

24 Jahre Erosionsmonitoring in der Region Frienisberg

Volker Prasuhn¹, Peter Hofer², Hanspeter Liniger³

¹Agroscope, Gewässerschutz und Stoffflüsse, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Schweiz

²Wirtschafts-, Energie- und Umweltdirektion, Amt für Landwirtschaft und Natur, Fachstelle Boden, Rütli, 3052 Zollikofen, Schweiz

³Centre for Development and Environment (CDE), Universität Bern, Mittelstrasse 43, 3012 Bern, Schweiz

Auskünfte: Volker Prasuhn, E-Mail: volker.prasuhn@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs13-86> Publikationsdatum: 16. Juni 2022



Erosionsrinne in einem schlecht bedeckten Ackerfeld. 17.11.2020. (Foto: Volker Prasuhn, Agroscope)

Zusammenfassung

Feldstudien zur Bodenerosion auf Ackerflächen werden in der Region Frienisberg (Kanton Bern) seit 24 Jahren durchgeführt. Die Arbeiten wurden durch eine enge Zusammenarbeit von Agroscope, der kantonalen Fachstelle Boden und der Universität Bern geprägt. Entsprechend vielseitig und umfangreich sind die bisherigen Ergebnisse und Outputs. Sie reichen von Vollzugshilfen wie Merkblätter oder Risikokarten über wissenschaftliche Publikationen bis hin zu Dokumentationen für internationale Organisationen. Insgesamt 130 flächendeckende Kartierungen wurden bisher durchgeführt und rund 2500 Erosionsschäden aufgenommen und dokumentiert. Es gibt eine grosse räumliche und zeitliche Variabilität beim Bodenabtrag. Konservierende Bodenbearbeitungsverfahren sind die effizientesten Erosions-

schutzmassnahmen und reduzieren den Bodenabtrag im Mittel um Faktor 10. Inzwischen werden sie auf rund 75 % der Ackerfläche in dieser Region eingesetzt. Dadurch hat sich der mittlere Bodenabtrag von $0,70 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ in den ersten zwölf Jahren auf nur noch $0,15 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ in den zweiten zwölf Jahren verringert. Hydraulische Kurzschlüsse wie Einlauf- und Wartungsschächte wurden bereits 1997 erstmals flächendeckend kartiert und als wichtige Eintragsquelle für Sediment, Phosphor und Pflanzenschutzmittel in die Gewässer identifiziert. Rund 20 % des Bodenabtrages gelangte im Mittel in der Region Frienisberg bis in ein Gewässer.

Key words: soil erosion, erosion risk map, conservation agriculture, sustainable land management.

Einleitung

Im Rahmen des vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) lancierten Projektes «Evaluation der Ökomassnahmen» wurde 1997 die Region Frienisberg von Agroscope für Feldstudien zur Bodenerosion ausgewählt. Der Auftrag lautete, die 1993 neu eingeführten ökologischen Direktzahlungen hinsichtlich ihrer Wirkung zu beurteilen. Es wurden die fünf Teilgebiete Seedorf, Lobsigen, Suberg, Schwanden und Frienisberg mit damals insgesamt 210 Ackerflächen für die Erosionsschadenskartierungen und Betriebsbefragungen ausgesucht (Abb. 1). Diese fünf Teilgebiete wurden schon zwischen 1987 und 1989 im Rahmen des «Nationalen Forschungsprogramms Nutzung des Bodens in der Schweiz, NFP 22» bezüglich Bodenerosion detailliert untersucht. Dadurch lagen Daten vor Einführung der Ökomassnahmen vor, die als Referenzwerte dienen sollten. Eine ausführliche Gebietsbeschreibung findet sich in Prasuhn und Grünig (2001), Tabelle 1 zeigt die wichtigsten Charakteristiken des Gebietes.

Von Anfang an gab es eine gute Zusammenarbeit mit der Fachstelle Boden des Kantons Bern, da ein Mitarbeiter gleichzeitig Landwirt im Untersuchungsgebiet

ist. Im Rahmen der COST Action 634: «On- and Off-site Environmental Impacts of Runoff and Erosion» ergab sich ab 2005 eine enge Zusammenarbeit mit dem Centre for Development and Environment (CDE) der Universität Bern, welche bis heute anhält. Von 2015 bis 2018 wurde die Region Frienisberg zusätzlich eine Fallstudienregion eines grossen europäischen Forschungsprojektes RECA-RE (Preventing and Remediating degradation of soils in Europe through Land Care, <http://www.recare-hub.eu/case-studies/frienisberg>).

Tab. 1 | Gebietscharakterisierung (Zustand 1997)

Gebietshöhe	475–720 m ü.M.
Gebietsgrösse	265 ha
Anzahl Ackerparzellen	210
Anzahl Betriebe mit Parzellen im Gebiet	52
Mittlere Parzellengrösse	1,5 ha
Mittlere Betriebsgrösse	16,7 ha
Mittlerer Jahresniederschlag	1035–1150 mm
Böden (Ackerland)	Sandig-lehmige Braunerden, Parabraunerden

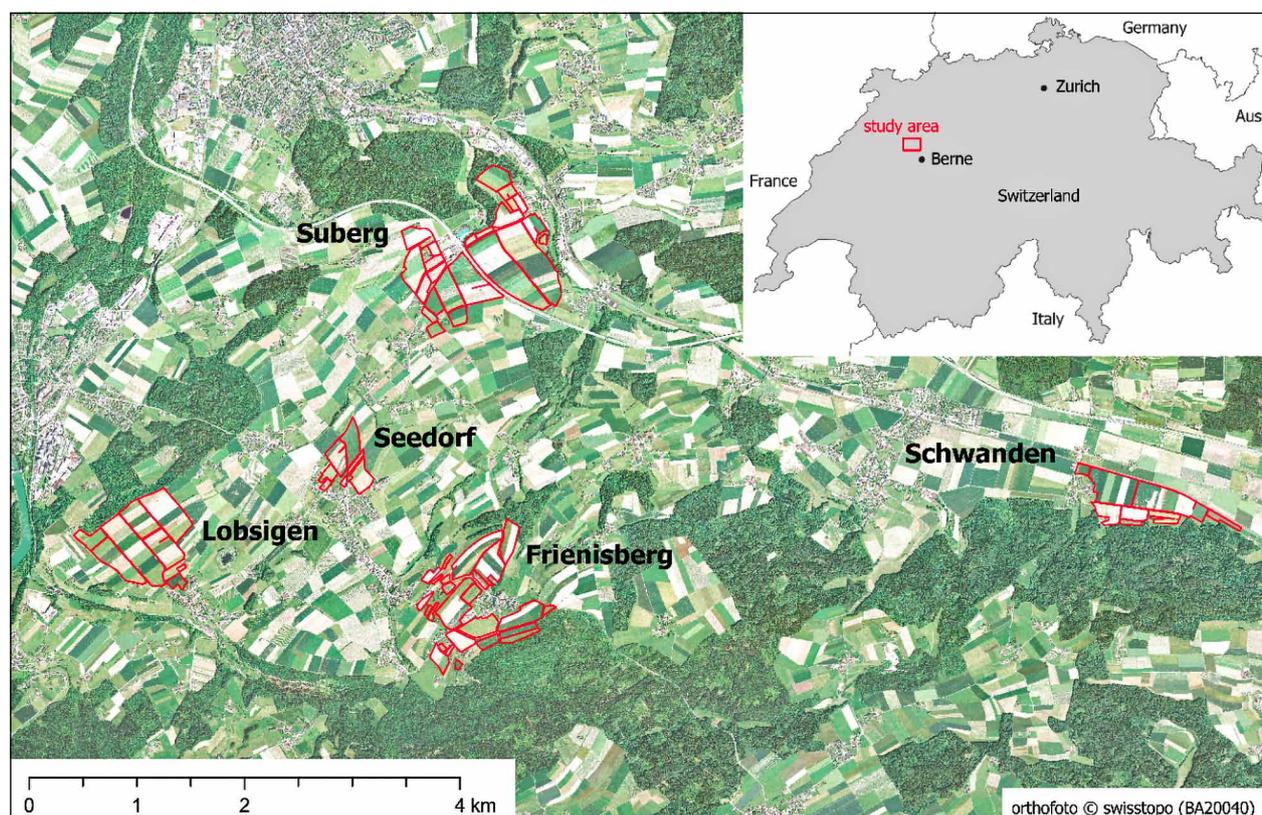


Abb. 1 | Lage der fünf Untersuchungsgebiete in der Region Frienisberg (Quelle: Remund *et al.*, 2012).

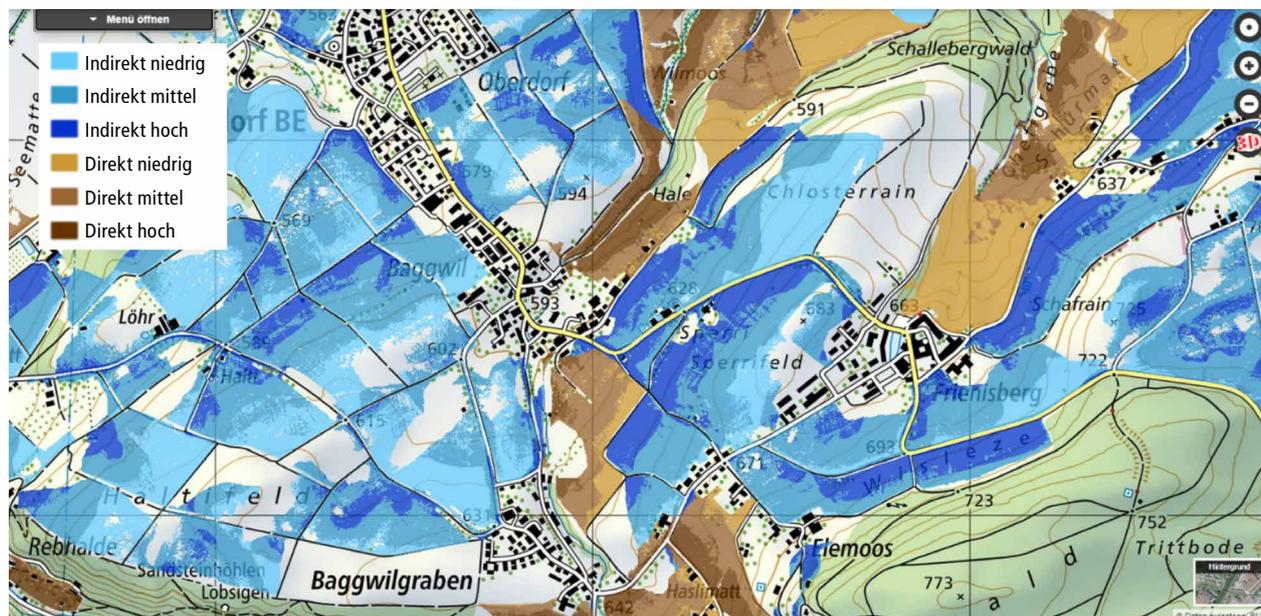


Abb. 3 | Gewässeranschluss der Landwirtschaftlichen Nutzfläche, Ausschnitt Region Frienisberg. Die Karte zeigt, ob von einer Fläche direkt (braun) oder indirekt (via Einlaufschächte Strassen) (blau) Erosionsmaterial in ein Gewässer transportiert werden kann.

Quelle: <https://map.geo.admin.ch/> (Stichwort Gewässeranschluss).

Die beiden schweizweiten Karten im 2m-Raster zum Erosionsrisiko im Ackerland (ERK2) (Abb. 2) und zum Gewässeranschluss (GAK2) (Abb. 3) wurden in der Region Frienisberg entwickelt, überprüft und weiterentwickelt (Bircher *et al.*, 2019; Alder *et al.*, 2015). Mit dem Merkblatt «Wie viel Erde geht verloren» (Prasuhn & Fischler, 2007) und der Erosionsrisikokarte (ERK2) (Bircher *et al.*, 2019) wurden Vollzugshilfen entwickelt, die namentlich in der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft, Modul Boden (BAFU & BLW, 2013) bzw. in der Direktzahlungsverordnung (DZV) aufgeführt sind. Die Erfahrungen der Feldkartierungen flossen weiterhin in die deutsche Kartieranleitung Bodenerosion massgeblich ein (Botschek *et al.*, 2020).

Die Bewirtschaftung der Parzellen (Kulturwahl, Fruchtfolge, Winterbegrünung und Bodenbearbeitung) ist die wichtigste Grösse, ob ein hohes oder geringes aktuelles Erosionsrisiko besteht. Das bewirtschaftungsbedingte Erosionsrisiko wird im C-Faktor der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) erfasst. Je kleiner der C-Faktor ist, desto geringer ist das Erosionsrisiko. Hierzu wurde ein Tool entwickelt, mit dem man den C-Faktor für seine Parzellen selber berechnen kann. Mit einem weiteren Tool kann man den berechneten C-Faktor mit der ERK2 verrechnen, um das aktuelle Erosionsrisiko einer Parzelle zu bestimmen (beide Tools verfügbar unter www.boden-erosion.ch).

Ausgewählte Ergebnisse

Die mittleren jährlichen Bodenabträge im Gesamtgebiet zeigen eine sehr grosse zeitliche Variabilität. Die grösste mittlere Abtragsmenge wurde im hydrologischen Jahr 1998/99 mit $1,82 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ gemessen, die geringste mit keinem Abtrag im Jahr 2010/11 (Abb. 4). In den ersten zwölf Jahren lag der mittlere Bodenabtrag bei $0,70 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$, in den zweiten zwölf Jahren bei nur noch $0,15 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$. Es gab also einen massiven Rückgang des Bodenabtrages auf nur noch 22 % der ersten Periode. In 13 Jahren war der Abtrag im hydrologischen Winterhalbjahr (1. Oktober bis 31. März) grösser als im Sommerhalbjahr (1. April bis 30. September), in zehn Jahren war es umgekehrt (Abb. 4). Im Mittel resultierten 55 % des Abtrags im Winterhalbjahr, 45 % im Sommerhalbjahr. Entsprechend sind Verminderungsmassnahmen sowohl bei den im Frühjahr gesäten Sommerkulturen als auch bei den im Herbst gesäten Winterkulturen wichtig, insbesondere auch eine ausreichende Begrünung durch Zwischenkulturen im Winterhalbjahr.

Der mittlere Jahresniederschlag der Periode lag an der Station Kappelen, die ca. 4 km vom Untersuchungsgebiet entfernt liegt, bei 1083 mm, mit einem Maximum von 1431 mm (2012/13) und einem Minimum von 779 mm (2004/05). Es ist kein Trend über die Periode erkennbar (Abb. 5). In den ersten zwölf Jahren lag die Niederschlagsmenge leicht unter der Menge der zweiten

zwölf Jahre (1056 vs. 1066 mm). Die mittlere Erosivität der Niederschläge betrug 156 Newton pro Stunde (Nh^{-1}). Das Minimum betrug 65 (2004/05), das Maximum $342 Nh^{-1}$ (2006/07). Auch bei der Erosivität der Niederschläge ist kein Trend nachweisbar. Die ersten zwölf Jahre hatten eine um 9 % höhere mittlere Erosivität als die zweiten zwölf Jahre. Zwischen jährlicher Niederschlagsmenge und Erosivität der Niederschläge gibt es eine sehr schwache positive Beziehung ($r^2 = 0,2305$), zwischen Niederschlagsmenge und Bodenabtrag sowie zwischen Erosivität und Bodenabtrag gibt es keine Beziehung.

Der Anteil konservierender Bodenbearbeitungsverfahren wie Direktsaat, Streifenfräsaat, Streifensaat und Mulchsaat hat von 1997/98 bis 2008/09 nur langsam zugenommen, dann erfolgte ein sprunghafter Anstieg bis 2014/15 und seitdem stagniert der Anteil auf einem hohen Niveau von rund 75 % (Abb. 6). Der Anteil konservierender Bodenbearbeitungsverfahren lag in den ersten zwölf Jahren bei durchschnittlich 7 %, in den zweiten zwölf Jahren bei durchschnittlich 72 %, erreicht also einen zehnfachen Wert. Durch Teilnahme an kantonalen (LKV 1996–2009, Förderprogramm Boden

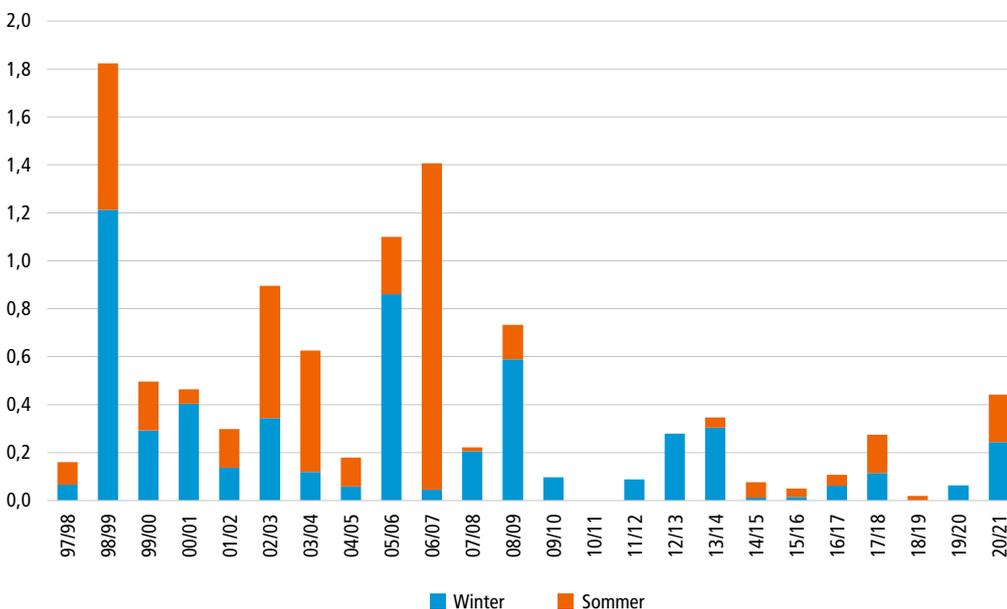


Abb. 4 | Mittlerer Bodenabtrag ($t\ ha^{-1}\ Jahr^{-1}$) in der Region Frienisberg für die 24 hydrologischen Jahre, aufgeteilt in Anteil Sommer- (1. April bis 30. September) und Winterhalbjahr (1. Oktober bis 31. März).

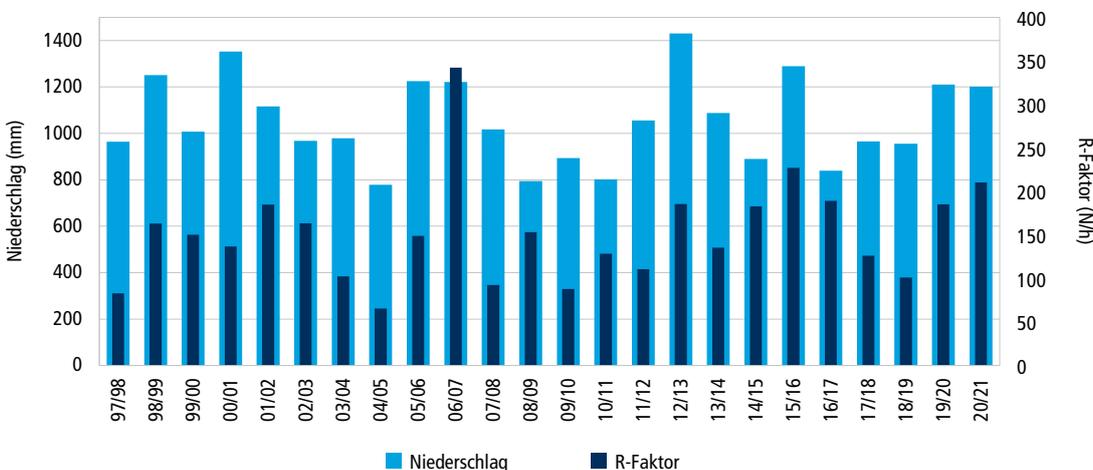


Abb. 5 | Niederschlagssummen und Erosivität der Niederschläge (R-Faktor) in der Region Frienisberg für die 24 hydrologischen Jahre.

2010–2015) und nationalen (Ressourceneffizienzbeiträge 2014–2021) Förderprogrammen hat der Anteil an konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren deutlich zugenommen, während die Bodenabträge deutlich abgenommen haben.

Der Fruchtfolge- und Bodenbearbeitungsfaktor (C-Faktor) der ABAG wurde für die rund 200 Parzellen für sechs Zeitperioden zwischen 1987 und 2021 auf der Grundlage von Betriebsbefragungen detailliert berechnet

(Abb. 7). Die C-Faktoren (Mittelwerte) haben von 0,136 (1987–89) um 62 % auf 0,051 (2016–21) abgenommen. Das bewirtschaftungsbedingte Risiko hat also erheblich abgenommen. Dies stimmt gut mit der Abnahme der im Feld kartierten Bodenabträge in diesem Zeitraum überein (Prasuhn, 2022).

Die berechneten C-Faktoren haben sich zwischen den Perioden 2010–2014 und 2016–2021 nur noch wenig verändert. Der Anteil an konservierenden Bodenbe-

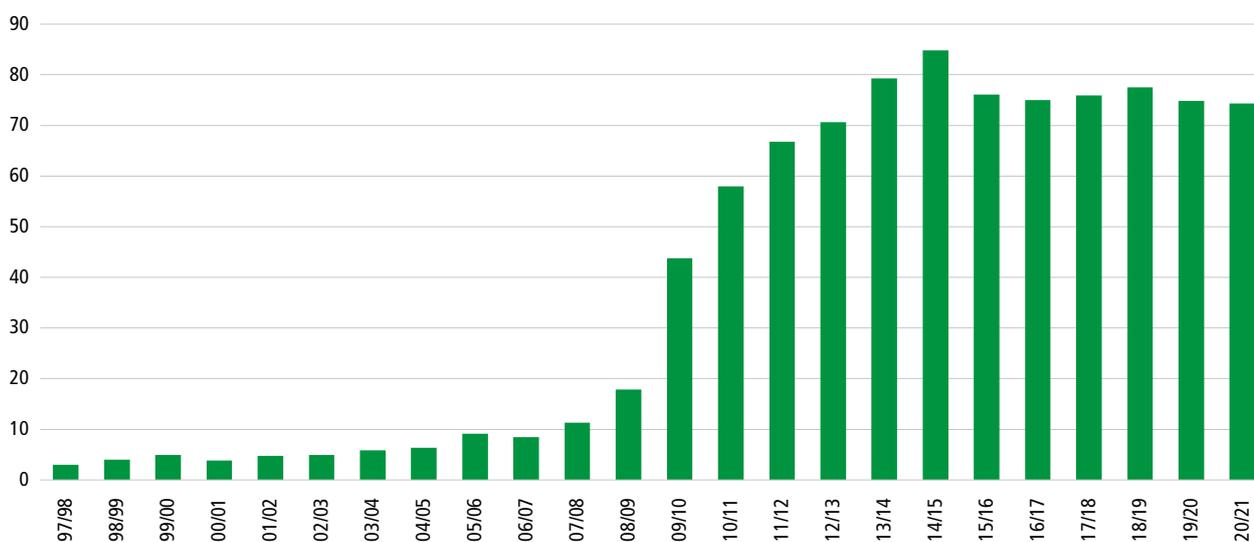


Abb. 6 | Anteil konservierender Bodenbearbeitungsverfahren (%) an der Ackerfläche für die Betriebe der Gemeinden Lobsigen, Schüpfen, Seedorf, Suberg, und Wiler b. Seedorf in der Region Frienisberg für die 24 hydrologischen Jahre.

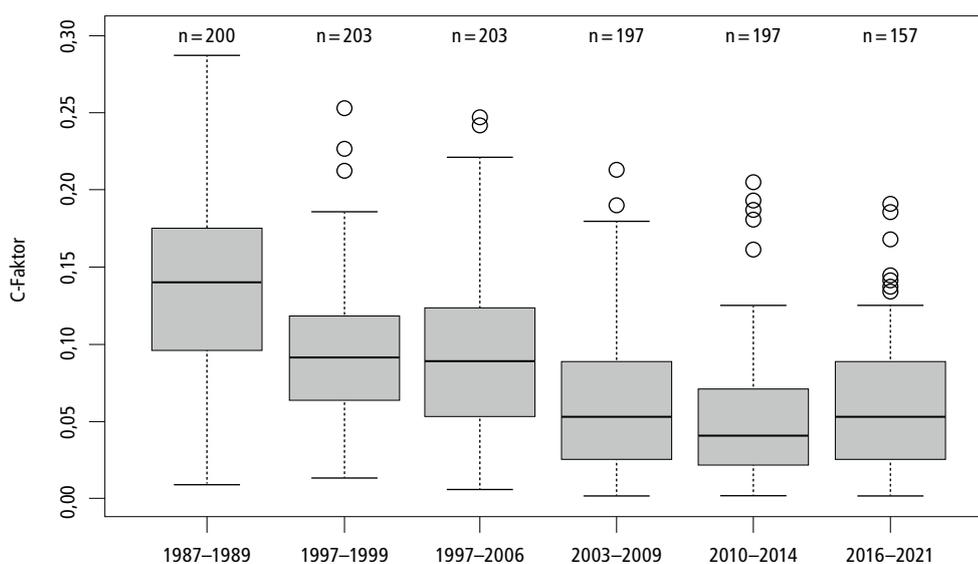


Abb. 7 | Entwicklung der C-Faktoren (Bodenbearbeitungs- und Bewirtschaftungsfaktor) im Untersuchungsgebiet Frienisberg gemäss Betriebsbefragungen. n = Anzahl Parzellen. Die Boxen (grau) zeigen den Median (schwarzer Balken) und die 25% und 75%-Bereiche, die gestrichelten Linien zeigen die 5% und 95%-Bereiche, die Kreise sind Ausreisser.

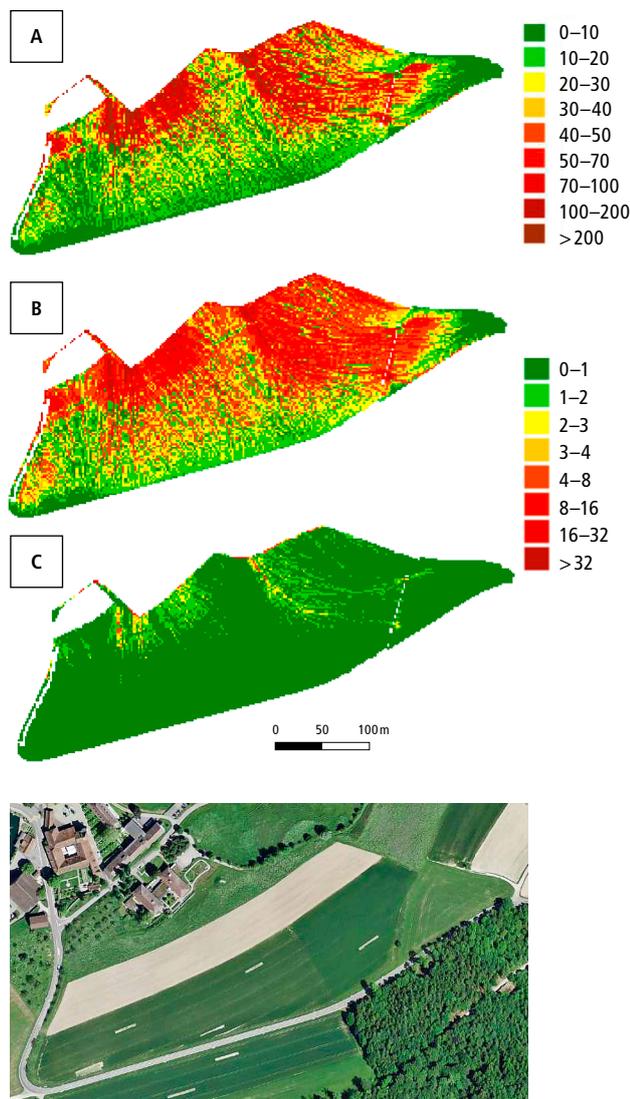


Abb. 8 | Potentielles Erosionsrisiko (C-Faktor = 1,0) gemäss Erosionsrisikokarte (A) und aktuelles Erosionsrisiko für die Perioden 1997–2002 (C-Faktor = 0,172) (B) und 2016–2021 (C-Faktor = 0,061) (C) für eine Parzelle im Gebiet Frienisberg in Tonne pro Hektare und Jahr.

arbeitungsverfahren war in etwa gleich gross in diesen beiden Perioden (Abb. 8). Auch bei den Kulturabfolgen und Winterbegrünungen hat sich also im Mittel kaum etwas verändert.

Abbildung 8 zeigt eine Anwendung der Erosionsrisikokarte und des CP-Faktortools für eine Parzelle aus dem Gebiet Frienisberg. Das potentielle Erosionsrisiko ist relativ hoch, an vielen Stellen liegen die berechneten Abträge über $40 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (Abb. 8A). Die Parzelle wurde zwischen 1997 und 2002 mit dem Pflug bearbeitet, die Fruchtfolge war Kartoffeln-Wintergerste-Silomais-Winterweizen-Kartoffeln-Triticale. Der berechnete C-Faktor war mit 0,172 entsprechend hoch und das Erosionsrisiko

lag an vielen Stellen deutlich über dem tolerierbaren Bodenabtrag von $2\text{--}4 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ gemäss der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) (Abb. 8B). Zahlreiche gravierende Erosionsschäden wurden in dieser Zeit auf der Parzelle kartiert. In der Periode 2016–2021 war die Fruchtfolge an den Standort besser angepasst (Kunstwiese-Silomais-Winterweizen-Zuckerrüben-Winterweizen-Winterraps) und die Bodenbearbeitung bei allen Kulturen auf Mulchsaat umgestellt. Der C-Faktor betrug nur noch 0,061. Das Erosionsrisiko ist entsprechend fast überall kleiner als $2 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ (Abb. 8C) und es wurde auch im Feld kaum noch Erosion kartiert. Im Rahmen der oben aufgeführten Erosionsschadenskartierungen wurden auch die langjährigen Sediment- und Phosphoreinträge durch Bodenerosion in die Gewässer erfasst (Remund *et al.*, 2021). Im Durchschnitt gelangten 21 % des gesamten Bodenmaterials in die Gewässer. Die mittleren Sedimenteinträge betragen $0,10 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$, die mittleren Phosphor-Einträge $0,14 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$, die Maximalwerte für Einzelereignisse lagen bei $10,71 \text{ t ha}^{-1}$ Sediment bzw. $12,96 \text{ kg ha}^{-1}$ Phosphor. Von allen untersuchten Feldern waren 61 % direkt oder indirekt an Gewässer angeschlossen. Der indirekte Eintrag über Einlaufschächte von Strassen und Wirtschaftswegen (=hydraulische Kurzschlüsse) betrug dabei 88 % des gesamten Sediment- und Phosphor-Eintrags. Mit dieser Studie konnte erstmals die grosse Bedeutung von Kurzschlüssen für Gewässerbelastungen aufgezeigt werden. Die bestehende Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche Schweiz wurde mit dem neuen Layer der ackerbaulich genutzten Anbauparzellen der Kantone (Stand 2021, Tessin 2020) verschnitten (Abb. 2). Der mittlere potentielle Bodenabtrag der erfassten 378322 ha Ackerland (inklusive Kunstwiesen) beträgt $14,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$.

Diskussion und wichtigste Erkenntnisse

Die mittleren Bodenabträge in der Region Frienisberg sind mit $0,43 \text{ t ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ im internationalen Vergleich gering (Prasuhn, 2020). Trotz hoher Erosionsdisposition – verursacht durch eine hohe Erosivität der Niederschläge und oft relativ steile Hänge – sind die Bodenabträge eher gering aufgrund einer meist standortangepassten Nutzung. Die Anbauparzellen sind vergleichsweise klein (rund $1,5 \text{ ha}$) und die Fruchtfolgen sind vielseitig. Kunstwiesen in der Fruchtfolge haben einen hohen Anteil, Winterbegrünungen sind häufig und konservierende Bodenbearbeitungsverfahren sind inzwischen weit verbreitet. Entsprechend sind die mittleren C-Faktoren inzwischen mit 0,051 vergleichsweise niedrig (Prasuhn, 2022). Trotzdem kam es auf einzelnen Parzellen

zu hohen mittleren langjährigen Bodenabträgen, die die Toleranzwerte gemäss VBBo von 2 bis 4 t ha⁻¹ Jahr⁻¹ überschritten haben oder es kam vereinzelt nach Einzelereignissen zu hohen Bodenabträgen, die als «relevante» Erosion gemäss DZV gelten.

Es gibt eine grosse räumliche Variabilität beim Bodenabtrag. Bodenerosion kommt pro Jahr nur auf einigen Parzellen vor (im Mittel ein Drittel aller Parzellen in den ersten und ein Viertel in den letzten Untersuchungsjahren). Innerhalb einer Parzelle ist häufig nur ein Teil von Erosion betroffen (s. Abb. 8). Geländemulden (Talwege), Vorgewende und Leitlinien (Fahrspuren, Ackerrandfurchen) sind Auslöser von lokalen Erosionsschäden auf einer Parzelle. Die Höhe der Bodenabträge schwankt von Jahr zu Jahr sehr stark. Das Zusammenspiel von Niederschlagsmenge bzw. -intensität und Bodenbedeckung und Bodenbearbeitung ist dabei entscheidend. Kartoffeln und verschiedene Gemüsearten sind besonders kritisch bezüglich Erosion und haben am häufigsten zu grossen Bodenabträgen geführt. In Winterweizensaat nach Kartoffeln, Zuckerrüben oder Mais ist es ebenfalls häufig zu hohen Bodenabträgen gekommen.

Konservierende Bodenbearbeitungsverfahren haben den Bodenabtrag im Mittel um Faktor 10 verringert und sind damit die effizientesten Erosionsschutzmassnahmen im Ackerbau. Mit dieser Feldstudie wurde die Bedeutung konservierender Bodenbearbeitungsverfahren unter Praxisbedingungen auf Parzellenebene nachgewiesen. Der Anteil an konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren ist in der Region mit rund 75 % allerdings überdurchschnittlich hoch; schweizweit liegt die Beteiligung gemäss Ressourceneffizienzbeiträge für bodenschonende Bearbeitung nur bei 20 %. Der Anbau von Zwischenkulturen ist weiterhin sehr wichtig. Innovative technische Neuerungen wie z.B. der Dyker reduzieren den Bodenabtrag im Kartoffelbau (Lemann *et al.*, 2019). Im Untersuchungsgebiet konnte gezeigt werden, dass die Sensibilisierung von LandwirtInnen und die Art der Kommunikation (von Bauern für Bauern, co-creation of knowledge, partizipative Workshops etc.) für die Akzeptanz und Verbreitung von Erosionsschutzmassnahmen entscheidend ist (Schneider *et al.*, 2012).

Hydraulische Kurzschlüsse (Einlaufschächte und Wartungsschächte) wurden bereits 1997 in der Region erstmals flächendeckend kartiert und als wichtige Eintragsquelle für Sediment, Phosphor und Pflanzenschutzmittel (PSM) in die Gewässer identifiziert (Prasuhn & Grünig, 2001). Im Zusammenhang mit Gewässerbelastungen durch PSM hat diese Erkenntnis zunehmend an Bedeutung gewonnen. Rund 20 % des Bodenabtrages gelangte in der Region Frienisberg bis ins Gewässer. Dies ist bei

der Massnahmenplanung zu berücksichtigen. Ein standortangepasstes Pufferstreifenkonzept nicht nur entlang von Oberflächengewässern, sondern auch entlang von entwässerten Strassen ist daher nötig.

Langjährige Feldkartierungen sind nötig, um bestehende Erosionsmodelle wie die ABAG und Modelle zum Gewässereintrag zu überprüfen und anzupassen. Das berechnete Erosionsrisiko mit der ABAG überschätzt das potentielle Erosionsrisiko in der Region gemäss der Erosionsschadenskartierungen deutlich und wurde deshalb in der ERK2 angepasst (Bircher *et al.*, 2019). Die ERK2 bildet neben dem Nutzen als Vollzugshilfe für VBBo und DZV auch eine wichtige Grundlage für die Berechnungen der Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer der Schweiz mit dem Stoffflussmodell MODIFFUS. Auch für die neu erstellten PSM-Eintragsrisikokarten (Koch & Prasuhn, 2021) dienen die ERK2 und GAK2 als wichtige Eingangsdaten. Weiterhin wird für die allgemeine Beurteilung von Flächen hinsichtlich einer standortangepassten Landwirtschaft die ERK2 in Zukunft von Nutzen sein. Durch die Möglichkeit der Verknüpfung der ERK2 mit dem CP-Faktortool kann für Beratungs- und Ausbildungszwecke auch das aktuelle Erosionsrisiko parzellenscharf berechnet werden.

Innerhalb des globalen Netzwerkes von WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies, www.wocat.net) wurden innovative konservierende Praktiken, welche in der Region Frienisberg entwickelt und adaptiert wurden, dokumentiert und mit der internationalen Community der nachhaltigen Landnutzungspraktiker geteilt. Die standardisierte WOCAT-Methode erlaubt einen direkten Vergleich und einen Austausch der Praktiken weltweit. Dadurch wurden die Erfahrungen und Innovationen aus der Region Frienisberg, wie zum Beispiel der Dyker für den Kartoffelanbau (Abb. 9), weit über die Landesgrenzen geteilt. Die partizipative WOCAT Mapping-Methode wurde auch für die ganze Region Frienisberg mit LandwirtInnen, LohnunternehmerInnen und LandwirtschaftsberaterInnen durchgeführt. Ein Hauptresultat war die Bestätigung, dass nicht die steileren Parzellen mit dem grössten potentiellen Erosionsrisiko die Standorte mit den grössten Bodenabträgen sind, sondern die grossflächigeren, mittel-geneigten Parzellen von 5–15 % Neigung, die oft eine intensivere Nutzung (mehr Hackfrüchte und weniger Kunstwieseanteil) haben. Die Verbindung dieser Dokumentation der Erfahrungen mit nachhaltigen Landnutzungspraktiken mit den Erosionsrisiko- und Gewässeranschlusskarten und dem Langzeit-Monitoring der Erosion erwies sich als ein Novum mit weltweiter Ausstrahlung und Interesse.

Landwirtschaftliche Praxis, Beratung und Vollzug

Landwirtschaftliche Praxis, Beratung und Erosionsvollzug ziehen im Kanton Bern seit 30 Jahren am gleichen Strick. Die gemeinsamen Anstrengungen zeigen auf, dass langfristig gute Resultate nur dann erreicht werden können, wenn der Erosionsprävention grosse Beachtung geschenkt wird. Dabei sind sowohl der technische Fortschritt als auch die agrarpolitischen Rahmenbedingungen und allfällige Generationswechsel in der Familie der Bewirtschaftenden zu berücksichtigen. Dies alles führte zu Anpassungen in der Betriebsausrichtung bzw. in der Nutzung der Flächen: Heute werden in Hanglagen anstelle des traditionellen Futterbaus auf immer grösser werdenden Ackerschlägen vermehrt Getreide, Hackfrüchte oder gar Gemüse angebaut. Dadurch und wegen

der zunehmenden Mechanisierung mit immer schwereren Maschinen steigen auch die Anforderungen an den wirkungsvollen präventiven Erosionsschutz.

Die im Laufe der Zeit gemachten positiven Erfahrungen förderten das gegenseitige Vertrauen mehr und mehr. Entscheidend für die Bereitschaft der LandwirtInnen, die vorgeschlagenen Präventionsmassnahmen umzusetzen, waren die Förderbeiträge für die bodenschonenden Anbausysteme. Man erkannte die langfristig positiven ökonomischen und ökologischen Vorteile der schonenden Bodenbearbeitung.

Im sich stetig ändernden (agrar-)politischen Umfeld (neu kommen z.B. Absenkpfade für Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel und die Ressourceneffizienzbeiträge «herbizidfreie Produktion» hinzu), werden die Anforderun-



The Dyker in use with a Grimme GL 420 potato planter (Tatenda Lemann)

Dyker System (Switzerland)

Dyker-System (oder Lochstern) im Kartoffelanbau

DESCRIPTION	LOCATION
<p>The Dyker consists of a set of wheels with three to four inclined shovels each. Attached to the rear end of the planting machine, it digs holes into the bottom of the furrows between the potato hills.</p> <p>The Dyker system consists of a new tractor trailer for cultivating potatoes. It was established by Grimme from Germany. With this new technology small holes and micro-dams are built in the furrows between the potato hills. They are intended to improve water infiltration and to help retain water near the plants, while preventing waterlogging and stagnant water in depressions and minimizing surface runoff and soil erosion.</p> <p>On conventionally farmed potato fields (where an all-in-one potato planter can be used) no additional working steps are necessary and the Dyker can be used simultaneously with the potato planting machine. This saves time and money. For other crops or if no all-in-one potato planter is used, the Dyker can also be attached to a tractor as an individual trailer (without potato planter). Then one or more additional working steps are needed after plantation.</p> <p>The system is intended to prevent soil erosion and waterlogging during the cultivation process of potatoes. Furrows running parallel to the gradient are mostly endangered by soil erosion during the first 4-8 weeks until soil cover reaches a certain percentage. Small holes and micro-dams in the furrows increase infiltration and reduce surface runoff and thereby prevent soil erosion and water logging.</p>	 <p>Location: Bern, Wiler bei Seedorf, Switzerland</p> <p>No. of Technology sites analysed: 2-10 sites</p> <p>Geo-reference of selected sites</p> <ul style="list-style-type: none"> 7.31315, 47.05557

Abb. 9 | Auszug aus der Dokumentation und des Impacts der Dyker-Methode in der globalen Datenbank von WOCAT (<https://qcat.wocat.net/en/summary/5230/>). WOCAT ist die von der Wüstenkonvention (UNCCD) empfohlene Datenbank für die Dokumentation der besten nachhaltigen Praktiken weltweit (<https://qcat.wocat.net/en/wocat/>).

gen an einen wirkungsvollen Schutz vor Oberflächenabfluss und Erosion noch einmal deutlich zunehmen. Vor diesem Hintergrund sind auch in Zukunft die gemachten Erfahrungen und die technischen und digitalen Neuerungen optimal zu nutzen, den Innovationsgeist wach zu halten und die Grenzen des Machbaren zu respektieren.

Ausblick

Durch den Strukturwandel bedingt hat die Anzahl an einheitlich bewirtschafteten Parzellen im Gebiet von 203 auf 157 abgenommen und die mittlere Parzellengrösse von 1,3 auf 1,8ha zugenommen und wird vermutlich weiter zunehmen. Mit zunehmender Parzellengrösse steigt das Erosionsrisiko wegen der Zunahme der erosiven Hanglänge und der oft zunehmenden Mechanisierung mit grösseren und schwereren Maschinen bei der Bodenbearbeitung. Im Rahmen des Klimawandels werden häufigere und intensivere Starkregen

prognostiziert. Dies kann zu grösseren Erosionsschäden auf Parzellen, die zum entsprechenden Zeitraum unzureichend geschützten sind, führen. Die Zunahme der Winterniederschläge – vor allem in Form von Regen anstatt Schnee – kann eine Zunahme der Erosion im Winter bewirken. Die Zunahme von Gemüseanbau auf mineralischen Böden in Hanglage muss weiterhin kritisch beobachtet werden. Wegen der Gewässerbelastung mit PSM hat der Eintragspfad Bodenerosion in jüngster Zeit eine grössere Aufmerksamkeit erlangt. Konservierende Bodenbearbeitungsverfahren – insbesondere die Direktsaat – sind häufig mit dem Einsatz von Herbiziden verbunden. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf zum herbizidfreien, bodenschonenden Anbau. Bleibt der Anteil an konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren, Winterbegrünungen und standortangepassten Kulturabfolgen aber in der Region hoch, ist auch in Zukunft nur vereinzelt mit hohen, nicht tolerierbaren Bodenabträgen zu rechnen. ■

Literatur

- Alder, S., Prasuhn, V., Liniger, H.P., Herweg, K., Hurni, H., Candinas, A., Gujer, H.U. (2015): A high-resolution map of direct and indirect connectivity of erosion risk areas to surface waters in Switzerland – A risk assessment tool for planning and policy-making. *Land Use Policy* **48**, 236–249. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.06.001>
- BAFU & BLW (2013): Bodenschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Landwirtschaft, Bern. *Umwelt-Vollzug Nr. 1313*, 59 S.
- Bircher, P., Liniger, H. P., & Prasuhn, V. (2019). Aktualisierung und Optimierung der Erosionsrisikokarte (ERK2). Die neue ERK2 (2019) für das Ackerland der Schweiz. Schlussbericht 2019. Agroscope und CDE Bern
- Bircher, P., Liniger, H.P., Kupferschmid, P., Prasuhn, V. (2021): Tools for USLE-CP-factor calculation and actual erosion risk on field block level for Switzerland. *MethodsX*, **8**, <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101569>
- Botschek, J., Billen, N., Brandhuber, R., Bug, J., Deumlich, D., Duttmann, R., Elhaus, D., Mollenhauer, K., Prasuhn, V., Röder, C., Schäfer, W., Thiermann, A., Unterseher, E., Wurbs, D. (2021): Bodenerosion durch Wasser – Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen. *DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 921*, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hefen, 112 S.
- Koch, U., Prasuhn, V. (2021): Risikokarten für den Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer auf Einzugsgebietsebene. *Agroscope Science* **126**, Zürich, 85 S.
- Lemann, T., Sprafke, T., Bachmann, F., Prasuhn, V., Schwilch, G. (2019): The effect of the Dyker on infiltration, soil erosion, and waterlogging on conventionally farmed potato fields in the Swiss Plateau. *Catena* **174**, 130–141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.06.001>
- Prasuhn, V. (2020): Twenty years of soil erosion on-farm measurement: Annual variation, spatial distribution and the impact of conservation programmes for soil loss rates in Switzerland. *Earth Surf. Process. Landforms*. <https://doi.org/10.1002/esp.4829>
- Prasuhn, V. (2022): Experience with the assessment of the USLE cover-management factor for arable land compared with long-term measured soil loss in the Swiss Plateau. *Soil & Tillage Research* **215**, <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105199>
- Prasuhn, V., Grünig, K. (2001): Evaluation der Ökomassnahmen: Phosphorbelastung der Oberflächengewässer durch Bodenerosion. *FAL-Schriftenreihe Nr. 37*, 152 S.
- Prasuhn, V., Fischler, M. (2007): Merkblatt Erosion. Wie viel Erde geht verloren? *UFA Revue* **11**, 37–44.
- Remund, D., Liebisch, F., Liniger, H.P., Heinimann, A., Prasuhn, V. (2021): The origin of sediment and particulate phosphorus inputs into water bodies in the Swiss Midlands – A twenty-year field study of soil erosion. *Catena* **203**. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105290>
- Schneider, F., Steiger, D., Ledermann, T., Fry, P., & Rist, S. (2012). No-tillage farming: co-creation of innovation through network building. *Land Degradation & Development* **23(3)**, 242–255. <https://doi.org/10.1002/ldr.1073>