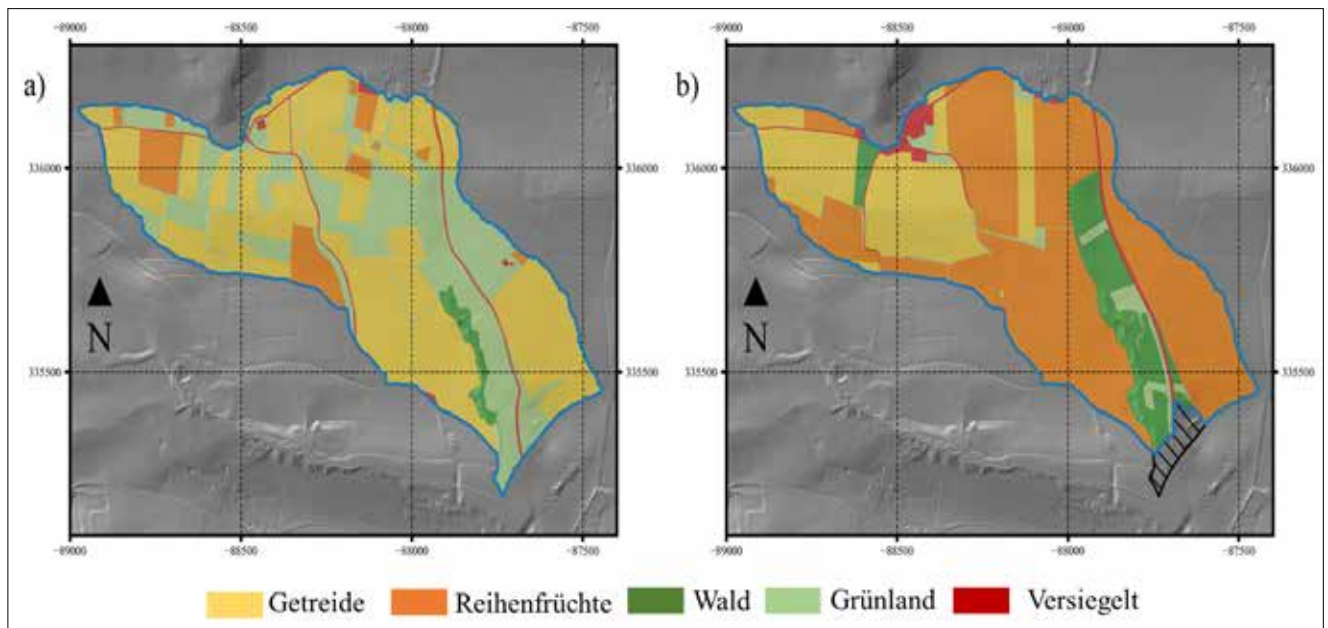


Tabelle 1: Kennwerte der Landnutzung für die zwei Untersuchungszeiträume (Periode I und II); N = Anzahl der Schläge, Dichte = Anzahl der Schläge pro ha, Größe = mittlere Fläche in ha pro Landnutzungstyp, Fläche = in % der Gesamtfläche.

Landnutzung	Parzellenstruktur							
	Periode I				Periode II			
	N	Dichte	Größe	Fläche	N	Dichte	Größe	Fläche
Acker	70-111*	1.7-2.0	0.5-0.6	73-82	21-33	0.3-0.6	1.7-2.7	81-82
Grünland	70-81	5.2-7.2	0.1-0.2	14-22	6	0.9	1.1	3-4
Wald	1	-	1.2	1.8	7	1	1.0	10.5-11
Versiegelt	17	12.9	0.1	2	17	7.3	0.1	2.4

* Die Anzahl der Schläge variierte in den verschiedenen Jahren.

des Waldanteils gegenüber, der Ackeranteil und auch die verbaute Fläche erfuhren keine wesentliche Änderung. In Bezug auf das Erosionsrisiko bedeutet dies, dass ein wesentlicher Einfluss der Landnutzung unwahrscheinlich ist.

Betrachtet man allerdings die Änderung der Größenverhältnisse der Schläge, zeigt sich, dass hier wesentliche Veränderungen stattgefunden haben. So nahm z.B. die mittlere Größe der als Acker genutzten Flächen im Untersuchungszeitraum um eine Größenordnung des 3- bis 4-fachen zu. Dies führte naturgemäß zu einer Reduktion der Anzahl der Schläge. Berechnet man die Auswirkung dieser Größenänderungen mit einem Erosionsmodell (hier wurde als einfache Abschätzung die bekannte USLE verwendet), so zeigt sich, dass aufgrund dieser Größenänderungen mit einer Zunahme der Bodenerosion um ca. 30% gerechnet werden muss.

Fruchtartenstatistik

Abbildung 3 zeigt die Nutzartenverteilung der im HOAL Petzenkirchen angebauten Feldfrüchte beispielhaft für die Jahre 1948 und 2008. Hier wird ein markanter Unterschied sichtbar, der im Wesentlichen von einer durch Feldfutter dominierten Nutzung in der Periode I hin zu einer durch Maisanbau dominierten Nutzung für die Periode II charakterisiert ist. Dies bedeutet natürlich auch eine wesentliche Verschlechterung für das Erosionsrisiko. Betrachtet man diese Änderungen wiederum aus der Sicht des Erosionsmodells USLE, (durch eine Änderung beim Management-Faktor), so erhöht sich der Bodenabtrag durch die geänderte Nutzung in der Periode II um ca. 100%.

Gesamtbetrachtung

Einer gemessenen Änderung der Sedimentfracht von ungefähr 400 % plus zwischen den beiden Messperioden steht eine insgesamt Änderung des Erosionsrisikos bei Modell-

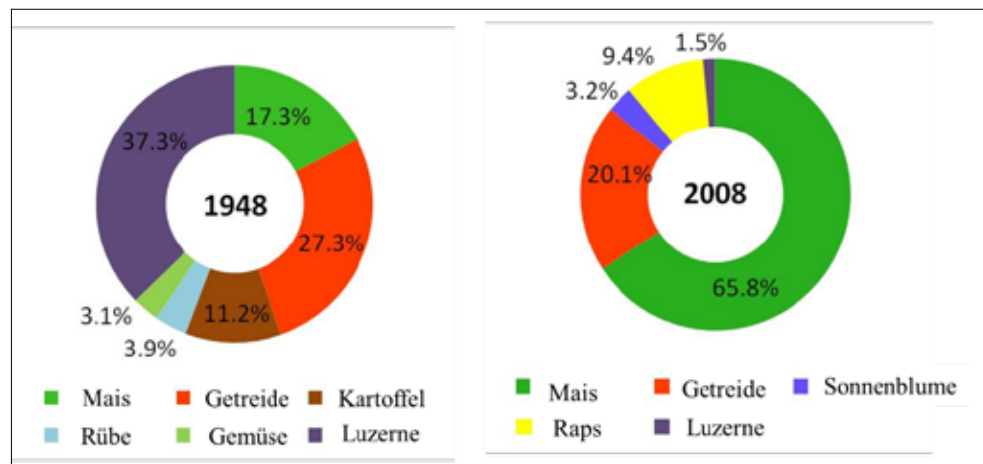


Abbildung 3: Fruchtartenstatistik im Vergleich der Periode I und Periode II.

betrachtung in einer Größenordnung von plus 130% gegenüber. Hier zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen Messungen und modellhafter Betrachtung, die auf die Konzeption des Modellansatzes als schlagbezogene Anwendung hinweisen. Die USLE wurde ja nicht als Modell für Einzugsgebietsbetrachtungen und Sedimentausträge entwickelt, sondern zur Ermittlung des Bodenabtrags einzelner Schläge. Diesem Konzept folgend ist nicht vorgesehen, eine erodierte Menge und Bodenmaterial durch ein Einzugsgebiet zu bewegen. Daher werden in diesem Modell derartige Prozesse nicht abgebildet. Dementsprechend ist zu erwarten, dass die Effekte, die durch die Größenänderungen der Schläge und dadurch fehlende Retentionsmöglichkeiten (Ackerraine, Gebüsche etc...) erfolgen, durch die USLE nicht abgebildet werden können. Bei näheren Auswertungen des Transportgeschehens für die beiden Untersuchungsperioden (siehe Wang et al. 2022) zeigt sich daher auch, dass die Bedeutung der Schlaggrößen besonders bei großen Erosionsereignissen im Vergleich bedeutender ist, als die Fruchtartenverteilung.

Eine bedeutende Rolle des Klimawandels für die Änderung der Sedimentmengen war in dieser Auswertung nicht vorhanden, dies bedeutet aber nicht, dass dies für einen anderen Auswertungszeitraum als den hier dargestellten ebenso gilt. Für zukünftige Entwicklungen ist vielmehr davon auszugehen, dass zusätzlich zu den hier beschriebenen Einflüssen auch noch die durch den Klimawandel gesteuerten Änderungen für den Sedimentaustrag bedeutend werden.

Literatur

Blöschl G., Blaschke A.P., Broer M., Bucher C., Carr G., Chen X., Eder A., Exner-Kittridge M., Farnleitner A., Flores-Orozco A., Haas P., Hogan P., Kazemi Amiri A., Oismüller M., Parajka J., Silasari R., Stadler P., Strauss P., Vreugdenhil M., Wagner W., Zessner M. (2016) The Hydrological Open Air Laboratory (HOAL) in Petzenkirchen: a hypotheses driven observatory. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 12, 6683–6753. <https://doi.org/10.5194/hessd-12-6683-2015>

Devátý J., Dostál T., Hösl R., Krása J., Strauss P. (2019) Effects of historical land use and land pattern changes on soil erosion - Case studies from Lower Austria and Central Bohemia. *Land Use Policy*, 82, 674–685. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.058>

Johannsen L., Schmaltz E., Klik A., Mitrovits O., Strauss P. (submitted) An update of the spatial and temporal variability of rainfall erosivity (R-factor) for the main agricultural production zones of Austria.

Scholz G., Quinton J.N., Strauss P. (2008) Soil erosion from sugar beet in Central Europe in response to climate change induced seasonal precipitation variations. *CATENA* 72, 91–105. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.04.005>

Wang S.P., McVicar T.R., Zhang Z.Q., Brunner T., Strauss P. (2020) Globally partitioning the simultaneous impacts of climate-induced and human-induced changes on catchment streamflow: A review and meta-analysis. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125387>

Wang S.P., Strauss P., Krammer C., Schmaltz E., Szeles B., Blöschl G. (submitted): Agricultural intensification vs climate change: What drives long-term changes of sediment load?

