

Bodenerosion in Österreich - Eine nationale Berechnung mit regionalen Daten und lokaler Aussagekraft für ÖPUL



Elmar M. Schmaltz^{1*}, Georg Dersch², Carmen Krammer¹,
Christine Weinberger³ und Peter Strauss¹

Zusammenfassung

Um für österreichische Verhältnisse eine solide Bewertungsbasis für eine realistische Abschätzung der tatsächlichen Bodenerosion durch Wasser zu erreichen, ist eine flächendeckende Berechnung der Abtragsraten mit großer räumlicher Genauigkeit nötig. Aus diesem Grund wurden in dieser Studie Bodenabträge für alle am ÖPUL Programm teilnehmenden Schläge in Österreich mit dem empirischen Erosionsmodell Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) berechnet sowie die im ÖPUL definierten Erosionsschutzmaßnahmen (Mulch-Direktsaat, Begrünung) und Bewirtschaftungen (biolog. und konv.) berücksichtigt und für die einzelnen landwirtschaftlichen Hauptproduktionsgebiete evaluiert. Bei der Betrachtung aller Ackerflächen unter Einbeziehung der untersuchten ÖPUL-Maßnahmen wurde ein mittlerer jährlicher Bodenabtrag von 5,8 t/ha errechnet (3,9 t/ha inkl. Grünland, Wein- und Obstbau). Der mittlere Bodenabtrag auf den Grünlandflächen beträgt hingegen 1,1 t/ha und Jahr. Die untersuchten Maßnahmen unterschieden sich in ihrer potentiellen und tatsächlichen Wirksamkeit deutlich. So ist die Maßnahme „Mulch- und Direktsaat“ als potenziell sehr wirksam zu bewerten (50-60%-ige Reduktion). Die geringe tatsächliche Reduktion des Bodenabtrags ist auf die geringe Beteiligungsquote an dieser Maßnahme zurückzuführen. Die Maßnahme Begrünung führte auf jenen Flächen, auf denen sie angewendet wurde zu einer 12%-igen Reduktion des Bodenabtrags, unabhängig von der untersuchten Begrünungsvariante. Der Vergleich zwischen konventionell bewirtschafteten Ackerflächen und Ackerflächen mit biologischer Bewirtschaftung ergab mittlere jährliche Bodenabträge von 6,9 t/ha (konventionell) und 3,7 (biologisch), weil der überwiegende Anteil der Bioackerflächen in den Gebieten mit sehr geringer bis nur mittlerer Erosionsgefährdung liegt (v.a. Nordöstliches Flach- und Hügelland, Waldviertel). In den anderen Regionen ist der unterschiedliche Bodenabtrag sehr stark auf die geringeren Anteile stark erosionsgefährdeter Feldfrüchte bei biologischer Bewirtschaftung zurückzuführen.

Schlagwörter: Bodenerosion; ÖPUL; RUSLE

Summary

A comprehensive computation of soil erosion rates with a large spatial accuracy is necessary, in order to get a profound basis for evaluation of the actual soil erosion by water. In this study, soil erosion rates are calculated for all plots in Austria with the empirical erosion model Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) as well as soil erosion measures considered that are defined in the Austrian ÖPUL-programme and further evaluated for the agricultural main production zones in Austria. Our computations show that the model calculates mean annual soil loss rates of 5.8 t/ha when all ÖPUL-measures are considered (3.9 t/ha including grassland,

¹ Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Pollnbergstraße 1, A-3252 PETZENKIRCHEN; ² Österreichische Agentur für Ernährungssicherheit, Spargelfeldstraße 191, A-1220 WIEN; ³ WPA Beratende Ingenieure, Lackierergasse 1/4, A-1090 WIEN

* Ansprechpartner: Dr. Elmar M. Schmaltz, email: elmar.schmaltz@baw.at

viniculture and orcharding), whereas grassland areas yield 1.1 t/ha. The assessed measures highly differ in their potential and actual effectiveness. 'Mulching and no-tillage' has to be evaluated as potentially very effective (reduction of 50-60%). The low actual reduction of soil loss, however, results in the low participation quota of this measure. Greening measures yield a 12% reduction of soil loss on areas where applied. The comparison between conventionally and biologically managed areas shows 6.9 t/ha (conventional) and 3.7 t/ha (biological) soil loss, respectively. This difference mainly arises from the overbalanced percentage of flat plains in organic farming especially in the Northeast and Waldviertel regions and different crop rotations in the other regions.

Einleitung

Bodenerosion auf landwirtschaftlich genutzten Flächen stellt ein großes Problem des Bodenschutzes in Österreich und Europa dar. Dies wird durch zahlreiche Publikationen über das Ausmaß und die Verbreitung der Bodenerosion belegt (Panagos et al. 2015, Fernández et al. 2010, Karamesouti et al. 2016, Fernández und Vega 2016). In Österreich werden im Rahmen von ÖPUL seit dem Jahr 1995 Maßnahmen vorgeschlagen, die eine Reduktion der Bodenerosion bewirken sollen. Um Aussagen über die Wirkung dieser Maßnahmen auf das Ausmaß der Bodenerosion treffen zu können, werden in der Regel Erosionsmodelle verwendet. Die Qualität der erhaltenen Ergebnisse hängt dabei im Wesentlichen von der Kombination aus theoretischem Modellansatz und der Qualität der zugrundeliegenden Eingangsinformationen ab. Um für österreichische Verhältnisse eine solide Bewertungsbasis für die Berechnung der Bodenerosion durch Wasser zu erreichen und die Wirkung von Erosionsschutzmaßnahmen im ÖPUL Programm realistisch zu bewerten, wurden Modellrechnungen mittels eines empirischen Erosionsmodells für die gesamte Österreichs und bezogen auf einzelne Schläge für die Jahre 2016 und 2018 durchgeführt.

Modellgrundlagen und Berechnung des Bodenabtrags

Die Bodenabträge für alle Schläge in Österreich wurden mit dem empirischen Modell Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) berechnet. Diese setzt sich aus verschiedenen Teilfaktoren zusammen, welche als Produkt den mittleren Bodenabtrag in Tonnen pro Hektar und Jahr liefern. Die einzelnen Teilfaktoren beschreiben die Erosivität der Niederschläge (R-Faktor), die Erodibilität des Bodens (K-Faktor), Hanglänge und Hangneigung (L- und S Faktoren) sowie die Bodenbedeckung und das Management (C-Faktor; Berücksichtigung von Bodenbearbeitung, Feldfrüchten, Fruchtfolgen, sowie Erosionsschutzmaßnahmen, wie Begrünungen oder Mulch- und Direktsaat). Zusätzlich kann ein sogenannter Schutzfaktor (P-Faktor), welcher die Bewirtschaftungsrichtung auf dem einzelnen Schlag berücksichtigt, miteinfließen. Die RUSLE stellt ein weltweit häufig verwendetes Modell dar, welches auch in räumlich großen Anwendungsfällen (nationale und internationale Ebene) Aussagen über die Höhe einer mittleren jährlichen Bodenerosion landwirtschaftlich genutzter Gebiete ermöglicht. Aus diesem Grund wurde dieses Modell auch für die nationale Bewertung in Österreich herangezogen. Die Qualität der Aussage, die mit Modellen - im vorliegenden Fall der RUSLE - erreicht werden kann, hängt dabei ganz wesentlich von der Qualität der Eingangsdaten für das Modell zusammen.

Für diese Studie wurden die R-, K- und LS-Faktoren basierend auf einem 10 x 10 m Digitalen Geländemodell (DGM) berechnet (Renard et al. 1997, Desmet und Govers 1996). Für die R- und K- Faktoren wurden 1 x 1 km Niederschlagsrasterdaten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik sowie der Österreichischen Bodenkarte zur Abschätzung

der Faktorenwerte verwendet. Die Werte der R-, K- und LS-Faktoren wurden den einzelnen Schlägen zugeordnet, welche als Polygon-Shapefiles im INVEKOS-Datensatz zur Verfügung stehen. Aus den Bewirtschaftungsinformationen der ÖPUL-INVEKOS-Datenbank wurden zweijährige Fruchtfolgen für jeden Schlag abgeleitet und entsprechende C-Faktorwerte nach den Vorgaben von Renard et al. (1997) berechnet. Zur Berechnung des C-Faktors wurden zusätzlich Bearbeitungsmaßnahmen berücksichtigt, die spezifisch für die einzelnen Hauptproduktionsgebiete sind (bspw. Datum der Saatbeetbereitung, Anzahl der Bodenbearbeitungsmaßnahmen, Zeitpunkt der Ernte, Einsatz von Pflug oder Grubber). Mit den abgeschätzten Faktorwerten wurden schließlich die Bodenabträge pro Hektar und pro Schlag berechnet.

Maßnahmenbewertung

Betrachtet man alle Ackerflächen unter Einbeziehung aller untersuchten Maßnahmen (Mulch-Direktsaat, Biologische Bewirtschaftung, Begrünung) so errechnet sich ein mittlerer jährlicher Bodenabtrag von 5,8 t/ha. Dieser Wert verringert sich durch Einbeziehung aller landwirtschaftlich genutzten Flächen (inkl. Grünland, Wein- und Obstbau) auf 3,9 t/ha. Der mittlere Bodenabtrag auf den Grünlandflächen aller Hauptproduktionsgebiete wurde mit 1,1 t/ha und Jahr berechnet, die Werte schwanken hier je nach Hauptproduktionsgebiet zwischen 0,2 – 2,6 t/ha und Jahr.

Eine Zusammenschau der Wirksamkeit aller untersuchten Maßnahmen im Ackerbau ergibt – je nach betrachteter Maßnahme (Biologische Wirtschaftsweise, Begrünung bis Spätherbst; Begrünung über den Winter mit oder ohne anschließender Mulch- und Direktsaat) die in *Abbildung 1* dargestellte Reduktion des Bodenabtrags. Dabei gehen verschiedene ÖPUL-Maßnahmen in diese Auswertung entsprechend dem Anteil der Teilnahmefläche an der Gesamtfläche ein, je höher der Anteil, umso stärker wirkt dies mindernd auf den mittleren Bodenabtrag. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Topographie liegen die mittleren Bodenabträge in den Regionen zwischen 1,2 bis 11 t pro ha und Jahr. Die höchsten Bodenabträge wurden für das Alpenvorland Ober- und Niederösterreichs berechnet. In diesen Regionen wird der Bodenabtrag wegen der überdurchschnittlichen Teilnahme an Begrünung und vor allem an Mulch- und Direktsaat im Mittel um über 1 Tonne pro ha und Jahr vermindert. Relevante Verminderungen des mittleren Bodenabtrags werden auch im Weinviertel und im Südburgenland erzielt.

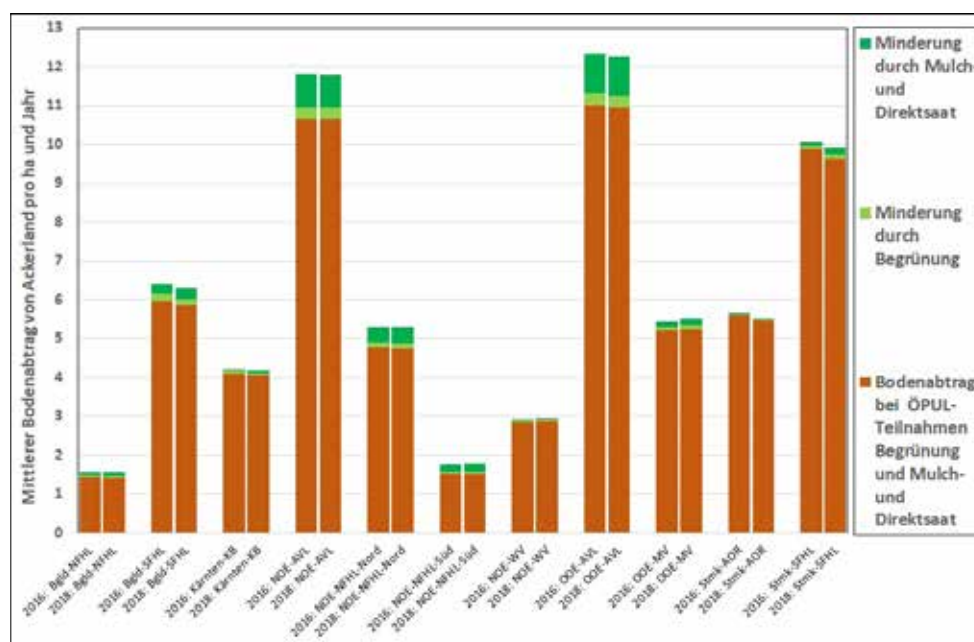
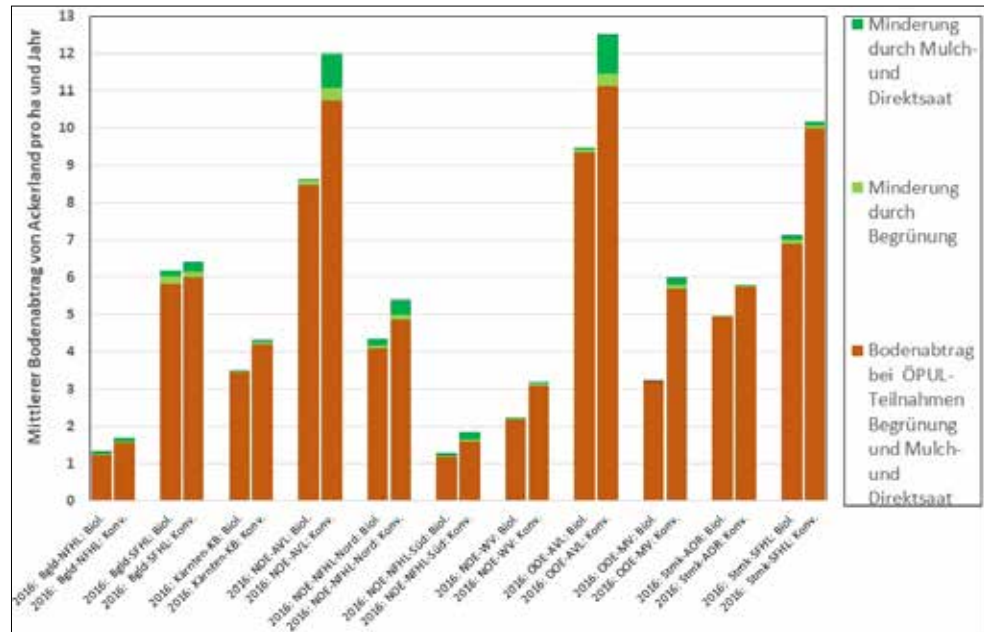


Abbildung 1: Mittlerer Bodenabtrag 2016 und 2018 pro ha und Jahr auf Ackerland in den flächenmäßig bedeutenden Ackerbaugebieten (1,241 Mill. ha einbezogen).

Abbildung 2: Mittlerer Bodenabtrag pro ha und Jahr für das Jahr 2018 bei biologischer und konventioneller Wirtschaftsweise auf Ackerland in den relevanten Ackerbaugebieten (1,241 Mill. Ha einbezogen).



Die geringe aktuelle Wirksamkeit der untersuchten Maßnahmen hat unterschiedliche Ursachen. Die Maßnahme „Mulch-Direktsaat inkl. Strip Till“ ist potentiell sehr effektiv und verringert den Bodenabtrag auf den dafür verwendeten Flächen um 50-60%. Für die biologisch bewirtschafteten Flächen mit „Mulch-Direktsaat“ wurde eine etwas geringere potentielle Wirksamkeit für die Anwendung von „Mulch-Direktsaat“ berechnet (30-40%), weil hier die Unkrautregulierung mechanisch durchgeführt wird. Die geringe aktuelle Wirksamkeit dieser Maßnahme liegt vor allem an der geringen Teilnahmsrate. Die Maßnahme „Begrünung“ hat aktuell eine wesentlich höhere Teilnahmefläche, ist aber als Maßnahme gegen Bodenabtrag potentiell wenig effektiv. Hier wurde eine potentielle Wirksamkeit von 12% Reduktion berechnet, die im Wesentlichen unabhängig von der Begrünungsvariante war.

Hinsichtlich der Bewirtschaftungsform (Biologische Wirtschaftsweise. vs. Konventionelle Bewirtschaftung) wirken primär die unterschiedlichen Anteile erosionsmindernder Feldfrüchte wie Klee gras, Luzerne (inkl. Grünbrache) und erosionsgefährdeter Kulturen wie Mais, Soja, Zuckerrübe, Kartoffeln, usw. auf den Bodenabtrag. Insbesondere im ober- und niederösterreichischen Alpenvorland, in der Südsteiermark, im Kärntner Becken und im Mühlviertel trägt dies zu deutlich niedrigeren Bodenabträgen unter biologischer Bewirtschaftung bei (Abbildung 2). Durch die höhere Teilnahmerate im Alpenvorland bei Mulch- und Direktsaat wurde dieser Unterschied um etwa 1 Tonne pro ha und Jahr bei konventioneller Bewirtschaftung vermindert, liegt jedoch im Mittel um etwa 15-20% über den Bodenabträgen bei biologischer Bewirtschaftung. In den Ebenen und Beckenlagen (v.a. nordöstliches Flach- und Hügelland) sind die Unterschiede bei der Bewirtschaftung gering (C-Faktor), die unterschiedlichen Standortsfaktoren (K- und LS_Faktor) wirken sich stärker auf den Bodenabtrag aus: Im Nordosten weisen die konventionellen Flächen eine höhere Gefährdung auf, im Südburgenland die biologisch bewirtschafteten Flächen. Österreich weit ergab der Vergleich konventionell bewirtschafteter Ackerflächen mit biologischer Bewirtschaftung mittlere jährliche Bodenabträge von 6,9 t/ha (konventionell) und 3,7 (biologisch). Der hohe Anteil von über 50% Bioackerfläche in den Ebenen im Nordburgenland und südlichen NÖ und im Waldviertel trägt wesentlich zu diesem Gesamtergebnis bei, plausible Erklärungen der Unterschiede erfordern die Betrachtung aller Einflussgrößen auf regionaler Ebene.

Für die Bewertung der ÖPUL-Maßnahmen ist die erosionsmindernde Wirkung auf der konkreten Einzelfläche heranzuziehen. Die bei dieser Betrachtung insgesamt höheren

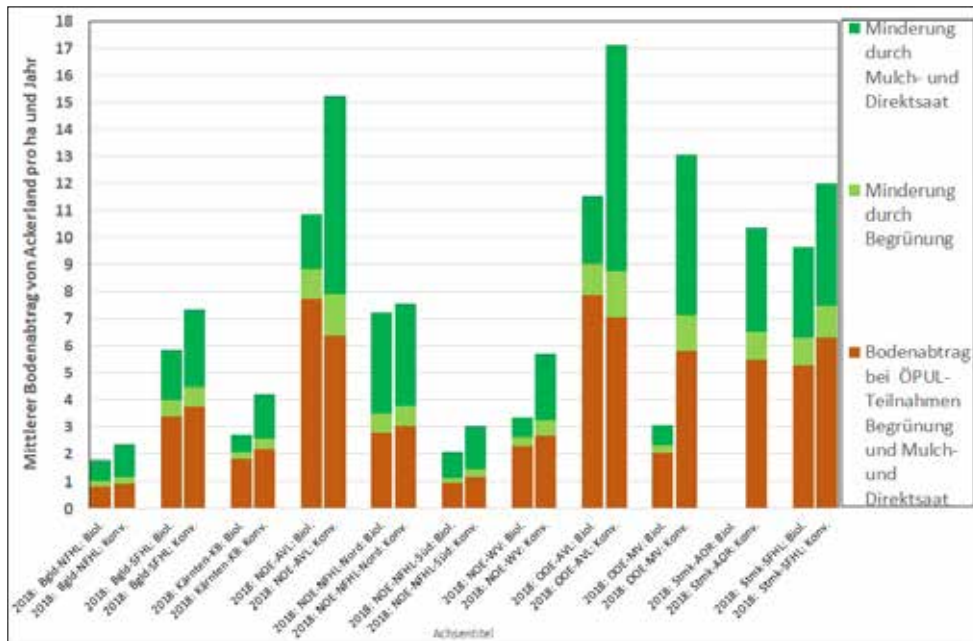


Abbildung 3: Verminderung der mittleren Erosion pro ha im Jahr 2018 auf Ackerland bei biologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf den Flächen mit Begrünung und anschließender Mulch- und Direktsaat; in der Region Stmk-AOR wurde bei biologischer Bewirtschaftung keine Mulch-Direktsaat ausgewiesen.

potentiellen Bodenabträge in den Regionen kommen zustande, weil nur die Flächen mit erosionsgefährdeten Feldfrüchten erfasst werden, für welche die Mulch- und Direktsaat zusätzlich beantragt wurde (Abbildung 3). Bei konventioneller Bewirtschaftung im Alpenvorland (NÖ und OÖ) und im Mühlviertel werden die erosionsmindernden Maßnahmen auf besonders gefährdeten Flächen umgesetzt, weil dort die höchsten Minderungen der Bodenabträge erfolgen. Die Bodenabträge bei konventioneller und biologischer Bewirtschaftung gleichen sich an, vereinzelt liegen diese bei konventioneller Bewirtschaftung auch niedriger, weil bei biologischer Bewirtschaftung bei Mulch- und Direktsaat zusätzliche Bodenbearbeitung durch Hacken bei der Ermittlung des C-Faktors (Bodenbedeckung) einbezogen wurde, wodurch die erosionsmindernde Wirkung abgeschwächt wird. Im Biolandbau wird deshalb an der Etablierung von praxistauglichen Mulch- und Direktsaatverfahren mit deutlicher Verminderung des Hackens intensiv gearbeitet. Durch die Mulch- und Direktsaat kann der Bodenabtrag auch auf gefährdeten Lagen auf ein tolerierbares Ausmaß vermindert werden. Allerdings muss dabei jedenfalls eine ausreichende Bodenbedeckung mit einer Mulchschicht gegeben sein. Erst wenn eine flächenmäßig deutliche Ausweitung dieser Maßnahme erfolgt, können auch die mittleren Bodenabträge innerhalb der Regionen deutlich vermindert werden. In den besonders erosionsgefährdeten Regionen des Alpenvorlandes ergeben sich bei aktueller Kulturartenverteilung auf etwa 34 - 37% der Ackerfläche mittlere Bodenabträge von über 11 t pro ha und Jahr. Durch die angebotenen Maßnahmen wird dieser besonders gefährdete Anteil um etwa 4% reduziert.

Im Südosten der Steiermark liegt der Anteil mit etwa 28% niedriger, relevante Verminderungen sind jedoch wegen der niedrigen Teilnahmeflächen nicht gegeben. Es ist darauf zu verweisen, dass dort erosionsmindernde Maßnahmen wie z.B. Pflugverzicht, seichtes Einarbeiten des Maisstrohs und Begrünungen zunehmen, wofür jedoch aus unterschiedlichsten Gründen nicht an den angebotenen Maßnahmen teilgenommen wird. Dies wird daher nicht in den INVEKOS-Daten und im Rahmen des Erosionsmodells erfasst. In den anderen Gebieten, mit Ausnahme der Ebenen, überschreiten 9 – 16% der Ackerfläche einen Bodenabtrag von 11 t/ha und Jahr; dort sind 1-2%ige Rückgänge dieser Flächen beim aktuellen Umfang der Maßnahmenumsetzung feststellbar. In den ebenen Regionen weisen nur 1-2% der Flächen einen so hohen Bodenabtrag auf, diese sollten jedoch nicht unbeachtet bleiben. Vielmehr gilt es für diese nun als besonders gefährdet definierten Flächen effektive Erosionsschutzmaßnahmen zu setzen.

Obwohl die Ackerflächen in den übrigen Regionen flächenmäßig keine so große Rolle spielen, stellen die überdurchschnittlich hohen mittleren Bodenabträge in den Voralpen mit 9-13 t pro ha und Jahr und am Alpenostrand im Burgenland und NÖ mit 7 t pro ha und Jahr eine nicht zu unterschätzende Gefährdung dar. Wegen des nur geringen Flächenausmaßes werden die erosionsmindernden Maßnahmen kaum umgesetzt, sodass sich nur geringe Minderungen des Bodenabtrages ergeben. Die Flächenanteile mit jährlichen Bodenabträgen über 11 t pro ha liegen in derselben Größenordnung wie in den anderen Regionen, mit 37% in den oberösterreichischen Voralpen und 18-23% am Alpenostrand und in den Voralpengebieten in NÖ und Salzburg.

Bei der Nutzung als Grünland gibt es keine Verbesserungsmöglichkeiten in der Bewirtschaftung hinsichtlich des Bodenabtrages, der C-Faktor wird generell mit 0,01 angenommen. Der Bodenabtrag hängt daher ausschließlich von der Bodenart (K-Faktor), der Hangneigung und -länge (LS-Faktor) und der Intensität der erosiven Niederschläge (R-Faktor) ab. Wegen der deutlich überdurchschnittlichen Werte bei den 3 Faktoren in den Voralpen liegt in dieser Region der mittlere Bodenabtrag bei 2,6 t pro ha und Jahr, überdurchschnittliche Bodenabträge von 1,3 t pro ha und Jahr werden noch für die Hochalpen, vor allem wegen des steilen Geländes ausgewiesen. In allen übrigen HPG weist das Grünland mittlere Bodenabträge unterhalb des Österreich weiten mittleren Bodenabtrages von 1,1 t pro ha und Jahr auf. Bei den aktuellen Problemen im Grünland hinsichtlich der Beschaffenheit der Grasnarbe wegen der Trockenheit und Hitze und des Engerlingsbefalls ist eine rasche Gründlanderneuerung entscheidend.

Empfehlungen

Die Bedeutung des Erosionsschutzes nimmt zu, vor allem auf Grund der zunehmenden Niederschläge mit hoher erosiver Wirkung und der unverändert steigenden Feldfrüchte mit geringerer Bodenbedeckung im Frühjahr und Frühsommer. Wegen der zugleich früheren Erntetermine bei Getreide ist zukünftig auch auf eine raschere Bodenbedeckung über den Sommer zu achten, weil erosive Niederschläge bis in den September hinein möglich sind. Der Erosionsschutz sollte dabei auf Grundlage der potentiellen Gefährdung des Schrages erfolgen und bei somit höherer Effektivität auch höher abgegolten werden. Die hier vorliegende Studie ermöglicht die schlagbezogene Bewertung des Erosionspotentials. Sie liefert auch die Grundlage für eine regelmäßige Neubewertung der Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen im ÖPUL Programm. So wie es gezielte Weiterbildungsverpflichtungen zu Biodiversität und Grundwasserschutz gibt, sind auch solche zum Erosionsschutz einzurichten. Die Auswertung der Effektivität der untersuchten Maßnahmen auf Ackerflächen hat gezeigt, dass jene Maßnahmen, die potentiell eine hohe Wirksamkeit für Einzelschläge aufweisen (Mulchsaat – Direktsaat – Strip-Till) aktuell eine zu geringe Teilnahmequote aufweisen, um auch regional eine deutliche Reduktion des Bodenabtrags zu erreichen. Hier sind Maßnahmen anzudenken, die zukünftig eine höhere Teilnahme bewirken.

Literatur

Desmet P.J.J., Govers G. (1996) A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of soil and water conservation*, 51, 5, 427-433.

Fernández C., Vega J. A. (2016) Evaluation of RUSLE and PESERA models for predicting soil erosion losses in the first year after wildfire in NW Spain. *Geoderma*, 273, 64-72.

Fernández C., Vega J.A., Vieira D.C.S. (2010) Assessing soil erosion after fire and rehabilitation treatments in NW Spain: performance of RUSLE and revised Morgan–Morgan–Finney models. *Land degradation & development*, 21(1), 58-67.

Karameouti M., Petropoulos G. P., Papanikolaou I.D., Kairis O., Kosmas K. (2016) Erosion rate predictions from PESERA and RUSLE at a Mediterranean site before and after a wildfire: comparison & implications. *Geoderma*, 261, 44-58.

Panagos P., Borrelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewell C. (2015) The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environ. Sci. Policy* 54, 438–447. doi:10.1016/j.envsci.2015.08.012.

Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C. (1997) Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Agricultural Handbook*, No. 703.

