

Fachprogramm Erosionsberatung:

Geographische Informationssysteme für parzellengenaue Planung



Bachelor Thesis

Martin (Andreas) Zbinden

Bachelor Studiengang Agronomie
Pflanzenwissenschaften und Ökologie
HAFL Zollikofen

8. August 2014

vorgelegt bei:
Dr. Andreas Keiser

Hochschule für Agrar-, Forst-
und Lebensmittelwissenschaften HAFL
Länggasse 85
CH-3052 Zollikofen

Telefon +41 (0)31 910 21 11
Telefon +41 (0)31 910 22 99

office@hafl.bfh.ch
www.hafl.bfh.ch

Selbstständigkeitserklärung

Durch meine Unterschrift erkläre ich, dass

- ich den “Verhaltenskodex HAFL zur Verwendung von Informationsquellen” kenne und mir die Konsequenzen bei dessen Nichtbeachtung bekannt sind,
- ich diese Arbeit in Übereinstimmung mit diesen Grundsätzen erstellt habe,
- ich diese Arbeit persönlich und selbständig erstellt habe,
- ich mich einverstanden erkläre, dass meine Arbeit mit einer Plagiat-Erkennungssoftware getestet und in die BFH-Datenbank der Software aufgenommen wird.

Ort, Datum _____

Unterschrift _____



Mitteilung über die Verwendung von Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten der Hochschule für Agrar-, Forst und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Alle Rechte an Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL sind im Besitze des/der Verfasser/in der Arbeit. Die HAFL genießt jedoch ein kostenloses, unbefristetes, nicht-exklusives Nutzungsrecht an den Arbeiten ihrer Studierenden.

Semesterarbeiten, Bachelor-Theses und Minorarbeiten sind Bestandteile des Ausbildungsprogramms und werden von den Studierenden selbständig verfasst. Die HAFL übernimmt keine Verantwortung für eventuelle Fehler in diesen Arbeiten und haftet nicht für möglicherweise daraus entstehende Schäden

Zollikofen, Mai 2011

Der Direktor



Avis concernant l'utilisation des travaux de semestre, de bachelor et de minor issus de la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

Tous les droits relatifs aux travaux de semestre, de bachelor ou de minor sont propriété de l'auteur-e. Cependant, la HAFL détient, à titre non exclusif, un droit d'usage gratuit et non limité dans le temps.

Les travaux de semestre, de bachelor et de minor font partie du programme de formation de la HAFL et sont rédigés par les étudiant-e-s de manière autonome. L'école ne se porte pas garante du contenu des travaux, susceptibles de contenir des erreurs, et ne répond pas des dommages que celles-ci pourraient éventuellement entraîner.

Zollikofen, mai 2011

La Direction

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	ix
Abbildungsverzeichnis	ix
Liste der Begriffe	ix
Liste der Abkürzungen	x
Zusammenfassung	xii
1 Einleitung	1
1.1 Begleitgruppe	2
1.2 Anforderungen der Beratungsstellen an das Fachprogramm	2
2 Stand der Forschung	3
2.1 Erosionsschutz: Gesetzliche Grundlagen und Vollzug in der Schweiz	3
2.1.1 Gesetzliche Grundlagen des Erosionsschutzes	3
2.1.2 Vollzugspraxis Erosionsschutz	5
2.1.3 Beratungspraxis Erosionsschutz	6
2.2 GIS-Fachapplikation Erosionsberatung: Grundlagen und Hilfsmittel	8
2.2.1 Bisherige Hilfsmittel für die Beratung	8
2.3 Öffentliche Geodaten der Schweiz	9
2.3.1 Details zu den Geodatendiensten	10
2.3.2 Landwirtschaftliche Geodaten	12
3 Material und Methoden	13
3.1 Entwicklungsumgebung	13
3.2 Grundlagendaten für das Fachprogramm Erosionsberatung	14
3.3 Berechnungsschritte	15
3.3.1 Bodenabtragspotenzial: Korrektur mit neuen Bodendaten	16
3.3.2 CP_{max} -Wert	17
3.3.3 Bruttobodenabtrag von Ackerparzellen mit Bewirtschaftungsdaten	17
3.3.4 Bruttobodenabtrag von Ackerparzellen nach Schutzmassnahmen	18
4 Ergebnisse	19
4.1 Konzept für ein Fachprogramm Erosionsberatung	19
4.1.1 Planung Beratungsablauf	19
4.1.2 Anforderungen an das Fachprogramm aus IT-Sicht	21
4.1.3 Prinzipieller Aufbau des Programmes	22

4.1.4 Realisierung der	23
4.1.5 Beratungsablauf aus technischer Sicht	24
4.2 Anwendungsfälle des Fachprogrammes Erosionsberatung	26
4.2.1 Zollikofen, Liechtifeld	26
4.2.2 Schnottwil, Firstacher	29
5 Diskussion	33
5.1 Nutzen für die Beratung	33
5.2 Technische Aspekte	34
6 Folgerungen	36
Literaturverzeichnis	37
Anhang	41

Tabellenverzeichnis

2.1 Richtwerte für Erosion auf Ackerflächen. (Quelle: nach Verordnung über Belastungen des Bodens VBBo vom 1. Juli 1998, SR 814.12, Anhang 3, eigene Darstellung)	4
4.1 Resultate des Fachprogramms für Zollikofen, Liechtifeld.	26
4.2 Resultate des Fachprogramms für Schnottwil, Firstacher.	30

Abbildungsverzeichnis

2.1 Vollzugsschema „Erosionsschutz“ im Kanton Bern. (Quelle: LANAT ohne Datum)	7
2.2 OGC Geodatendienste und ihre Einsatzgebiete. (Quelle: (Bähler, Stark et al. 2010), eigene Darstellung)	11
4.1 Einbettung des Fachprogrammes Erosionsberatung in den Beratungsablauf. . .	20
4.2 Anwendungsfälle des Fachprogrammes Erosionsberatung.	21
4.3 Aktivitätsdiagramm des Fachprogrammes Erosionsberatung. Das Aktivitätsdiagramm zeigt auf, welche Aktivitäten in welcher Schicht ablaufen und wie Objekte interagieren.	25
4.4 Resultate des Fachprogramms für Zollikofen, Liechtifeld.	27
4.5 Resultate des Fachprogramms für Schnottwil, Firstacher.	31
4.6 Resultate des Fachprogramms für Schnottwil, Firstacher.	32

Begriffsverzeichnis

CP_{max}-Wert Wert, der durch die Multiplikation von C- und P-Faktor nicht überschritten werden darf. Abhängig von Standortfaktoren bzw. vom potenziellen Abtrag..

Feldblock Zusammenhängende, landwirtschaftlich nutzbare Fläche , die von relativ stabilen, im Feld erkennbaren Aussengrenzen (z. B. Wald, Strassen, bebaute Flächen, Gewässer, Gräben) umgeben werden. Hydrologische Grundeinheit für die Bestimmung des Oberflächenabflusses. .

LINUX ist ein Begriff für die Unix-ähnlichen Betriebssysteme, welche den Linux Kernel verwenden.

RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). Die RUSLE ist ein weit verbreitetes Computerprogramm, das die Abschätzung von Bodenerosion durch Niederschläge und den damit verbundenen Oberflächenabfluss ermöglicht.

Abkürzungsverzeichnis

ÖLN Ökologischer Leistungsnachweis.

BAFU Bundesamt für Umwelt.

BLW Bundesamt für Landwirtschaft.

BSF Bodenschutzfachstelle.

DZV Direktzahlungsverordnung.

ERK2 Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2x2-Meter-Raster.

GELAN Gesamtlösung elektronische Datenverarbeitung Landwirtschaft und Natur.

GIS Geographisches Informationssystem.

GSchG Gewässerschutzgesetz.

HAFL Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften.

LK50 Landeskarte 1:50 000.

NABO nationales Referenznetz zur Beobachtung der Belastungen des Bodens.

NGDI Nationale Geodateninfrastruktur.

RUSLE3D Revised Universal Soil Loss Equation, modified for complex terrain.

UML Unified Modeling Language.

USG Umweltschutzgesetz.

VBBo Verordnung über Belastung des Bodens.

WCS Web Coverage Service.

WFS Web Feature Service.

WMS Web Map Service.

WPS Web Processing Service.

Zusammenfassung

ZBINDEN Martin. Fachprogramm Erosionsberatung: Geographische Informationssysteme für parzellengenaue Planung.

Das Fachprogramm Erosionsberatung erlaubt die interaktive Planung und Visualisierung von Erosionsschutzmassnahmen durch die Beratung. Bisher unterstützt eine hoch aufgelöste Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz (ERK2) die Landwirte und die kantonale Beratung dabei, Flächen mit hoher potenzieller Erosionsgefährdung zu erkennen und nötigenfalls Massnahmen zu ergreifen. Das in dieser Arbeit entworfene Fachprogramm basiert auf einem geographischen Informationssystem (GIS). Es soll den Nutzen der ERK2 für die Beratung erhöhen, indem die Bewirtschaftungsdaten (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung) eingegeben und genauere Datengrundlagen (Bodendaten) berücksichtigt werden können. Vom berechneten Bodenabtrag für die IST-Situation ausgehend können Massnahmen auf der Karte eingezeichnet und ebenfalls visualisiert werden. Der vorliegende Prototyp des Fachprogrammes besitzt einen modularen Aufbau und setzt auf standardisierte Datenschnittstellen des Open Geospatial Consortium, wodurch die Grundlagen für die Schaffung einer Webapplikation geschaffen sind. Es gilt aber einzuschränken, dass die berechneten Werte nur als Anhaltspunkte zu betrachten sind und ihre Genauigkeit direkt von der Qualität der verwendeten Datengrundlage abhängt. Das Fachprogramm kann den persönlichen Kontakt zu den Bewirtschaftern und eine Überprüfung auf dem Feld nicht ersetzen.

Schlagwörter: Wassererosion, Allgemeine Bodenabtragungsgleichung, Geographische Informationssysteme, Beratungstätigkeit, Open-Source-Software

Keywords: water erosion, universal soil loss equation, geographical information systems, extension activities, open source software

1 Einleitung

Die Wassererosion auf Ackerflächen ist ein Problem, das mit dem Wachsen der Schläge im Zuge der Rationalisierung zugenommen hat und die Bodenfruchtbarkeit langfristig gefährden kann. In der Schweiz ist die Vermeidung von Erosion ein Bestandteil des ökologischen Leistungsnachweises. Seit dem 1.1.2014 müssen Landwirte im Falle eines Erosionsereignisses belegen können, geeignete Massnahmen zum Schutze des Bodens getroffen zu haben, um einer Kürzung der Direktzahlungen zu entgehen.

Bereits heute stehen der Landwirtschaft und der Beratung wertvolle Hilfsmittel zur Verfügung, um Erosion frühzeitig zu erkennen und Massnahmen zu ergreifen (siehe Kap. 2.2.1). Seit 2010 steht eine hochauflösende Erosionsrisikokarte ERK2 flächendeckend für die ganze Schweiz zur Verfügung. Gleichzeitig werden geographische Informationssysteme (GIS) in der Landwirtschaft immer wichtiger, etwa in Verwaltung oder in der Steuerung von Maschinen.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie soll aufzeigen, wie die Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2x2-Meter-Raster (ERK2) mit den bestehenden Hilfsmitteln zu einem GIS-basierten Fachprogramm für die Erosionsberatung (im folgenden Text kurz „Fachprogramm“) zusammengefügt werden könnte.

In einem ersten Schritt wird ein Konzept für das Fachprogramm erarbeitet, welches sich an einem Beratungsablauf orientiert, wie er in der Praxis des Bodenschutzes in der Schweiz üblich ist. Im Austausch mit einer Begleitgruppe soll dieses Konzept diskutiert und angepasst werden. Die Umsetzung des Fachprogrammes auf der Basis von Opensource Geographisches Informationssystem (GIS) soll in einem zweiten Schritt aufgezeigt und so weit in der gegebenen Zeit möglich realisiert werden.

1.1 Begleitgruppe

Für die Teilnahme in der Begleitgruppe klärten sich je ein Vertreter aus den GELAN-Kantonen und ein Vertreter aus der Wissenschaft bereit:

- Peter Trachsel (Bodenschutzfachstelle, Kt. Bern)
- Christine Hauert (Amt für Landwirtschaft, Kt. Solothurn)
- Adrian von Niederhäusern (Landwirtschaftliches Institut, Kt. Freiburg)
- Volker Prasuhn (Agroscope)

1.2 Anforderungen der Beratungsstellen an das Fachprogramm

Die Anforderungen an ein Fachprogramm für die Erosionsberatung wurde an Sitzungen mit der Begleitgruppe entwickelt und diskutiert (siehe auch Anhang B.5):

- Das Fachprogramm soll die Massnahmenplanung und -Visualisierung am Computer oder noch besser an mobilen Endgeräten erlauben.
- Es soll den Berater bei der Findung von geeigneten Massnahmen zur Reduktion der Wassererosion unterstützen.
- Die Visualisierungsmöglichkeiten sollen es erleichtern, die geplanten Massnahmen im Gespräch dem Landwirten zu erklären.
- Grundsätzlich von Erosion betroffene Flächen (Dauerkulturen wie Dauerwiesen und -Weiden) sollen möglichst herausgefiltert werden können.
- Aktuelle Boden- und Bewirtschaftungsdaten sollen einbezogen werden können.

2 Stand der Forschung

Dieses Kapitel umfasst zwei Teile, welche im Rahmen des zu erarbeitenden Themas wichtig sind. Erstens wird das Umfeld des Bodenschutzes in der Schweiz ausgeleuchtet, hauptsächlich im Bezug auf den Erosionsschutz. Es sollen auch die Besonderheiten für die Beratung im Themenfeld herausgearbeitet werden. Im zweiten Teil geht es darum, die verfügbaren Geodaten und Werkzeuge, welche im Rahmen des Fachprogrammes eingesetzt werden könnten, zu sammeln und zu bewerten.

2.1 Erosionsschutz: Gesetzliche Grundlagen und Vollzug in der Schweiz

2.1.1 Gesetzliche Grundlagen des Erosionsschutzes

Bundesverfassung und Umweltschutzgesetz (USG) Der Bund hat gestützt auf Artikel 74 der Bundesverfassung dafür zu sorgen, dass schädliche Einwirkungen auf die Umwelt vermieden werden. Das Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983 (USG; SR 814.01) setzt diesen Artikel um und legt grundsätzlich fest, dass die Kosten für Vermeidung und Behebung von Einwirkungen vom Verursacher zu tragen sind (Verursacherprinzip).

Kapitel 5 des Umweltschutzgesetzes (USG) befasst sich mit Bodenbelastungen, wobei zwischen chemischen, physikalischen und biologischen Bodenbelastungen unterschieden wird. Erosion stellt eine physikalische Belastung dar. Gemäss Art. 33 Absatz 2 USG darf Boden „nur so weit physikalisch belastet werden, dass seine Fruchtbarkeit nicht nachhaltig beeinträchtigt wird“. Der Bundesrat kann hierzu Richtwerte und Massnahmen vorschreiben (ebd.).

Verordnung über Belastung des Bodens (VBBo) Basierend auf dem Umweltschutzgesetz nimmt der Bundesrat die Landbewirtschafter in Artikel 6 Absatz 2 der Verordnung vom 1.

Tab. 2.1: Richtwerte für Erosion auf Ackerflächen. Gesamter durchschnittlicher Bodenabtrag = Summe des flächenhaften und des linienhaften Bodenabtrags. TS = Trockensubstanz. (Quelle: nach Verordnung über Belastungen des Bodens VBBo vom 1. Juli 1998, SR 814.12, Anhang 3, eigene Darstellung)

Durchwurzelbare Mächtigkeit	Gesamter durchschnittlicher Bodenabtrag (Tonne TS pro Hektare und Jahr)
Bis und mit 70 cm	2
Über 70 cm	4

Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo; SR 814.12) in die Pflicht:

Wer (...) den Boden bewirtschaftet, muss mit geeigneter (...) Bewirtschaftungsweise, insbesondere durch erosionshemmende Bau- oder Anbautechnik, Fruchtfolge und Flurgestaltung, dafür sorgen, dass die Bodenfruchtbarkeit nicht durch Erosion langfristig gefährdet wird.

Im Anhang 3 der Verordnung über Belastung des Bodens (VBBo) legen Richtwerte fest, wie gross der zu tolerierende Bodenabtrag jährlich sein darf – gemittelt über 5 Jahre (Tab. 2.1). Weiter regelt die VBBo, wie der Vollzug des Bodenschutzes zwischen Bund und Kantonen aufgeteilt wird (siehe auch Kapitel 2.1.2).

Gewässerschutzgesetz (GSchG) Das Gewässerschutzgesetz vom 24. Januar 1991 (GSchG; SR 814.20) kann im Zusammenhang mit Bodenerosion überall dort zur Anwendung gelangen, wo ein Gewässeranschluss von Ackerland besteht. Die Gewässeranschlusskarte¹ zeigt, dass ein Gewässeranschluss vielerorts potenziell möglich ist, sowohl auf direkt an Gewässer angrenzende Feldblöcke oder indirekt durch Strassenentwässerung (Alder, Herweg et al. 2013, 11). Abgeschwemmtes Bodenmaterial, das in Oberflächengewässer eingespült wird, führt erhebliche Mengen an Nährstoffen (z.B. Phosphor), Pflanzenschutz- und Düngemittelrückstände mit (ebd., 2). Artikel 27 der GSchG verlangt deshalb ausdrücklich, dass „Böden (...) entsprechend dem Stand der Technik so zu bewirtschaften [sind], dass die Gewässer nicht beeinträchtigt werden, namentlich nicht durch Abschwemmung und Auswaschung von Düngern und Pflanzenbehandlungsmitteln.“

¹<http://map.geo.admin.ch/?layers=ch.blw.gewaesseranschlusskarte>

Direktzahlungsverordnung (DZV) Fast alle Schweizer Landwirtschaftsbetriebe erfüllen den Ökologischer Leistungsnachweis (ÖLN), d.h. sie unterstehen den zusätzlichen Auflagen der Direktzahlungsverordnung vom 7. Dezember 1998 (DZV, SR 910.13) und erhalten als Abgeltung für ihre besonderen ökologischen Leistungen Direktzahlungen. Im Bereich Bodenschutz verlangt Anhang 5.2 Absatz 1 der Direktzahlungsverordnung (DZV):

„Es dürfen keine regelmässig beobachtbaren Bodenabträge auf Flächen auftreten, wo angepasste Massnahmen zur Erosionsbekämpfung fehlen. Als angepasste Massnahmen gilt die Bewirtschaftung nach einem mehrjährigen Plan zur Verhinderung der Erosion.“

Im Rahmen der Agrarpolitik 2014-17 wird der Erosionsschutz gesetzlich neu geregelt (Vogel 2014): Neu soll „relevante Erosion“ schon beim ersten Auftreten zu Direktzahlungskürzungen führen, falls der Bewirtschafter nicht belegen kann, auf der betroffenen Parzelle von sich aus angepasste Massnahmen getroffen zu haben. Wie solche angepassten Massnahmen aussehen müssen, wird im Anhang 5.2 der DZV vom 23. Oktober 2013 genauer definiert:

Die Beurteilung, ob angepasste Massnahmen getroffen wurden, erfolgt gemäss der in der Tabelle 2 der BLW/BAFU-Vollzugshilfe Boden erwähnten Massnahmen. Dabei muss eine Mindestpunktzahl von 4 Punkten pro betroffene Parzelle erreicht werden.

Die verordnete Regelung und insbesondere das Punktesystem (siehe Anhang B.1) wird in der Praxis jedoch als nicht umsetzbar beurteilt, weshalb das (BLW) dessen Umsetzung vorerst sistiert hat und für die Jahre 2015 und 2016 von daraus entstehenden Direktzahlungskürzungen absieht (ebd.). Währenddessen wird eine Arbeitsgruppe bestehend aus Vertretern der Behörden, Forschung und Produzenten eingesetzt, um Anpassungen an der Vollzugshilfe Boden und insbesondere am dazugehörigen Beurteilungsförmular vorzunehmen (ebd.).

2.1.2 Vollzugspraxis Erosionsschutz

Bund Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) betreiben gemeinsam ein nationales Referenznetz zur Beobachtung der Belastungen des Bodens (NABO) (BAFU und BLW 2013, 11). Nebst der Veröffentlichung der Resultate dieser Beobachtungen unterliegt dem BAFU ausserdem, die Kantone bei der Überwachung und Beurteilung der Bodenbelastungen zu beraten (ebd., 11).

Kantone Abgesehen von den oben genannten übergeordneten Funktionen, ist der Vollzug des Bodenschutzes Sache der Kantone (Art. 13 Abs. 1 VBBO). Für den Bereich Erosionsschutz zeigt Abb. 2.1 das bisherige Vorgehen am Beispiel des Kantons Bern (LANAT ohne Datum): Nach dem Eingang einer Meldung über ein Erosionsereignis, beispielsweise durch Landwirte, Tiefbauamt, Polizei oder Kontrollorganisationen, führt die Bodenschutzfachstelle (BSF) eine Besichtigung und Erhebung vor Ort durch. Das Erosionsereignis wird protokolliert und auf einer Karte eingetragen. Dabei stehen ihnen als Hilfsmittel etwa der Erosionsschlüssel von Mosimann (1999) zur Verfügung (siehe auch Kap. 2.2.1). Ist es das erste Ereignis auf einer Parzelle, wird als nächstes zusammen mit dem Bewirtschafter ein Massnahmenplan ausgearbeitet. Die vereinbarten Massnahmen wie Fruchtfolgeanpassungen, Zwischenbegrünungen oder reduzierte Bodenbearbeitung sind für die zukünftige Bewirtschaftung verbindlich und durch den Landwirten zu unterzeichnen. Im Fall das später weitere Schadensereignisse eintreten, wird die Einhaltung der Massnahmen kontrolliert und nötigenfalls sanktioniert (Direktzahlungskürzung).

Der geplante Vollzug gemäss der neuen DZV der Agrarpolitik 2014-17 wird in der Vollzugshilfe Bodenschutz (BAFU und BLW 2013, 18) erläutert: Die Kantone sollen mit Hilfe von Erosionsrisikokarten (z.B. ERK2, siehe Kapitel 2.2.1) Vorranggebiete für die Erosionsüberwachung ausscheiden. Auf diesen Flächen soll regelmässig überprüft werden, ob und wie viel Bodenabtrag stattfindet. Bei Übertretungen des Richtwertes für den tolerierbaren Bodenabtrag ($2 \text{ bzw. } 4 \text{ t}/(\text{ha} \cdot \text{a})$) soll wie in Kap. 2.1.1 geschildert vorgegangen werden.

2.1.3 Beratungspraxis Erosionsschutz

Im Sinne einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit versuchen die Bodenschutzfachstellen, mit erosionsbetroffenen Landwirten einvernehmlich nach Lösungen zu suchen. Im Vollzug der alten Gesetzgebung (vor der Agrarpolitik 2014) wird gemeinsam mit dem Bewirtschafter ein Massnahmenplan erarbeitet, wo dies erforderlich wird (siehe Kapitel 2.1.2). Die Grenze zwischen Vollzug und Beratung ist hier nicht vollständig gezogen. Diese Arbeit befasst sich mit dieser Art der vollzugsorientierten Beratung.

Nebst ihrer Vollzugsaufgabe verfolgen die kantonalen Fachstellen auch andere Beratungstätigkeiten im weiteren Sinne. In einem Leitbild für den Schweizer Bodenschutz sieht das BAFU (2007) den Bodenschutz als gesamtheitlichen Prozess: Es hält fest, dass der Schutz des Bodens im Vergleich zum Wald und Wasser immer noch zu wenig ausgebaut und die finanziellen und personellen Ressourcen knapp seien. Es postuliert 10 Eckpunkte für einen

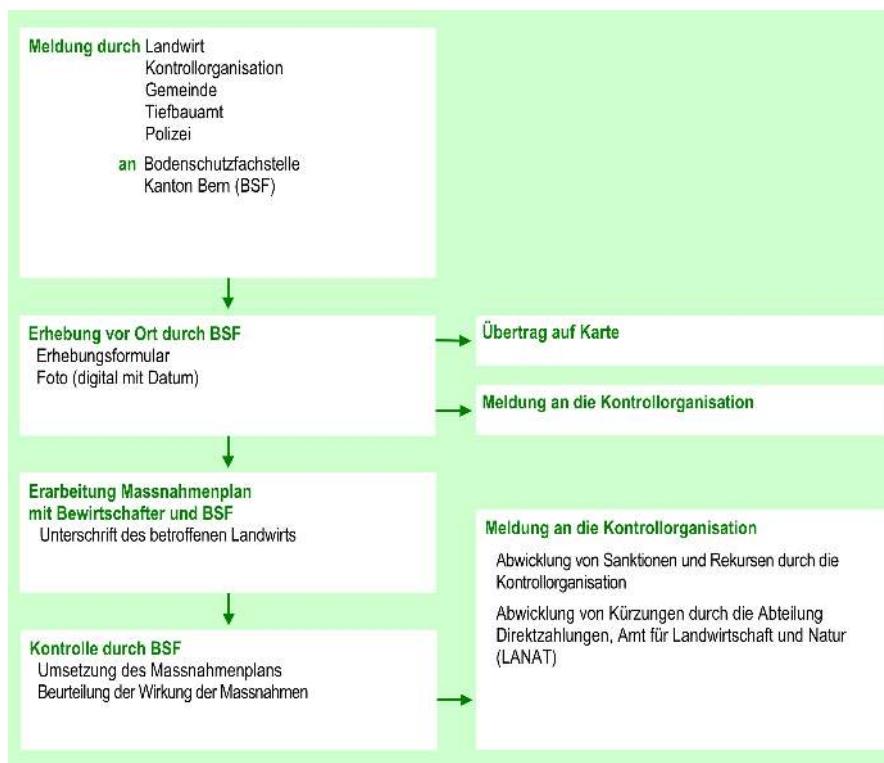


Abb. 2.1: Vollzugsschema „Erosionsschutz“ im Kanton Bern. (Quelle: LANAT ohne Datum)

effizienten, wirkungsvollen Bodenschutz. Im Bezug zur Bodenerosion scheinen drei Punkte besonders wichtig:

Wissen: Die Sensibilisierung der breiten Bevölkerung und die Ausbildung der Berufsleute mit Bodenbezug ist Voraussetzung für einen verantwortungsbewussten Umgang.

Vorsorge: Der fruchtbare Boden muss vorsorglich gegen Belastungen geschützt werden, da Belastungen meist irreversibel sind – das trifft insbesondere bei der Bodenerosion zu.

Zusammenarbeit: Um das Gemeingut Boden nachhaltig zu schützen, muss der Bodenschutz eng mit der Raumplanung, der Land- und der Forstwirtschaft zusammenarbeiten.

Es sollen hier zwei Säulen dieser erweiterten Beratungstätigkeit kurz beleuchtet werden, weil sie auch Konsequenzen für die Auslegung des Fachprogramms Erosion haben könnten:

Aufklärungsarbeit Die Wichtigkeit, das Wissen über den Boden zu verbreiten, wurde erkannt. An Bodentagen wird der Kontakt zwischen den Landwirten, Behörden und Forschenden gepflegt, was auch rege genutzt wird (LANAT 2010). Die Besuchszahlen dieser Veranstaltungen belegen die Wichtigkeit, die dem persönlichen Austausch und der Anschauung draussen vor Ort zukommen. Auf der anderen Seite haben auch in diesem Bereich die neuen Medien einen hohen Stellenwert erlangt, wie die beiden Projekte *Bodenreise*² und *Von Bauern für Bauern – Erfolgsgeschichten einer schonenden Bodennutzung*³ eindrücklich beweisen (BAFU 2014). Während das erste ein Online-Lernspiel für SchülerInnen und Schüler ist, wurden im zweiten Projekt Kurzfilme für Berufskollegen und andere Interessierte geschaffen, welche auf DVD und im Internet zur Verfügung stehen.

Förderprogramme Mehrere Kantone fördern seit mehreren Jahren besonders die bodenschonende Anbaupraxis mit finanziellen Mitteln. Mit der Unterstützung von bestimmten Massnahmen soll die Bereitschaft und die Innovationskraft der Landwirte gefördert werden, als auch allfällige Mehrkosten ausgeglichen werden (SOBV 2014). Belohnt werden beispielsweise der Pflugverzicht (Direkt- und Mulchsaat), Anpassungen der Fruchtfolge oder die Anlage von Wiesenstreifen gegen die Erosion in Hanglagen (ebd., LANAT ohne Datum). Damit werden meistens Ziele in mehreren Bereichen verfolgt: So hemmen Direktsaatsysteme nicht nur die Bodenerodierbarkeit durch ständige Bodenbedeckung, sondern können durch eine sukzessive Verbesserung der Bodenstruktur die Versickerung des Niederschlags fördern und somit den Oberflächenabfluss vermindern. Genau solche Effekte sollten schliesslich auch mit einem Beratungsprogramm abgebildet werden können.

2.2 GIS-Fachapplikation Erosionsberatung: Grundlagen und Hilfsmittel

2.2.1 Bisherige Hilfsmittel für die Beratung

Der landwirtschaftlichen Beratung stehen grundsätzlich folgende Hilfsmittel zur Verfügung:

- Schlüssel „Bodenerosion selber abschätzen“ (Mosimann 1999)
- Hochauflösende Erosionsrisikokarte der Schweiz (ERK2) (Gisler, Liniger et al. 2010)

²<http://www.bodenreise.ch/>

³<http://www.vonbauernfuerbauern.ch/>

Schlüssel „Bodenerosion selber abschätzen“ Der Schlüssel basiert auf Erosionsbeobachtungen und -Experimenten im Schweizer Mittelland und kann dafür verwendet werden, die aktuelle Bodenabtragsrate für eine einzelne Parzelle auf Grund von einfachen Beobachtungen herzuleiten und die Konsequenzen von Bewirtschaftungsänderungen abzuschätzen. Es existieren sowohl eine Papier- und eine EDV-Version des Schlüssels, wobei die Berechnungsgrundlagen der Faktoren nicht vollständig publiziert wurden und somit für die Weiterverwendung nicht direkt zur Verfügung stehen.

ERK2 Die Erosionsrisikokarte ERK2 liegt flächendeckend für die landwirtschaftliche Nutzfläche der Schweiz vor (Talzone bis Bergzone II). Auf Grund des Bodenabtragpotenzials, d.h. des maximal möglichen Abtrages bei ständiger Schwarzbrache, unterteilt die Karte die Nutzfläche in Gebiete mit geringer (grün), mittlerer (gelb) und starker (rot) Erosionsgefährdung. Sie berücksichtigt weder die Bewirtschaftung (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung) noch allfällige Erosionsschutzmassnahmen. Die ERK2⁴ steht in verschiedenen Detaillierungsgraden im Internet öffentlich zur Ansicht bereit.

Den Kantonen werden darüber hinaus die Rohdaten zur Verfügung gestellt, damit sie beispielsweise zum Definieren von Vorranggebieten zur Überwachung verwendet werden kann (siehe Kap. 2.1.2). Beim Eintreten von konkreten Erosionsereignissen könnten diese darüber hinaus alternativ zum Schlüssel verwendet werden, um den jährlichen Bodenabtrag zu ermitteln, indem das Bodenabtragspotenzial mit dem Fruchtfolgefaktor multipliziert wird (ebd.).

2.3 Öffentliche Geodaten der Schweiz

Das Geoinformationsgesetz (GeolG, 5. Oktober 2007) bezweckt, „dass Geodaten über das Gebiet der Schweizerischen Eidgenossenschaft den Behörden von Bund, Kantonen und Gemeinden sowie der Wirtschaft, der Gesellschaft und der Wissenschaft für eine breite Nutzung, nachhaltig, aktuell, rasch, einfach, in der erforderlichen Qualität und zu angemessenen Kosten zur Verfügung stehen“ (ebd., Art. 1). Auf der Grundlage der Geoinformationsgesetzgebung wird die Nationale Geodateninfrastruktur (NGDI) auf- und ausgebaut. Der Standard eCH-0056 (Bähler, Stark et al. 2010) regelt dabei insbesondere die technischen Anforderungen, die einzuhalten sind. Die Schweiz orientiert sich dabei auch an der EU-Richtlinie

⁴<http://map.geo.admin.ch/?layers=ch.blw.erosion-quantitativ>

zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE, Richtlinie 2007/2/EG vom 14. März 2007) und ist bestrebt, möglichst kompatible Strukturen zu schaffen (Giger ohne Datum).

Zugang zu und Nutzung der Geodaten werden im Detail in der Geoinformationsverordnung vom 21. Mai 2008 (GeoIV, SR 510.620) geregelt. Im Anhang 1 der GeoIV ist für die sogenannten Geobasisdaten des Bundes geregelt, was öffentlich als Betrachtungsdienst zur Verfügung gestellt, und was zusätzlich als Downloaddienst angeboten werden muss.

2.3.1 Details zu den Geodatendiensten

Der Standard eCH-0056 bildet gemäss Bähler, Stark et al. (2010, 10) „eine verbindliche Rechtsnorm für die auf den Geobasisdaten des Bundesrechts aufbauenden Geodienste respektive deren zuständigen Stellen“. Für die Geodatendienste werden im Standard eCH-0056 einheitliche Schnittstellen festgelegt, welche sich nach Open-Geospatial-Consortium-Standards richten (ebd., 7). Dies gewährleistet, dass Programme verschiedener Hersteller auf die Dienste zugreifen können.

Es wird grundsätzlich unterschieden zwischen Darstellungs- und Downloaddienst:

Darstellungsdienst Laut Art. 2 Bst. i GeoIV ein Internetdienst, „mit dem darstellbare Geodatenansätze angezeigt, vergrössert, verkleinert und verschoben, Daten überlagert und die für die Daten relevanten Inhalte von Geometadaten angezeigt werden können (...)“. Konkret hat die Umsetzung nach Web Map Service (WMS)-Spezifikationen zu erfolgen (Bähler, Stark et al. 2010, 9,39), womit die Verwendbarkeit als Basis für das Bundesgeoportal gegeben ist als auch eine direkte Nutzung in GIS-Programmen gewährleistet ist (Abb. 2.2).

Download-Dienst Laut Art. 2 Bst. j ein „Internetdienst, der das Herunterladen von Kopien vollständiger Geodatenansätze oder von Teilen davon und, wenn durchführbar, den direkten Zugriff darauf ermöglicht“. Für den Direktzugriff sind Web Feature Service (WFS) für Vektordaten (Bähler, Stark et al. 2010, 9,46) und Web Coverage Service (WCS) für Rasterdaten vorgesehen (ebd., 9,53).

Die „Downloaddienste“ WFS und WCS funktionieren grundsätzlich auch als „Uploaddienste“, also in Gegenrichtung. Während sogenanntes transaktionales WFS schon einsatzbereit ist, funktioniert das Aktualisieren von Rasterdaten per WCS noch nicht.

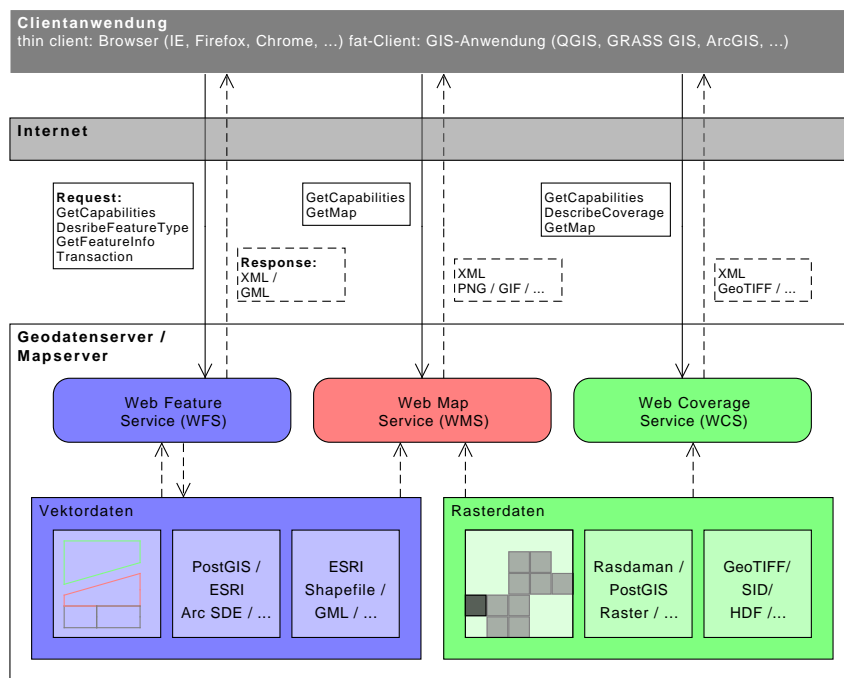


Abb. 2.2: OGC Geodatendienste und ihre Einsatzgebiete. (Quelle: (Bähler, Stark et al. 2010), eigene Darstellung)

2.3.2 Landwirtschaftliche Geodaten

Im Bezug auf diese Arbeit scheint besonders wichtig, dass die landwirtschaftlichen Kulturf lächen durch die Kantone als Darstellungs- und als Download-Dienst zugänglich gemacht werden müssen. In den minimalen Geodatenmodellen des BLW (2012, 42ff.) sind zudem bereits mehr Details zu den landwirtschaftlichen Geodaten geregelt: Mindestens alle aggregierten Dauerkulturtypen sind zu unterscheiden und räumlich zu erfassen, dies sind nämlich (mit Kulturcode):

diverse Biodiversitätsförderflächen (ausser Ackerschonstreifen, Rebflächen mit hoher Artenvielfalt)

650 Übrige Dauerwiese

660 Übrige Dauerweide

730 Obstanlagen

750 Übrige Dauerkulturen

830 Kulturen in ganzjährig geschütztem Anbau

Damit ist die voraussichtlich vorhandene Datenbasis für das zu entwickelnde Fachprogrammes bekannt. Zum Zeitpunkt der Niederschrift können die Kulturlächendaten jedoch noch weder öffentlich eingesehen noch heruntergeladen werden. Zusätzlich ist, wie weiter oben erwähnt (Kap. 2.2.1), auch die Erosionsrisikokarte der Schweiz über Internet anzeigbar, obwohl diese nicht zu den Geobasisdaten zählt.

3 Material und Methoden

Das Konzept und die Umsetzung des Fachprogrammes sind Teil des Kapitels Resultate. Hier werden nur die Rahmenbedingungen, Hintergründe und das Vorgehen erläutert.

3.1 Entwicklungsumgebung

Auf LinuxMint 17 „Qiana“ MATE, eine auf Ubuntu aufsetzende Linux-Distribution, wurden folgenden relevanten Programme in der jeweils angegebenen Version verwendet:

- Geodatenserver
 - GDAL 1.11.0
 - PostGIS 2.1 auf PostgreSQL 9.3
 - UMN Mapserver 6.4.1 auf Apache/2.4.7
- GIS-Programme
 - QGIS 2.4.0 mit dem GRASS-GIS-Plugin für GRASS GIS 6.4.3
 - GRASS GIS 6.4.3
 - GRASS GIS 7.0 Beta 3
- Entwicklungswerkzeuge
 - python 2.7 (Programmiersprache)
 - Spyder 2.2.5 (Python Editor)
 - IPython 1.2.1 (interaktive Python-Shell)
 - Umllet 12.2 (Editor für Unified Modeling Language UML)

Für die Implementierung der Hauptprogrammfunktionen wurde auf GRASS GIS 7.0 gesetzt, die nächste stabile Version mit vielen neuen Funktionen und Erleichterungen. Für die Interaktion zwischen QGIS (Präsentationslayer) und GRASS GIS (Anwendungslayer) wurde die GRASS-Erweiterung von QGIS benutzt. Weil auf diesem Weg bisher nur GRASS 6.4 unterstützt, musste behilfsmässig ein Hilfsmodul für das Fachprogramm erstellt werden. Dieses Hilfsprogramm nimmt die gleichen Benutzereingaben entgegen wie das Hauptmodul, erstellt einen Batch-Job für die Ausführung des Hauptmoduls (eine Art Automatisierungsdatei) und lässt diesen in GRASS 7.0 laufen. Diese Lösung bringt diverse Nachteile mit sich (kaum steuerbare unschöne Programmausgabe, instabil, undurchsichtig), stellt jedoch nur eine Zwischenlösung bis zum Erscheinen einer aktualisierten Version von QGIS dar.

QGIS wurde ausserdem zur Datenerfassung und für das Anzeigen und das Drucken von Karten benutzt. Die QGIS-Erweiterung *GeoSearch* wurde für das schnelle Auffinden von Orten verwendet.

3.2 Grundlagendaten für das Fachprogramm Erosionsberatung

Nachfolgend werden nur die wichtigsten, für die Berechnungen nötigen Grundlagendaten aufgeführt. Ebenso benötigte Informationen wie die Luftaufnahmen, auf welchen die Ackerschläge erkannt und eingezeichnet werden können, können aus verschiedenen Quellen bezogen werden. Eine kostenlose Möglichkeit stellt das Open-Layers-Plugin für QGIS dar, welches Karten und Orthophoto von verschiedenen Webanbietern innerhalb eines beliebigen QGIS-Projekts anzeigen kann.

Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2x2-Meter-Raster (ERK2) Die Rohdaten der Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2x2-Meter-Raster (ERK2) (Gisler, Liniger et al. 2010) für Bern, Freiburg und Solothurn konnten beim Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) im ESRI ARC/INFO Binary Grid Format bezogen werden, gekachelt in Landeskarte 1:50 000 (LK50)-Kartenblätter. Dazu gehören insbesondere die folgenden Rasterkarten:

eros_z Bodenabtragspotenzial in t/(ha*a)

k K-Faktor, Faktor der Bodenerodierbarkeit

r R-Faktor, Faktor der Regenerosivität

Zusätzlich gehört die Feldblockkarte der Schweiz im Format ESRI Shapefile dazu.

Darstellungsvorlagen Die Ein- wie Ausgabedaten müssen irgendwie dargestellt werden. So weit möglich und sinnvoll, wurden hierzu die Kategorien und Farbgebungen von Gisler, Liniger et al. (ebd.) übernommen. Hier zu wurden die RGB-Farbcodes aus folgenden Vorlagen extrahiert (z.T. kann es Ungenauigkeiten geben, vermutlich auf Grund der Bildkomprimierungsverfahren im PDF-Dokument).

Einzig beim Bodenabtragspotenzial wurde auf die Legende der Erosionsrisikokarte im Bundesgeoportal zurückgegriffen, weil deren Farben geringfügig, aber merklich von der ursprünglich durch Gisler, Liniger et al. (ebd.) vorgeschlagenen Variante abweichen.

K-Faktor Gisler 2009, 28

C-Faktor ebd., 33

Bruttobodenabtrag (Original-Layername eros_z) ebd., 46

Bodenabtragspotenzial Schweizerische Eidgenossenschaft 2014, Layer ch.blw.erosion-quantitativ

Höhenmodell Als Höhenmodell kam das digitale Höhenmodell swissALTI3D (swisstopo 2012) zum Einsatz .

Landnutzungsdaten Polygon-Daten mit den Dauerkulturflächen 2014 (provisorisch) wurden für den Kt. Solothurn durch das Gesamtlösung elektronische Datenverarbeitung Landwirtschaft und Natur (GELAN) zur Verfügung gestellt. Daten zur Bewirtschaftung von einzelnen Ackerparzellen für das Testen des Programmes wurden selber gesammelt bzw. von Bewirtschaftern erfragt (Fruchtfolge, Bodendaten).

3.3 Berechnungsschritte

Alle Berechnungen beruhen auf der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung Revised Universal Soil Loss Equation (Renard, Foster et al. 1997):

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (3.1)$$

A mittlerer jährlicher Bodenabtrag in [t/(ha · a)]

R Regen- und Oberflächenabflussfaktor [N · h⁻¹]

K Bodenerodierbarkeitsfaktor [t · h · ha⁻¹ · N⁻¹]

L Hanglängenfaktor [dimensionslos]

S Hangneigungsfaktor [dimensionslos]

C Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor [dimensionslos]

P Erosionsschutzfaktor [dimensionslos]

Werden die bewirtschaftungsbedingten Faktoren C und P weggelassen, ergibt sich das Bodenabtragspotenzial (Gisler, Liniger et al. 2010, 11):

$$A' = R \cdot K \cdot L \cdot S \quad (3.2)$$

A' Bodenabtragspotenzial

Am Anfang steht stets die Werte für das Bodenabtragspotenzial gemäss ERK2, welche danach mit Faktoren multipliziert werden.

3.3.1 Bodenabtragspotenzial: Korrektur mit neuen Bodendaten

Die Berechnung des K-Faktors gemäss der Anleitung in Gisler, Liniger et al. (ebd., 31ff.) wurde berücksichtigt. Diese basiert auf Angaben für Bodenart, Stein- und Humusgehalt von Böden und ordnet ihnen jeweils einen Teilfaktor zu (K_b, K_s, K_h). Diese Teilfaktoren werden schliesslich miteinander zum Faktor K multipliziert.

Das korrigierte Bodenabtragspotenzial ergibt sich danach aus der Gleichung 3.3 (ebd., 49):

$$A'_{neu} = A'_{alt} / K_{alt} \cdot K_{neu} \quad (3.3)$$

Dasselbe gilt natürlich auch für den Bruttobodenabtrag A. Im Fachprogramm wird die Korrektur jedoch immer auf Stufe Bodenabtragspotenzial A' durchgeführt.

3.3.2 CP_{max} -Wert

Die CP_{max} -Werte werden gemäss Schäuble (2005, 14) berechnet:

$$(C \cdot P)_{max} = A_{max} / (RKLS) \quad (3.4)$$

Sie geben die maximal zulässige Nutzungsintensität an, um einen bestimmtem Bodenabtrag nicht zu überschreiten werden. Im Falle der Schweiz scheint für A_{max} die Einsetzung der Richtwerte aus der VBBo sinnvoll, also je nach durchwurzelbarer Mächtigkeit des Bodens 2 bzw. 4 t/(ha · a).

3.3.3 Bruttobodenabtrag von Ackerparzellen mit Bewirtschaftungsdaten

Die Berechnung des Bruttobodenabtrags wird gemäss Gisler, Liniger et al. (2010, 95) vorgenommen. Zuerst werden die C- und P-Faktor-Attribute des Layers „Parzellenplan“ gerastert. Diese neu erzeugten Hilfsraster werden danach mit dem Bodenabtragspotenzial multipliziert.

$$A = A' \cdot C \cdot P \quad (3.5)$$

C-Faktor Der C-Faktor wurde parzellenweise mit Hilfe des Programms Erosion V 2.02 (Mosimann und Rüttimann 2002) ermittelt, der auf der Papierversion des Erosionsschlüssels von Mosimann (1999) basiert. Nach der Eingabe der Bewirtschaftungsdaten (Fruchtfolge, Zwischenkulturen, Bodenbearbeitung) für 10 Jahre berechnet das Programm einen C-Wert, welcher für die Verwendung mit Revised Universal Soil Loss Equation noch durch 10 dividiert werden muss.

Unter Linux lässt sich das Programm dank des Programms WINE auch benutzen:

```
$ wine Erosion_V2.02.exe <Enter>
```

P-Faktor Der P-Faktor wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht näher untersucht. Es wurde stets der konstante Wert von $P = 0.88$ eingesetzt, was dem durchschnittlichen Wert über mehrere Erosionsbeobachtungsparzellen bei Frienisberg entspricht (Prasuhn und Grünig

2001 in Friedli 2006, 54). Friedli (ebd., 54)) benutzt ebenfalls diesen Faktor mit der Begründung, dass so die Anstrengungen im Rahmen des ÖLN etwas berücksichtigt würden (bspw. Fruchtfolge, Winterbegrünung). Haider und Kainz (2006) hat für Bayern einen ähnlichen Mittelwert ermittelt, nämlich 0,85.

3.3.4 Bruttobodenabtrag von Ackerparzellen nach Schutzmassnahmen

Diese Berechnung unterscheidet sich zur vorherigen nur in der Festlegung der Faktoren C und P. Anstatt die langjährigen Werte der Parzelle in die jeweiligen Raster überzuführen, sind hier jene Werte nach dem Ergreifen von Massnahmen zu wählen. Für die Umsetzung heisst das, dass neu die Flächen von des Layers „Massnahmenplan“ als Grundlage dienen.

Neuberechnung des Bodenabtragspotenzials nach RUSLE3D Das Bodenabtragspotenzial bzw. das Wasserabflussmodell wird nur dann neu gerechnet, wenn die Feldblöcke durch neue Abflusshindernisse (Wiesenstreifen, Hecken, etc.) verändert wurde. Die Neuberechnung des Bodenabtragspotenzials geschieht in GRASS GIS nach dem Verfahren Revised Universal Soil Loss Equation, modified for complex terrain (RUSLE3D), dazu wird das Addon-Modul *r.soilloss.bare* eingesetzt (Zbinden 2014, 26).

4 Ergebnisse

4.1 Konzept für ein Fachprogramm Erosionsberatung

4.1.1 Planung Beratungsablauf

Eine Erosionsberatung wird meistens dann durchgeführt, wenn nach einem konkreten Erosionsereignis ein Massnahmenplan ausgearbeitet werden muss. In Anlehnung an den bisherigen Vollzug (siehe Kap. 2.1.2) können grob drei Phasen unterschieden werden (Abb. 4.1):

1. Analysieren der IST-Situation
2. Massnahmen suchen und prüfen (SOLL)
3. Massnahmen umsetzen

Die Anforderungen der Fachberaterinnen und Fachberater für Erosion sind in der Einleitung (Kap. 1.2) als vorausgesetzt aufgeführt. Es geht darum, für spezifische Ackerparzellen genügende Massnahmen für die Erosionsprävention zu finden und diese zu visualisieren. Werden diese Anforderungen mit den drei Phasen der Beratung zusammengefügt, ergibt sich folgender Beratungsablauf (Abb. 4.1):

1. Parzellen im GIS erfassen (Polygon einzeichnen, C- und P-Faktor eingeben) und IST-Situation analysieren.
2. Massnahmen einzeichnen (Polygon, neue C- und P-Faktoren, weitere) und Auswirkungen auf Bodenabtrag darstellen/prüfen. Wenn nötig nachbessern.
3. Sobald der Referenzwert von 2 t/ha und Jahr nicht mehr überschritten wird, können die Massnahmen akzeptiert und umgesetzt werden.

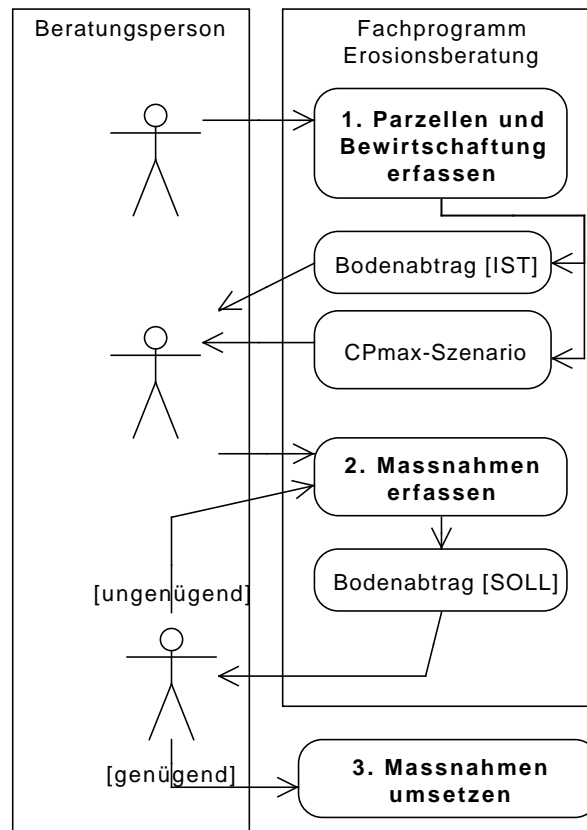


Abb. 4.1: Einbettung des Fachprogrammes Erosionsberatung in den Beratungsablauf.

Im Beratungsablauf erforderliche Funktionen Um die Beratungskraft in der Wahl geeigneter Massnahmen zu unterstützen, können verschiedene Aufgaben durch das Fachprogramm übernommen werden:

Als erstes ist es wichtig, dass die IST-Situation präzise und übersichtlich angezeigt werden kann. Problemlos kann dafür die schon bisher verfügbare ERK2 verwendet werden, wobei hier der aktuelle Bewirtschaftung gar keine Rechnung getragen wird. Mit Hilfe der Modellierung des Bruttobodenabtrages für die gegenwärtige Bewirtschaftungsweise kann sichtbar gemacht werden, auf welchen Parzellen und an welchen Stellen wahrscheinlich Erosion auftreten wird. Zudem ist im Anhang (56) eine Variante der ERK2 zu sehen, aus welcher die kaum erosionsgefährdeten Wiesen und Weiden entfernt wurden.

Andrerseits interessiert es die Beratung vielleicht, wie die Bewirtschaftung aussehen müsste, damit im grossen und ganzen keine relevante Erosion mehr auftreten würde. Hierzu können

beispielsweise CP_{max} -Wert zugezogen werden: Sie geben für jede Rasterzelle an, wie gross das Produkt aus C- und P-Faktor maximal sein darf, damit ein einstellbarer, tolerierbarer Bodenabtrag nicht überschritten wird. Wenn der P-Faktor einmal als gegeben angeschaut wird, muss der CP_{max} -Wert noch durch P geteilt werden. Danach kann versucht werden, den angestrebten C-Faktor durch Anpassungen in der Bewirtschaftung zu erreichen.

4.1.2 Anforderungen an das Fachprogramm aus IT-Sicht

Benötigte Programmfunktionen Im skizzierten Beratungsablauf (Abb. 4.1) werden wenigstens fünf Funktionen vom Fachprogramm erwartet: In der definierten Abfolge sollen abwechselungsweise Daten ein- und Resultate ausgegeben werden. Alle Funktionen, welche die Anwendung der Beratungsperson dazu zur Verfügung stellt, sind im Unified Modeling Language (UML) Usecase-Diagramm erfasst worden (Abb. 4.2). In grau sind hier zusätzlich zwei Funktionen aufgeführt, welche im Hintergrund ohne Zutun des Anwenders ablaufen, aber für die Funktion des Gesamtprogrammes unentbehrlich sind: Auf Grund der Benutzereingaben soll das Untersuchungsgebiet eingegrenzt und dafür die erforderlichen Daten von einer Datenquelle geholt werden.

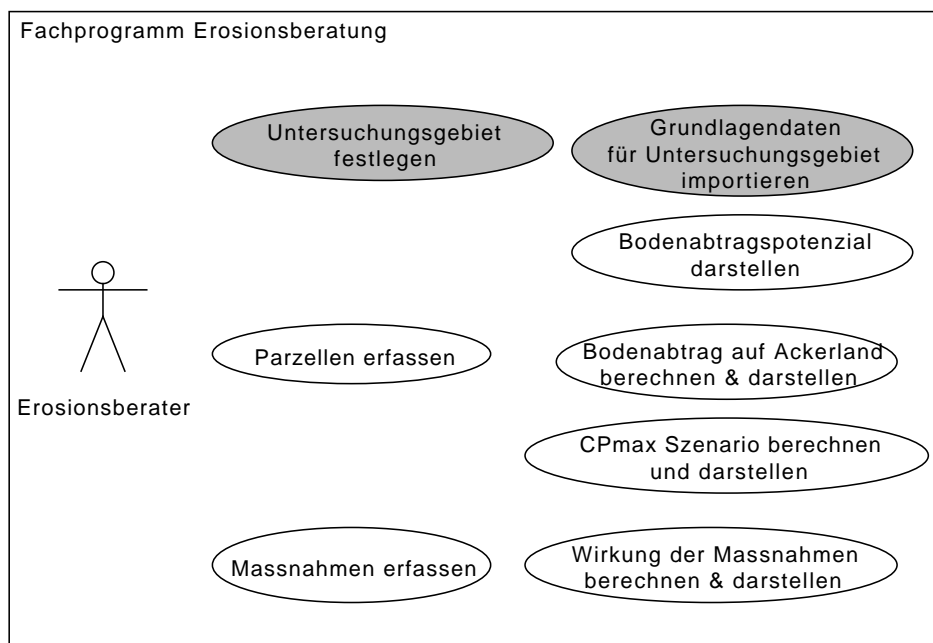


Abb. 4.2: Anwendungsfälle des Fachprogrammes Erosionsberatung.

4.1.3 Prinzipieller Aufbau des Programmes

Das Programm soll in 3 Schichten aufgeteilt werden:

Front-End Das Frontend ist die Schnittstelle zum Anwender, in diesem Fall zum Fachberater für Erosion. Es erlaubt und vereinfacht den Zugriff auf sämtliche vorgesehene Abläufe. In diesem Fall wurde hierzu ein weiteres, übergeordnetes Modul für GRASS GIS programmiert, welches seinerseits durch das benutzerfreundlichere QGIS ferngesteuert werden kann.

Geodatenserver Ein Geodatenserver bildet einerseits die Brücke zwischen Frontend und GRASS GIS, andererseits erlaubt es die geordnete und effiziente Ablage von grossen Datenmengen, welche nach Bedarf dem Programm zur Verfügung gestellt werden.

Funktionsschicht Die Funktionalität wird durch die Kernmodule in GRASS GIS zur Verfügung gestellt. GRASS GIS bildet somit das Rückgrat der Anwendung und ist für sämtliche Datenverarbeitungsschritte verantwortlich.

Dieser Aufbau folgt grob der weitverbreiteten 3-Schichten-Architektur (three tier system), welches eine Auftrennung in die Präsentations-, die Logik- und die Datenhaltungsschicht vorsieht. Die Trennung zwischen der Logik- und Datenhaltungsschicht ist jedoch nicht ausgeprägt, da GRASS GIS sein eigenes Datenhaltungssystem mitbringt und voraussetzt, wodurch Datentransformationen nötig werden und gewisse Daten zumindest zeitweise im Programmablauf redundant vorliegen. Die Stärken der 3-Schichten-Architektur, Skalierbarkeit und Anpassbarkeit, kommen aber trotzdem zum Tragen. So können wahlweise alle Programmschichten auf demselben System laufen, oder aber örtlich getrennt und per Netzwerk oder Internet kommunizieren. Auch gemischte Systeme sind denkbar, so dass z.B. automatische Datenaktualisierung bei gleichzeitiger Möglichkeit des autonomen Arbeitens sinnvoll sein kann. Ein weiteres Plus ist die Austauschbarkeit der Teilsysteme: sollte beispielsweise das Datenbanksystem an seine Leistungsgrenzen kommen, kann es relativ einfach durch ein leistungsstärkeres eingetauscht werden.

4.1.4 Realisierung der

Funktionsschicht GRASS GIS Das Fachprogramm für die Erosionsberatung basiert auf mehreren Kernmodulen:

r.soilloss.bare Berechnung des Bodenabtragspotenzials, d.h. dem maximal erwarteten Bodenabtrag bei dauernd unbedecktem Boden

r.soilloss.cpmx Berechnung des maximal erlaubten Produkts von C- und P-Faktor, womit ein bestimmter mittlerer Bodenabtrag nicht überschritten wird.

r.soilloss.grow Berechnung des mittleren Bodenabtrags von Ackerparzellen unter Einbezug von Bodenbearbeitung, Fruchtfolge (C- Faktor) und Bearbeitungsrichtung (P-Faktor).

r.soilloss.reduce Berechnung des mittleren Bodenabtrags von Ackerparzellen unter Einbezug von zusätzlichen erosionsmindernden Massnahmen. (Dieses Modul ist im Entwicklungsstand des Abgabetermins im Frontendmodul g.gui.soilloss integriert)

Die Kernmodule bilden je eine funktionelle Einheit im Beratungsablauf (Analyse, Planung, Kontrolle) und automatisieren die dazu notwendigen Berechnungsschritte. Die Module sind auch für andere Aufgaben wiederverwendbar (z.B. Neuberechnung einer Erosionsrisikokarte). Die Kernmodule rufen ihrerseits andere Module („Werkzeuge“) auf: einerseits von GRASS GIS integrierte, andererseits weitere neuprogrammierte Module. Beispielsweise ist *r.in.wcs* für den Import von Rasterdaten (z.B. Höhenmodell, Faktorkarten) für genau definierte Regionen vom Geodatendienst WCS zuständig.

Geodatenserver Bei der zentralen Datenablage muss zwischen Raster- und Vektordaten unterschieden werden: Vektordaten können mit Hilfe der räumlichen Datenbank PostgreSQL/POSTGIS einfach abgelegt und verwaltet werden. PostgreSQL wird deshalb sowohl für statische Grundlagendaten (z.B. Feldblockkarte) verwendet, als auch für die Erfassung und Bearbeitung von veränderlichen Parzellendaten. Rasterdaten können durch PostgreSQL/-POSTGIS prinzipiell auch verarbeitet und abgelegt werden, jedoch ist diese Möglichkeit zur Zeit noch in vielen Programmen noch spärlich eingebaut und kaum dokumentiert. Die statischen Rasterdaten, die als Berechnungsgrundlage dienen, liegen deshalb im universellen GEOTIFF-Format vor. Die Ausgabe von Rasterkarten der Resultate wird jedoch als Aufgabe des Front-Ends definiert.

Der Geodatenserver stellt ein zentrales Bindeglied zwischen Front-End und logischer Schicht

dar. Bei der Daten Ein- und Ausgabe kommen standardisierte Protokolle zum Einsatz: Für Vektordaten WFS beim Nur-Lesen beziehungsweise WFS-Transactional (WFS-T) für das Bearbeiten. Für Vektordaten gibt es den WCS-Standard, welcher jedoch nur lesenden Zugriff ermöglicht. Diese Schnittstellen konnten auf der Basis des weit verbreiteten UMN Mapservers (Version 6.4.1) realisiert werden.

Front-End QGIS eignet sich auf Grund seiner relativen Benutzerfreundlichkeit und größeren Verbreitung und Bekanntheit bestens als Grundlage für eine Benutzeroberfläche. Als einfachste Lösung ist eine vorkonfigurierte Arbeitsumgebung für die gewünschte Aufgabe als sogenanntes „Projekt“ in QGIS vorbereitet und den Fachberatern zur Verfügung gestellt. QGIS unterstützt von Haus aus die Interaktion mit Geodatendiensten wie WFS und WCS. Für die Interaktion mit GRASS-GIS gibt es zwei Ansätze: GRASS GIS-Module können über die Processing-Erweiterung angesprochen werden oder über das sogenannte GRASS-Plugin, wobei letzterer der einfachere Ansatz zu sein scheint.

Das GRASS-GIS-Modul `g.gui.soilloss` fasst sämtliche Funktionen und Module zusammen, die der Beratungsablauf benötigt. Die Berechnungsschritte sind somit jeweils über wenige Mausklicks auslösbar. Grundkenntnisse im Umgang mit QGIS (Polygone erfassen, Attribute bearbeiten, ...) sind aber für den Anwender unabdingbar.

4.1.5 Beratungsablauf aus technischer Sicht

Abb. 4.3 zeigt den Verlauf, wie der Berater und die Software im Ablauf eines Beratungsfalles interagieren, als Unified Modeling Language (UML)-Aktivitätsdiagramm. Im Unterschied zu einem gewöhnlichen Flussdiagramm enthält ein Aktivitätsdiagramm zusätzliche Informationen zu Objektbewegungen (Datenströmen) und zur Programmstruktur.

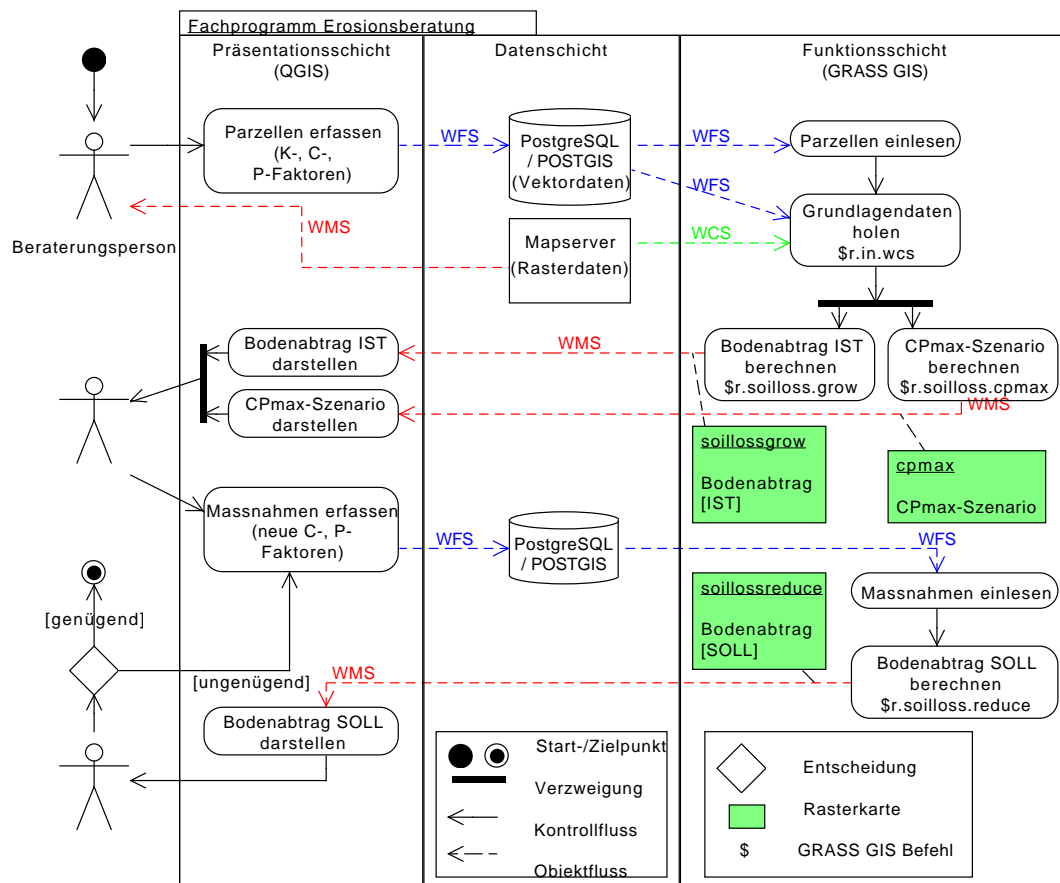


Abb. 4.3: Aktivitätsdiagramm des Fachprogrammes Erosionsberatung. Das Aktivitätsdiagramm zeigt auf, welche Aktivitäten in welcher Schicht ablaufen und wie Objekte interagieren.

4.2 Anwendungsfälle des Fachprogrammes Erosionsberatung

4.2.1 Zollikofen, Liechtifeld

Anhand der Parzelle Liechtifeld sollen drei Grundfunktionen des Fachprogrammes aufgezeigt werden:

- die Anwendung von neuen Bodendaten (Abb. 4.4b),
- die Darstellung des Bruttobodenabtrages der aktuellen Fruchtfolge (Abb. 4.4c),
- die Darstellung der Wirkung von einfachen Massnahmen (Abb. 4.4d).

Im Liechtifeld neben der Hochschule für Agar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) war im Herbst/Winter 2013 Erosion zu beobachten. Auf der Erosionsrisikokarte (Abb. 4.4a) kommt relativ gut zum Ausdruck, wie sich im nördlichsten Teil der oberen Parzelle (31) Wasser sammeln und danach durch die untere Parzelle (32) in Richtung Strasse abfliessen konnte. Auf der oberen Parzelle waren zuvor die Zuckerrüben geerntet worden, unten war nach Kartoffeln Winterweizen angesät worden. Im dunkelroten Bereich der Erosionsrisikokarte ist es zu Rinnenbildung gekommen. Die Fruchtfolge und die C-Faktoren für verschiedene Szenarien sind in Anhang B.4 zusammengetragen.

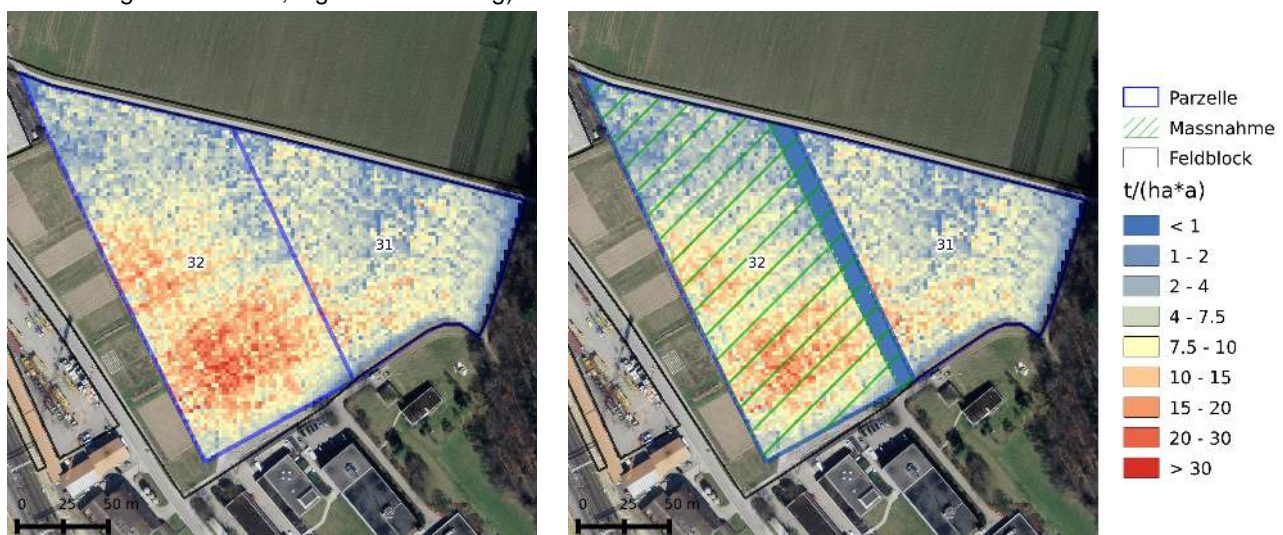
Tab. 4.1: Resultate des Fachprogramms für Zollikofen, Liechtifeld.
Verwendete Faktoren und statistische Kenngrössen pro Parzelle.

Nr.	C	P	$t/(ha \cdot a)$			
	Faktor	Faktor	mean	stddev	min	max
Bodenabtragungspotenzial						
31	1	1	38,02	24,14	1,64	182,86
32	1	1	93,18	61,99	2,75	390,78
Bodenabtragungspotenzial nach Bodenkorrektur						
31	1	1	29,33	18,62	1,27	141,06
32	1	1	71,88	47,82	2,12	301,46
Bruttobodenabtrag Ist-Zustand						
31	0,17	0,88	4,29	2,73	0,19	20,64
32	0,11	0,88	7,15	4,76	0,21	29,98
Bruttobodenabtrag nach Massnahmen						
31	0,00	0,88	4,29	2,73	0,19	20,64
32	0,09	0,70	4,32	3,25	0,00	19,34



(a) Potenzieller Bodenabtrag, auch bekannt als Erosionsrisikokarte). (Quelle: Gisler, Liniger et al. 2010, eigene Darstellung)

(b) Potenzieller Bodenabtrag, mit parzellenspezifischen K-Faktoren.



(c) Bruttobodenabtrag für den Ist-Zustand.

(d) Bruttobodenabtrag nach Massnahmen.

Abb. 4.4: Resultate des Fachprogramms für Zollikofen, Liechtifeld. Parzellendaten siehe Tab. 4.1

Anwendung von neuen Bodendaten Der ursprüngliche Bodenfaktor K beträgt 0,34. Auf Grund der Daten der Parzellenblätter bestimmt das Fachprogramm folgende Teilfaktoren:

Bodenart sandiger Lehm: $K_b = 0.3$

Skelettgehaltsklasse bis 10 % $K_s = 1$

Humusgehaltsklasse bis 4 % $K_h = 0.9$

Miteinander multipliziert ergeben die Teilfaktoren einen neuen Bodenfaktor von $K = 0.27$. Dies reduziert das prognostizierte Bodenabtragspotenzial auf den Parzellen linear um rund 20 % (Abb. 4.4b, Tab. 4.1).

Bruttobodenabtrages der aktuellen Fruchtfolge Die Multiplikation des korrigierten Bodenabtragspotenzials mit dem Fruchtfolgefaktor C und Faktor P ergibt den durchschnittlichen, jährlichen Bruttobodenabtrag (Abb. 4.4c), welcher damit ebenfalls in einem linearen Verhältnis zum ursprünglichen Abtragspotenzial steht. Mit dem aktuellen C-Faktor ergibt sich über die ganze Parzelle 32 ein prognostizierter Bodenabtrag, welcher mit $7,15 \text{ t}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ deutlich über dem oberen Richtwert von $4 \text{ t}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ liegt.

Bruttobodenabtrag nach Massnahmen Um den durchschnittlichen Bodenabtrag nach unten zu korrigieren, wurden zwei Massnahmen angewendet: Erstens wird der C-Faktor von 0.11 auf 0.09 vermindert, was durch vermehrten Einsatz von bodenschonenden Verfahren erreicht wird. Zweitens wird zwischen den beiden Parzellen ein Grasstreifen von ca. 10 Meter Breite angelegt. Dieser soll das abfliessende Wasser bremsen und einen Teil infiltrieren, im Idealfall einer Anlage entlang der Konturlinien sogar einen Teil des Wassers aus dem Feldblock ableiten. Diesem Umstand wird mit einer Verminderung des P-Faktors von standardmässig 0.88 auf 0.70 Rechnung getragen (Annahme). Laut der Berechnung sinkt dadurch der durchschnittliche Bodenabtrag in den Bereich des Richtwertes, wobei der nördliche Parzellenteil sich immer noch deutlich darüber bewegt.

4.2.2 Schnottwil, Firstacher

Für einen Feldblock in Schnottwil (Kt. Solothurn) wurden das Fachprogramm ebenfalls angewendet (Tab. 4.2, Abb. 4.5). Dieser Feldblock ist ein Problemfall, welcher die Beratung schon mehrere Jahre beschäftigt. Quer zu den auf Abb. 4.5a ersichtlichen Parzellengrenzen kommt es immer wieder zu Rinnenbildung und flächenhaftem Bodenabtrag. Weil keine genauen Parzellendaten vorliegen, wird hier mit Annahmen gearbeitet. Für die Fruchtfolge, welche auch Kartoffeln und Zuckerrüben beinhaltet, wird an Hand des Beispiel Zollikofens ein konservativer C-Faktor von 0.15 angenommen.

Hier soll insbesondere eine weitere Berechnungsmöglichkeit aufgezeigt werden, welche das Fachprogramm Erosionsrisiko optional anbietet: Grasstreifen können im Massnahmenplan als Barrieren markiert werden, d.h. sie unterbrechen rechnerisch den Oberflächenabfluss des Wassers. Weil dadurch die erosionswirksame Hanglänge, genauer das Einzugsgebiet verändert wird, muss an dieser Stelle das Bodenabtragsmodell neu gerechnet werden. Weil das Bodenabtragsmodell Revised Universal Soil Loss Equation, modified for complex terrain (RUSLE3D) nicht mit jenem der ERK2 übereinstimmt, können Resultate der beiden Berechnungswege nicht direkt verglichen werden und sind entsprechend markiert (siehe Tab. 4.2). Die Unterschiede zwischen den beiden Methoden werden in den Abb. 4.5b und 4.5c sichtbar.

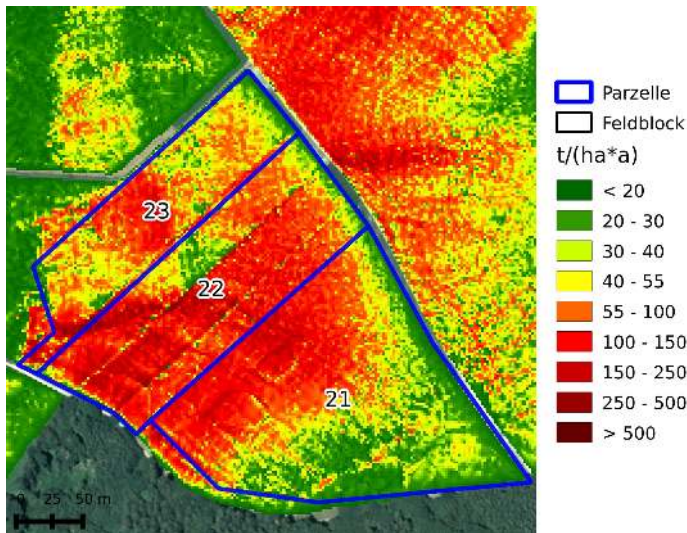
Die Abbildungen 4.5d und 4.5e stellen die beiden Darstellungsverfahren von Grasstreifen einander gegenüber. Ein auf dem Luftbild ersichtlicher, anscheinend bereits vorhandener Grasstreifen in Parzelle 21 hat im ersten Fall (Abb. 4.5d) keine Auswirkung auf die darunterliegende Fläche (P-Faktor wurde nicht verändert). Wenn der Grasstreifen als wasserundurchlässige Barriere angenommen wird, dann fliesst rechnerisch weniger Wasser hangabwärts, was zumindest geringe Auswirkungen auf alle Parzellen hat (Abb. 4.5e, 3. Abschnitt in Tab. 4.2).

Als Vorschläge für die Lösung der Erosionsprobleme im Feldblock werden in Abb. 4.6 eingreifendere Massnahmen vorgeschlagen und berechnet. Zwei weitere Grasstreifen sollen weiter unten im Hang angelegt werden, wo der Bodenabtrag laut den Modellen eine kritisches Mass zu überschreiten beginnt. Wird zusätzlich der C-Faktor durch den Einsatz von konservierender Bodenbearbeitung oder Fruchtfolgeanpassungen von 0.15 auf 0.10 gesenkt, dann sind in allen Parzellen durchschnittliche Bodenabträge von unter $4 \text{ t}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ laut Berechnungen erreichbar (Abb. 4.6b).

Tab. 4.2: Resultate des Fachprogramms für Schnottwil, Firstacher.

Verwendete Faktoren und statistische Kenngrößen pro Parzelle. Zu Grunde liegendes Bodenabtragsmodell: ERK2 = Erosionsrisikokarte, RUSLE3d = Neuberechnung nach RUSLE3D.

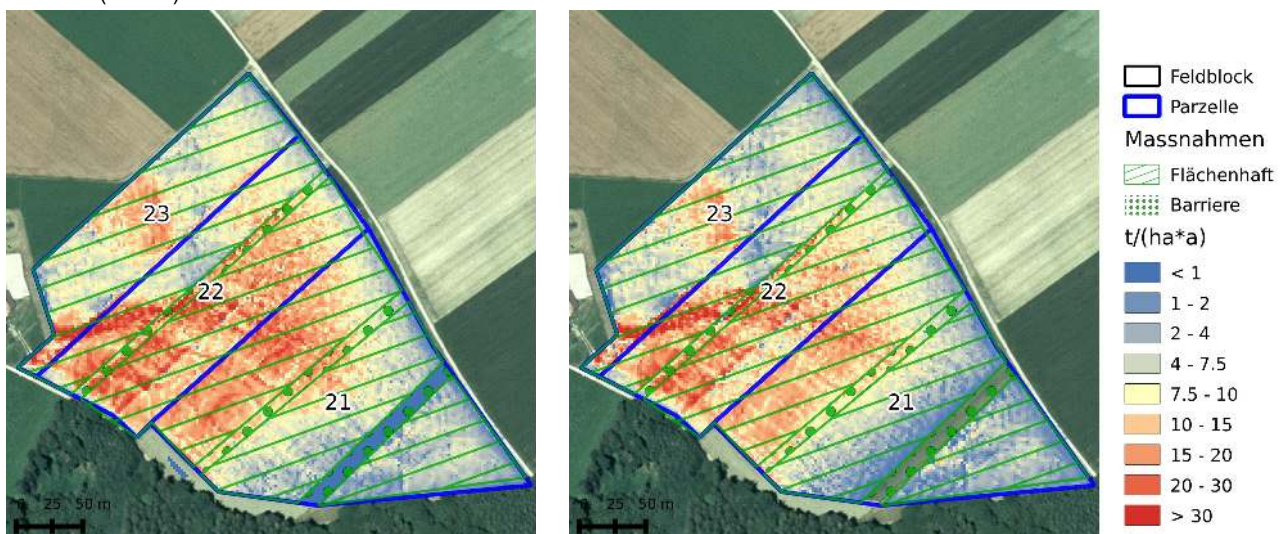
Nr.	C	P	$t/(ha \cdot a)$			
	Faktor	Faktor	mean	stddev	min	max
Bodenabtragspotenzial (ERK2)						
21			52,75	39,95	1,63	235,22
22	1	1	86,96	49,78	3,66	408,10
23			57,55	39,50	1,08	488,61
Bruttobodenabtrag Ist-Zustand (ERK2)						
21	0,15		6,96	5,27	0,22	31,05
22	0,15	0.88	11,48	6,57	0,48	53,87
23	0,15		7,60	5,21	0,14	64,50
Bruttobodenabtrag Ist-Zustand (RUSLE3d)						
21	0,15		6,91	5,89	0,04	36,07
22	0,15	0.88	11,00	8,12	0,10	83,66
23	0,15		6,64	7,14	0,00	95,22
Bruttobodenabtrag mit 1 Wiesenstreifen (ERK2)						
21	0,15		6,80	5,42	0,00	31,05
22	0,15	0.88	11,48	6,57	0,48	53,87
23	0,15		7,60	5,21	0,14	64,50
Bruttobodenabtrag mit 1 Wiesenstreifen als Barriere (RUSLE3d)						
21	0,15		5,44	4,51	0,06	28,71
22	0,15	0.88	9,93	6,81	0,10	69,58
23	0,15		6,44	6,35	0,00	82,15
Bruttobodenabtrag mit 3 Wiesenstreifen als Barrieren (RUSLE3d)						
21	0,15		3,37	2,33	0,06	15,46
22	0,15	0.88	5,63	3,99	0,07	29,07
23	0,15		4,73	2,92	0,00	18,72
Bruttobodenabtrag mit 3 Wiesenstreifen als Barrieren & Mulchsaat (RUSLE3d)						
21	0,10		2,26	1,57	0,04	15,46
22	0,10	0.88	3,76	2,65	0,05	19,38
23	0,09		3,16	1,94	0,00	12,48



(a) Bodenabtragspotenzial aus der Erosionsrisikokarte (ERK2) (Quelle: Gisler, Liniger et al. 2010, eigene Darstellung)



(b) Bruttobodenabtrag für den Ist-Zustand (ERK2). (c) Bruttobodenabtrag für den Ist-Zustand (RUSLE3d).



(d) Bruttobodenabtrag mit 1 Wiesenstreifen (ERK2). (e) wie (d), Wiesenstreifen als Barriere (RUSLE3d).

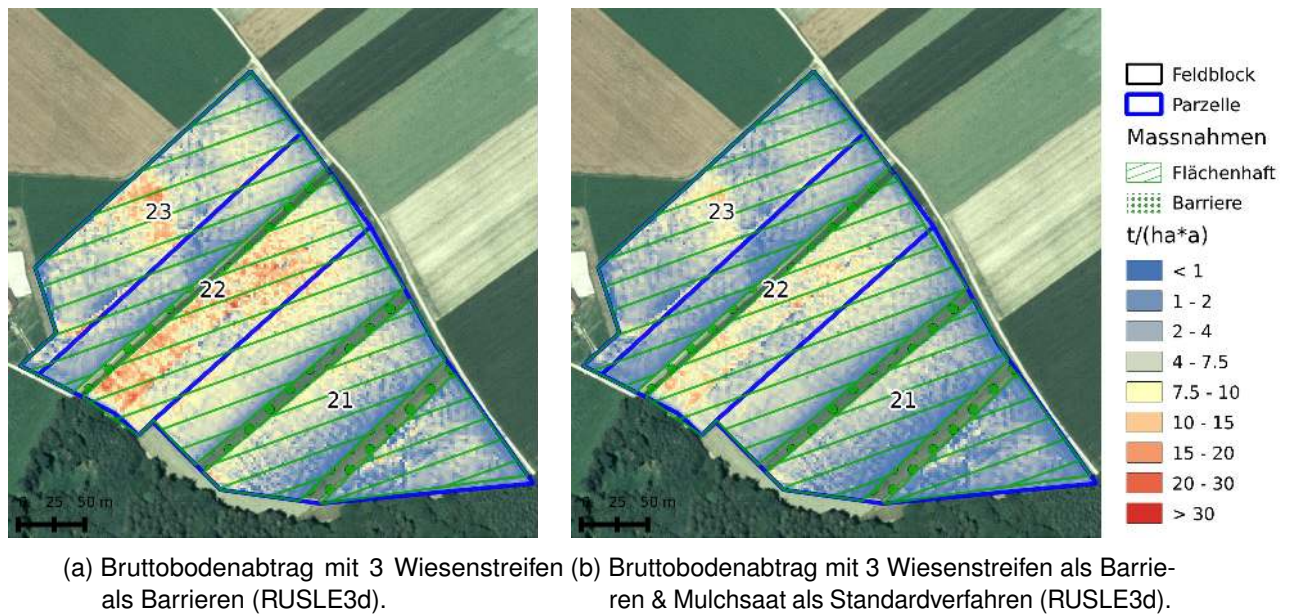


Abb. 4.6: Resultate des Fachprogramms für Schnottwil, Firstacher. Parzellendaten siehe Tab. 4.2. Zu Grunde liegendes Bodenabtragsmodell: ERK2 = Erosionsriskokarte, RUSLE3d = Neuberechnung nach RUSLE3D.

5 Diskussion

5.1 Nutzen für die Beratung

Ein grosser Teil der gesteckten Ziele für ein Fachprogramm Erosionsberatung konnten realisiert werden: Die Beratung kann von der Analyse der Ausgangslage, über die Aktualisierung von Daten bis hin zu Visualisierung der Massnahmen gestützt auf den Prototyp des Fachprogramms erfolgen.

Die Anwendungsfälle geben einen Eindruck, wie Visualisierungen für den Einsatz in der Beratung aussehen könnten. Andererseits werden auch die Grenzen der relativ einfachen Bodenabtragsmodelle gut sichtbar, wenn es darum geht, Details im Feld genau abzubilden:

Im Fall Zollikofen bleibt unberücksichtigt, dass ein wichtiger Grund für vergangene Schäden in der unteren Parzelle im Wasserzufluss aus der hangaufwärtsliegenden Parzelle zu suchen ist. Die vorgeschlagenen Massnahmen liegen aber innerhalb der geschädigten Parzelle und bekämpfen somit nur Folgen des eigentlichen Problems: In der oberen Parzelle kann das Wasser zu wenig schnell versickern und fliesst deshalb oberflächlich ab. Eine nachhaltige Lösung müsste also die Situation in der oberen Parzelle auch mit berücksichtigen. Eine Absprache der Fruchtfolge könnte Sinn machen: wenn oben Zuckerrüben geerntet werden oder wurden, würde unten eine etablierte Kunstwiese dem Wasserabfluss und der Erosion Grenzen setzen. Als Schadensbegrenzung wäre es allenfalls sinnvoll, einen doppelt so breiten, permanenten Grasstreifen zwischen den Feldern stehen zu lassen. Dessen Bepflanzung mit Bäumen oder Sträuchern könnte das Infiltrationsvermögen positiv beeinflussen. Unter diesen Umständen dürfte der Wiesenstreifen rechnerisch dann wohl auch als Barriere betrachtet werden.

Im Fall Schnottwil gilt das oben gesagte auch: Grasstreifen können vor allem den Schaden begrenzen, aber die Ursache liegt im Ackerland bzw. dessen Bewirtschaftung selbst. In schwierigen Lagen und auf schwierigen Böden könnte es aber notwendig sein, sowohl auf der Parzelle (C-Faktor) als auch daneben Massnahmen zu ergreifen. Im Fachprogramm

muss von Fall zu Fall eingeschätzt werden, ob Wiesenstreifen über den P-Faktor geltend gemacht werden oder als Barrieren betrachtet werden.

Insofern kann zusammenfassend gefolgert werden, dass das Fachprogramm in keinem Fall die Beratung vor Ort ersetzen kann. Vielmehr kann es als zeitgemässes Hilfsmittel angesehen werden, das auch in der Diskussion mit dem Bewirtschafter hilfreich eingesetzt werden kann.

5.2 Technische Aspekte

Diese Arbeit bestand zu einem grossen Teil aus der Konzipierung und Implementierung einer Softwarelösung. Viel Zeit musste darauf verwendet werden, die zahlreichen Komponenten verstehen zu lernen und zum Laufen zu bringen bzw. am Laufen zu halten. Es leuchtet ein, dass über „Learning by Doing“ nicht in allen Bereichen Antworten gefunden werden können, die jenen einer ausgebildeten Fachperson gleichkommen. Nachfolgend deshalb eine Einschätzung über den Entwicklungsstand des vorliegenden Fachprogrammes (Version 0.2):

Funktionen Es kann noch Situationen geben, in denen ein Vorgang ohne klaren Grund oder wegen kleiner Fehlmanipulationen fehlschlägt. Insbesondere wurde noch wenig Zeit in die Überprüfung der Korrektheit der Berechnungen investiert. Dieser Punkt ist jedoch im Rahmen des Auftrags nur von sekundärer Bedeutung, da es primär um die Visualisierung, um eine qualitativ richtige Abbildung der Realität geht. Zudem darf nicht vergessen werden, dass es sich bei den Modellen immer nur um eine starke Vereinfachung der Realität handeln wird.

Datenmodell Die momentan verwendete Datenhaltung, bestehend je einer Tabelle für die Parzellen und Massnahmen, ist nicht geeignet für die Verwaltung von zahlreichen Beratungskunden. Weiter könnte das Fachprogramm dahingehend ausgebaut werden oder mit bestehenden GIS-Anwendungen wie GELAN gekoppelt werden, dass die erhobenen Daten auch archiviert und später für den Vollzug genutzt werden können.

Benutzerschnittstelle Die bisherige Einbindung der Kernfunktionen in QGIS müsste grundlegend überarbeitet werden, weil die momentane Situation a) für die Endanwernder zu kompliziert und b) zu störanfällig ist. Zudem sind die Rückmeldungen des Programmes, ob dies

Statistikdaten oder Fehlermeldungen betrifft, viel zu undeutlich, was sich aber auf dem bisher eingeschlagenen Weg kaum ändern lässt. Die Überarbeitung könnte entweder in Richtung „richtige“ QGIS-Erweiterung gehen, welche sich auch über das QGIS-Erweiterungssystem installieren und aktualisieren liesse.

QGIS unterstützt auch in der benutzten Version 2.4.0 nur WFS Version 1.0, was zu Einbusen bei der Performance führt: QGIS lädt entweder einmal alle Features eines WFS-Layers herunter und reagiert dafür nachher schnell, oder es lädt nur immer jene Features herunter, welche sich im sichtbaren Kartenbereich befinden. Ersteres führt beispielsweise bei der Feldblockkarte angesichts des grossen Gebietes (Bern, Freiburg, Solothurn) zu einem riesigen Datenaufkommen bei jedem Starten des Programmes. Eine mobile Nutzung käme kaum in Frage. Letzteres verursacht bei jeder Änderung des Karteninhaltes zu einer Verzögerung von einigen Sekunden, was auf eine schlechte Funktionsweise der WFS-Einbindung in QGIS zurückzuführen ist. Momentan kann für die Benutzung in QGIS die direkte Einbindung von POSTGIS-Layern empfohlen werden.

Es ist denkbar, dass ein zukünftiges Front-End über das Internet steuerbar sein wird. Somit könnten sämtliche internetfähigen Geräte das Fachprogramm Erosion benutzen, ohne dass hierfür spezielle Software installiert werden muss. Für GRASS GIS existiert ein Verbindungsstück namens pyWPS, welches sämtliche Programmfunktionalitäten über als Web Processing Service (WPS) zur Verfügung stellt. WPS wiederum wird von verschiedenen sowohl von vollwertigen GIS-Programmen als auch Web-GIS-Lösungen unterstützt, so dass sich der Weg über das QGIS-GRASS-Plugin erübrigen würde. Durch klar definierte Schnittstellen sollte es mit angemessenem Aufwand möglich sein, ein internetfähiges Frontend zu erstellen.

6 Folgerungen

Vor einem produktiven Einsatz des Fachprogramms Erosionsberatung müssten zumindest noch Folgendes abgeklärt werden:

- Überprüfung der korrekten Funktionsweise
- Überarbeitung der Benutzerschnittstelle
- Installation und Unterhalt einer längerfristig geeigneten Geodateninfrastruktur (oder Mitbenutzung einer bestehenden).

Die Themenfelder Erosionsmodellierung und Beratung lassen aber Spielraum für sehr viel mehr Untersuchungen: So könnten wahrscheinlich komplexere Bodenabtragsmodelle, welche auf der Simulation von physikalischen Vorgängen beruhen, weit mehr Möglichkeiten bieten, um die Vorgänge auf der Ackerfläche im Detail zu untersuchen und darzustellen.

Die in dieser Arbeit geleistete Grundlagenarbeit könnte im besten Fall dazu beitragen, die computergestützte Forschung im Bereich Bodenschutz an der Bildungsinstitution HAFL bekannter zu machen. Wenn Grundlagen wie die entworfene Geodateninfrastruktur in den Bildungsalltag einfließen würden, so hätten spätere Absolventinnen und Absolventen eine solide Grundlage zur Verfügung für kommende Übungen und studentische Arbeiten.

Literaturverzeichnis

- Alder S, Herweg K, Liniger H, Prasuhn V, 2013. Technisch-wissenschaftlicher Bericht zur Gewässeranschlusskarte der Erosionsrisikokarte der Schweiz (ERK2) im 2x2-Meter-Raster. Bundesamt für Umwelt BAFU und Bundesamt für Landwirtschaft BLW, Bern. Abgerufen am 06. 08. 2014, <http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?aid=31797&pid=31419>.
- BAFU, 2007. Bodenschutz Schweiz – Ein Leitbild. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. 8 S. abgerufen am 04. 11. 2013, <http://www.bafu.admin.ch/bodenschutz/index.html>.
- BAFU, 2014. Lehrmittel: Bodenschutz. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. Abgerufen am 04. 06. 2014, <http://www.bafu.admin.ch/bodenschutz/10160/10624/index.html?lang=de>.
- BAFU, BLW, 2013. Bodenschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), Bern. 59 S. abgerufen am 04. 11. 2013, <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01721/index.html>.
- Bähler L, Stark HJ, Staub P, 2010. eCH-0056 Anwendungsprofil Geodienste. e-geo.ch und Verein eCH, Wabern und Zürich. Abgerufen am 20. 07. 2014, <http://www.ech.ch/vechweb/page?p=dossier&documentNumber=eCH-0056&documentVersion=2.00>.
- BLW, 2012. Minimale Geodatenmodelle. Landwirtschaftliche Bewirtschaftung. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern. Abgerufen am 2014, <http://www.blw.admin.ch/dienstleistungen/00568/01328/01329/>.
- Friedli S, 2006. Digitale Bodenerosionsgefährdungskarte der Schweiz im Hektarraster – Unter besonderer Berücksichtigung des Ackerlandes. Diplomarbeit. Geographisches Institut Bern, Abteilung Entwicklung und Umwelt (CDE), Bern. Abgerufen am 01. 04. 2014, http://www.cde.unibe.ch/CDE/pdf/Friedli_SimonDiplomarbeit.pdf.
- Giger C, ohne Datum. INSPIRE. geo.admin.ch, Wabern. Abgerufen am 06. 08. 2014, <http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/de/home/geoadmin/mission/inspire.html>.

- Gisler S, 2009. Erosionsabschätzung und Massnahmenplanung mit der ArcView Extension AVErosion im Gebiet Frienisberg. Masterarbeit. Geographisches Institut der Universität Bern, Bern. Abgerufen am 08.06.2014, <http://www.agroscope.admin.ch/gewaesserschutz-stoffhaushalt/01358/07007/index.html?lang=de>.
- Gisler S, Liniger H, Prasuhn V, 2010. Technisch-wissenschaftlicher Bericht zur Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2x2-Meter-Raster (ERK2). Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW), Bern. 113 S. abgerufen am 01.02.2014, <http://www.agroscope.admin.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?aid=25654&pid=25919>.
- Haider J, Kainz M, 2006. „Bayern“. In: Bodenerosion durch Wasser, Bewertungsmethodik und Instrumente der deutschen Bundesländer. BVB-Materialien 14. Mollenhauer K, Feldwisch N (Hrsg.). Erich Schmidt Verlag, Berlin, S. 25–40.
- LANAT, 2010. Förderprogramm Boden: Kurzfassung 1. Projektjahr 2009/10. Amt für Landwirtschaft und Natur (LANAT), Bodenschutz (ASP), Zollikofen. Abgerufen am 06.08.2014, http://www.vol.be.ch/vol/de/index/landwirtschaft/landwirtschaft/bodenschutz/foerderprogramm_bodenkantonbern.assetref/content/dam/documents/VOL/LANAT/de/Landwirtschaft/Bodenschutz/LANAT_LW_BS_Foerderprogramm_Boden_kurze_Zusammenfassung_vom_1._Projektjahr_de.pdf.
- LANAT, ohne Datum. Amt für Landwirtschaft und Natur (LANAT), Bodenschutz (ASP), Zollikofen. Abgerufen am 02.07.2014, <http://www.vol.be.ch/vol/de/index/landwirtschaft/landwirtschaft/bodenschutz/bodennutzung/bodenerosion.html>.
- Mosimann T, Rüttimann M, 1999. Bodenerosion selber abschätzen. Ein Schlüssel für Betriebsleiter und Berater. Ackerbaugebiete des zentralen Mittellandes. Abteilung Landwirtschaft des Kantons Aargau, Abteilung Umwelt und Landwirtschaft des Kantons Bern, Landwirtschaftsamt des Kantons Luzern, Amt für Umweltschutz und Landwirtschaft des Kantons Solothurn, Aarau u. a. 36 S.
- Mosimann T, Rüttimann M, 2002. Erosion V2.02. Abgerufen am 04.08.2014, http://www.vol.be.ch/vol/de/index/landwirtschaft/landwirtschaft/bodenschutz/bodennutzung/bodenerosion.assetref/content/dam/documents/VOL/LANAT/de/Landwirtschaft/Bodenschutz/LANAT_LW_BS_Bodenerosion_selber_abschaetzen_de.zip.
- Prasuhn V, Grünig K, 2001. Evaluation der Ökomassnahmen. Phosphorbelastung der Oberflächengewässer durch Bodenerosion. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL), Zürich-Reckenholz.

- Renard KG, Foster G. R. and Weesoes GA, McCool DK, Yoder DC, 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, Washington DC.
- Schäuble H, 2005. AVErosion 1.0 für ArcView – Berechnung von Bodenerosion und -akkumulation nach den Modellen USLE und MUSLE87.
- Schweizerische Eidgenossenschaft, 2014. Bundesgeoportal <http://map.geo.admin.ch>.
- SOBV, 2014. BORES - Ressourcenprogramm Boden. Solothurnischer Bauernverband, Solothurn. Abgerufen am 06. 08. 2014, <http://www.sobv.ch/index.php/sobv9/projekte4/bores-ressourcenprogrammmboden>.
- swisstopo, 2012. swissALTI3D. Bundesamt für Landestopografie (swisstopo).
- Vogel S, 2014. Erosionsschutz: Anpassungen bei den ÖLN-Bestimmungen. Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). Abgerufen am 02. 07. 2014, <https://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=de&msg-id=52972>.
- Zbinden M, 2014. Schlagbezogene Erosionsmodellierung mit Opensource GIS Software. Geodatenverarbeitung und Statistik in GRASS GIS und R. Semesterarbeit, unveröffentlicht. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Zollikofen. 38 S.

Anhangsverzeichnis

A Fachprogramm Erosionsberatung	42
A.1 Kurzanleitung Fachprogramm Erosion	43
A.2 Quelltext	52
B Verschiedene Dokumente	53
B.1 BLW 2013: Beurteilungsformular Erosion auf Ackerparzellen	54
B.2 Erosionsrisikokarte (ERK2) normal	55
B.3 Erosionsrisikokarte (ERK2) für Fruchtfolgeflächen	56
B.4 Gesammelte Parzellendaten der Anwendungsfälle	57
B.5 Protokoll BDU-Sitzung 19.11.2013	60

Anhang A

Fachprogramm Erosionsberatung

Kurzanleitung

Fachprogramm Erosionsberatung

Teil der Bachelorthesis von M. Zbinden, 2014

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
Begriffe.....	2
2. Installation.....	3
3. Benützung.....	4
4. Funktionen.....	8
a) Zusammenfassung.....	8
b) Verwendete Formeln.....	8
Erosionsrisikokarte anzeigen (soilloss.bare).....	8
Erosionsrisikokarte korrigieren (soilloss.bare.update).....	8
Parzellenspezifischen Bodenabtrag berechnen (soilloss.grow).....	8
Bodenabtrag nach Massnahmen berechnen (soilloss.grow.measure).....	8
CPmax-Szenario berechnen (soilloss.grow.measure).....	8
c) Statistik.....	9
5. Literatur.....	9

Version 0.21 für Programmversion 0.2

Autor:

Martin Zbinden

martin.zbinden@immerda.ch

1. Einleitung

Das Fachprogramm Erosionsrisiko kann grundsätzlich eine Reihe Funktionen ausführen, um die Erosionsrisikokarte (ERK2) an Hand von erfassten Parzellen darzustellen, auszuwerten und zu verändern. Der Benutzer erfasst die Bewirtschaftungsparzellen und allfällige Erosionsschutzmassnahmen mit Hilfe von QGIS. Das Fachprogramm kümmert sich im Hintergrund automatisch um den Import der benötigten Basisdaten.

Begriffe

\$. . . Shell-Kommando

Fett Name einer Option, Auswahlmöglichkeit

kursiv Programmname

rot Warnung

grün Tipp

2. Installation

Tipp: Nicht nötig auf einem vorinstallierten System (z.B. USB-Stick „FP Erosionsberatung“)

Achtung: dieser Abschnitt der Anleitung könnte fehlerhaft sein oder nicht den aktuellen Begebenheiten entsprechen! Bitte README-Datei im Hauptverzeichnis beachten.

Voraussetzungen:

- GNU/Linux
- QGIS 2.4+ mit GRASS GIS Plugin
- GRASS GIS 6.4.3
- GRASS GIS 7

Die Anleitung wurde getestet mit Linux Mint 17. Sie sollte aber ebenso mit anderen Linux-Distributionen funktionieren, insbesondere mit Debian-basierten (Debian, Ubuntu). Die Installation setzt Grundkenntnisse der UNIX-Shell voraus.

1. GRASS GIS 7 initialisieren und öffnen, GRASS Addon *g.gui.soilloss* installieren:

```
$ mkdir -p /gis/grass  
$ grass70 -c /gis/grass/LV03  
$ g.proj epsg=21781 -c  
$ g.extension g.gui.soilloss  
$ exit
```

2. GRASS GIS 6 öffnen, Hilfs-Addon für GRASS GIS 6 installieren:

```
$ grass64 /gis/grass/LV03/fpeb  
$ g.extension g.gui.soilloss.helper  
$ exit
```

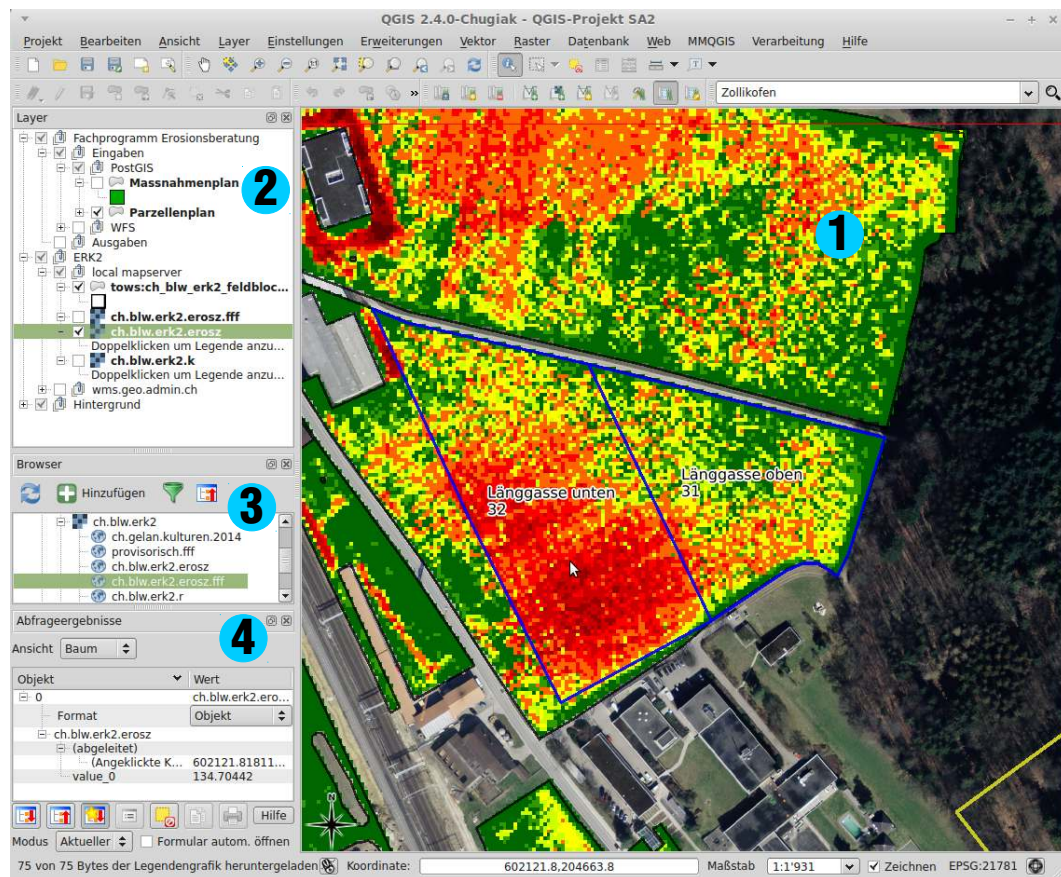
Wenn sich diese Schritte ohne kritische Fehlermeldung abschliessen lassen, kann mit der Benützung des Fachprogrammes Erosionsberatung fortgefahren werden.

3. Benützung

1. Projektdatei FachprogrammErosion.qgs in QGIS öffnen

Benutzername und Passwort für Geodatenserver müssen angegeben werden!
(kann bei Autor angefordert werden)

Tipp: Fehlermeldung wegen fehlerhaftem Zertifikat hier ignorieren (OK drücken).



Elemente:

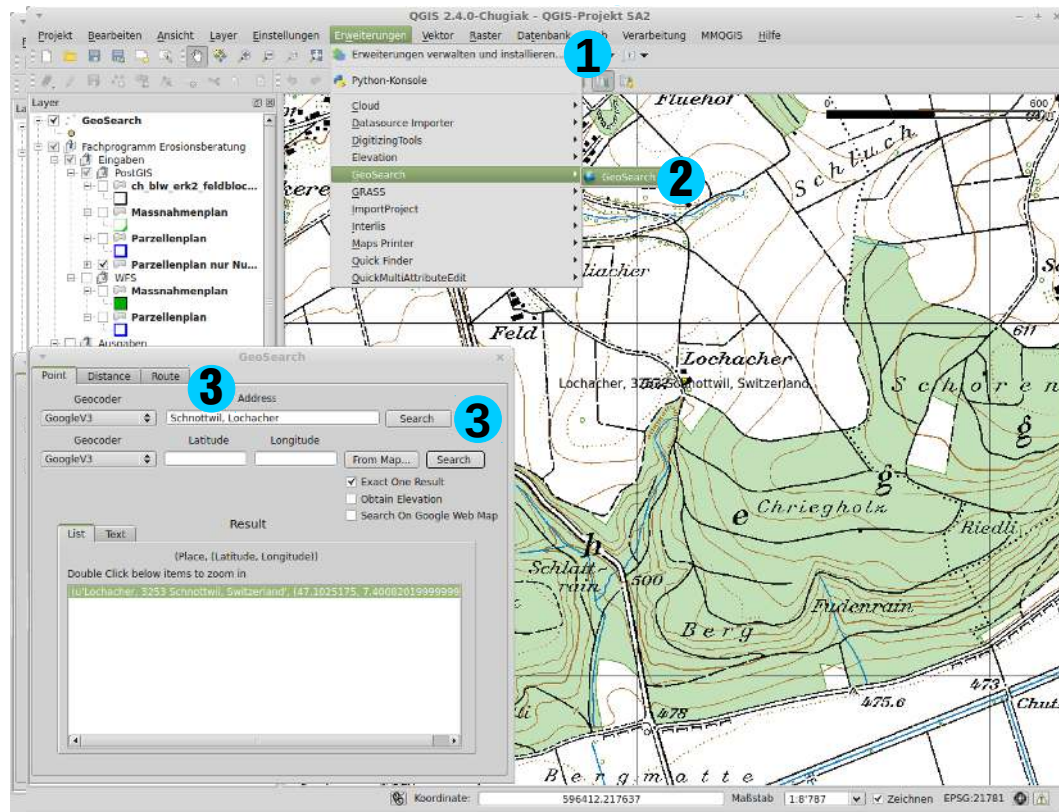
- 1 Kartenfenster (hier mit Orthophoto und ERK2)
- 2 Layer (Ein-/Ausblenden, Reihenfolge)
- 3 Browser (Datenquellen durchstöbern und hinzufügen)
- 4 Abfrage von Objektwerten (Werkzeug / Anzeige)

2. Untersuchungsgebiet aufsuchen:

Empfohlen wird die Adresssuche mit Hilfe der Erweiterung *GeoSearch*, welche z.B. die Google Maps als Grundlage nimmt.

Anleitung Erweiterung GeoSearch:

1. Menü **Erweiterungen/Erweiterungen verwalten und installieren...** auswählen, GeoSearch suchen und installieren

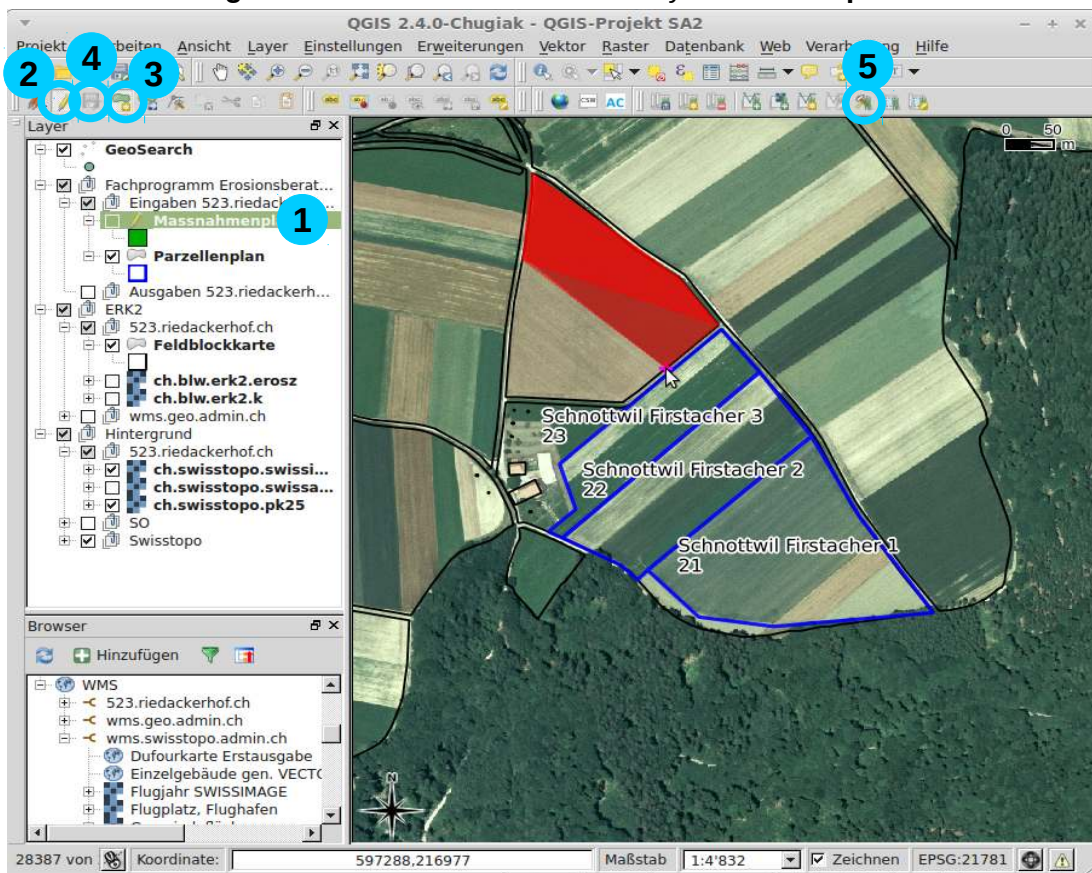


2. Menü **Erweiterungen/GeoSearch/GeoSearch** auswählen
3. Gemeinde oder Adresse im Feld **Address** eingeben, **Search** anklicken
Die gefundene Adresse wird auf der Karte mit einem Punkt angezeigt.
Gegebenenfalls Suche präzisieren.

Als weitere Hilfe bei der Suche des Ortes können zusätzliche Hilfslayer aktiviert werden (bzw. davorliegende Layer deaktiviert werden):

- ch.swisstopo.pk25: Pixelkarte 1:25'000 (Schweizerische Landeskarte)
- ch.swisstopo.swissimage: Orthophoto
- Erweiterung *OpenLayers*

3. Parzellenerfassung: Mindestens eine Parzelle im Layer **Parzellenplan** erfassen.



1. **1** Layer **Parzellenplan** anklicken und aktivieren
2. **2** **Bearbeitungsstatus umschalten** drücken
3. **3** Schaltfläche **Objekt hinzufügen** drücken
4. Mit der Maus die Ecken der Parzelle der Reihe nach anklicken
 Tipp: Taste <Entfernen> entfernt letzte Ecke.
5. Abschluss mit rechter Maustaste.
 Eingabemaske für Objektattribute ausfüllen.
 Felder **id** und **betrieb_id** dürfen nicht leer bleiben!
6. Abschliessen mit **OK**, evtl. weitere Parzellen
 Tipp: Orthophotos unterschiedlicher Quellen beinhalten oft verschiedene Flugjahre, worauf die Parzellengrenzen unterschiedlich gut sichtbar sind.
4. **4** **Änderungen speichern**

Objektattribute

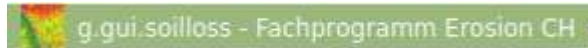
id	24 Für Parzellenstatistik
name	Schnottwil Firstacher 4
betrieb_id	2 oder Fallnummer
cfactor	0.15 aus Erosion V2.02
pfactor	0.88 Vorschlag 0.88
kfactor	(alternativ zu p_t, p_u, ...)
p_t	16 Tonanteil %
p_u	40 Schluffanteil %
p_st	5 Steinbedeckung %
p_h	2.5 Humusgehalt %
flaeche	
bemerkung	NULL

OK Abbrechen

5. **Massnahmen erfassen:** (evtl. erst später)
parallel zu Abschnitt 3 auf Layer „Massnahmenplan“

6. **5** GRASS-Werkzeugkiste öffnen

1. **Fachprogramm Erosion CH** aufrufen



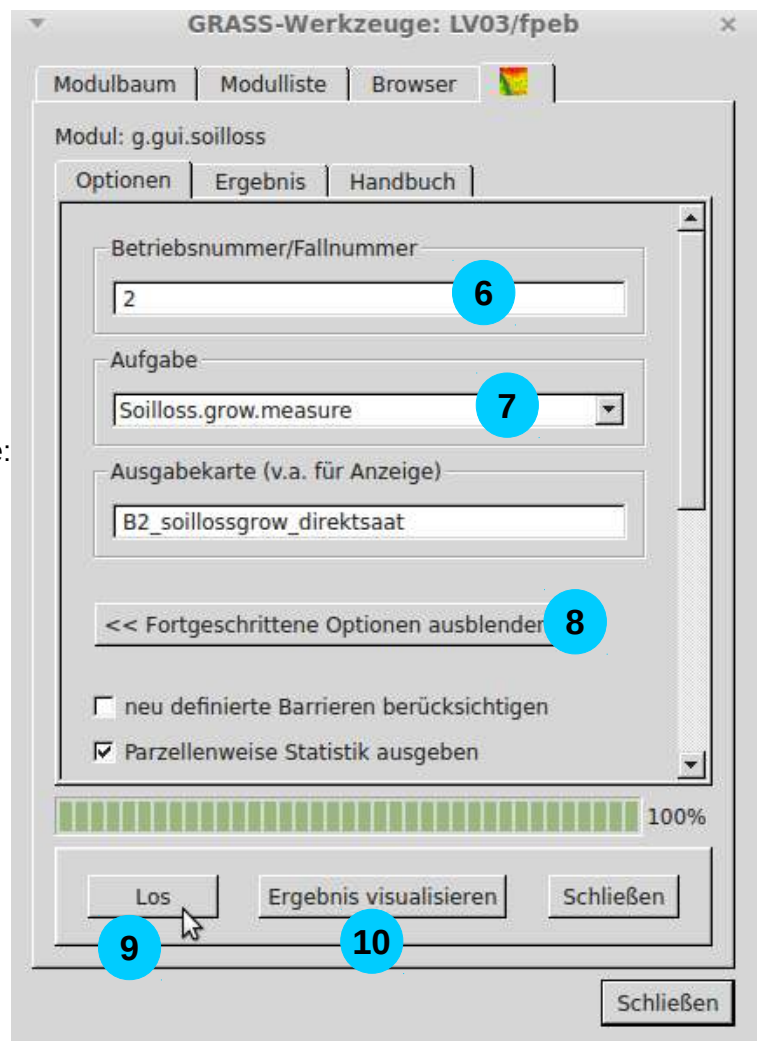
oder falls nicht vorhanden: GRASS-Eingabeaufforderung öffnen und:

```
$ g.gui.soilloss
```

2. **Betriebsnummer** eingeben
3. **Aufgabe** auswählen (Infos siehe Kap. 4. Funktionen)
4. Unter **Fortgeschrittene Optionen** Felder **Benutzername** und **Passwort** ausfüllen (gleiche wie Geodatenserver).
5. **Starten** drücken (bei Nachfrage: **OK** drücken)
6. Nach Abschluss **Ergebnis visualisieren** drücken.

Tipp: soll die Ausgabekarte später wieder aufgerufen werden, kann ein sinnvoller Namen vergeben werden. Dieser ist im Reiter „Browser“ wieder zu finden.

Achtung: dies ist ein Prototyp und die richtige Funktion kann nicht garantiert werden. Die Resultate sind in jedem Fall mit Vorsicht zu geniessen!



4. Funktionen

Abkürzungen:

`soilloss.bare` = Bodenabtragspotenzial, theoretischer Abtrag bei andauernder Schwarzbrache

`soilloss.grow` = Bruttobodenabtrag, modellierter durchschnittlicher Bodenabtrag einer Fruchtfolge

a) Zusammenfassung

<code>soilloss.bare</code>	Bodenabtragspotenzial = Erosionsrisiko = Bodenabtrag bei ständiger Schwarzbrache
<code>soilloss.bare.update</code>	Aktualisierung Bodenabtragspotenzial (neuer K-Faktor)
<code>soilloss.grow</code>	Bruttobodenabtrag = gesamthafter Bodenabtrag einer Fruchtfolge ohne Abzug der Deposition
<code>soilloss.grow.measure</code>	Bruttobodenabtrag nach Einbezug von Massnahmen
<code>soilloss.cpmx</code>	Cpmx-Werte: maximal tolerierbarer (C*P)-Faktor an einen Standort
<code>slope.stats</code>	Hangneigung der Parzellen (Raster + Statistik)

b) Verwendete Formeln

Erosionsrisikokarte anzeigen (`soilloss.bare`)

Nur Import für Region, keine Verarbeitung

Erosionsrisikokarte korrigieren (`soilloss.bare.update`)

$\text{soilloss.bare_new} = \text{soilloss.bare_old} / K_old * K_new$ (Gisler et al. 2010)

Parzellenspezifischen Bodenabtrag berechnen (`soilloss.grow`)

$\text{soilloss.grow} = \text{soilloss.bare} * C_{\text{parzelle}} * P_{\text{parzelle}}$ (Neteler & Mitasova 2008)

Bodenabtrag nach Massnahmen berechnen (`soilloss.grow.measure`)

$\text{soilloss.grow} = \text{soilloss.bare} * C_{\text{massnahmen}} * P_{\text{massnahmen}}$

Wenn zusätzlich Neuberechnung des Bodenabtrags nötig wird (veränderte Hydrologie):

$\text{soilloss.bare} = R * K * LS$

LS-Faktor nach RUSLE3D (Neteler & Mitasova 2008, Zbinden 2014)

CPmax-Szenario berechnen (`soilloss.grow.measure`)

$(C*P)_{\text{max}} = A_{\text{max}} / (R*K*L*S)$, mit $A_{\text{max}} = 4 \text{ t/(ha*a)}$ (Schäuble 2005)

c) Statistik

Beim Abschluss zeigt jede Aufgabe standardmässig eine einfache Fach, parzellenweise Statistik an:

zone	mean	stddev	min	max
-----	-----	-----	-----	-----
31	38.0248	24.142	1.64058	182.855
32	93.1812	61.99	2.75052	390.778

wobei gilt:

zone = Parzelle

mean = Mittelwert der untersuchten Grösse (hier Bodenabtragspotenzial)

stddev = Standardabweichung

min = Minimaler Wert

max = Maximaler Wert

5. Literatur

Gisler S, Liniger H, Prasuhn V, 2010. Technisch-wissenschaftlicher Bericht zur Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2x2-Meter-Raster (ERK2). Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW), Bern. 113 S.

Neteler M, Mitasova H, 2008. The International Series in Engineering and Computer Science. Bd. 773: Open Source GIS: A GRASS GIS Approach. 3. Auflage. Springer, New York. 406 S.

Schäuble H, 2005. AVErosion 1.0 für ArcView – Berechnung von Bodenerosion und -akkumulation nach den Modellen USLE und MUSLE87. 28 S.

Zbinden M, 2014. Schlagbezogene Erosionsmodellierung mit Opensource GIS Software. Geodatenverarbeitung und Statistik in GRASS GIS und R. Bachelorthesis. Berner Fachhochschule BFH, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, Zollikofen. 38 S.

A.2 Quelltext

Auf das Abdrucken der mehrere tausend Zeilen langen Quelltexte wird aus Umweltgründen verzichtet. Die GRASS GIS Module sind weitgehend in sich dokumentiert. Wenn ein Modul in der Kommandozeile mit dem Befehl `-help` aufgerufen wird, wird dessen Kurzanleitung angezeigt.

Alle Quelltexte und Konfigurationsdateien, welche im Rahmen dieser Arbeit erstellt wurden, sind aber in elektronischer Form frei verfügbar unter:

- alle Quelltexte: siehe <http://erosion.riedackerhof.ch>
- teilweise im offiziellen GRASS GIS Addon Repository

Die gesamten Quelltexte stehen unter der Lizenz GNU Public License (GPL) und sind zu diesen Bedingungen weiterverwendbar. Dasselbe gilt für die erstellten Konfigurationsdateien, welche ebenfalls zugänglich gemacht werden:

This program is free software: you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program. If not, see <http://www.gnu.org/licenses/>.

This program is free software under the GNU General Public License ($\geq v2$). Read the file COPYING that comes with GRASS for details.

Anhang B

Verschiedene Dokumente

Tab. 2 > Beurteilungsformular für die Felddaufnahme bei der Bekämpfung von Erosion auf Ackerparzellen

Name, Vorname Betriebsleiter/in		Gemeinde	
Adresse und Telefonnummer		Identifizierung der Parzelle	
Name, Vorname Dokumentverfasser/in		Erfassungsdatum	

B.1	Flie遛sstrecke^a des Wassers		
	Gemessen wird vom Unterrand der Parzelle aufwärts bis zum Ort, wo der flächenhafte Abfluss beginnen kann (begrenzt durch Grünstreifen ^b , Wege oder Waldrand).		
	Distanz (in Falllinie/grösster Hangneigung)	< 30 m	+1
		50–100 m	–1
		> 100 m	–2
	Fruchtfolge		
	Beurteilt wird eine Fruchtfolgedauer		
	Anteil Kunstwiese	≥ 33 %	+2
		20–32 %	+1
		0 %	–1
	Anteil Kulturen mit Abständen in der Sä-/Pflanzreihe > 25 cm (ohne Kartoffeln) und alle Feldgemüse	> 33 %	–2
		18–33 %	–1
	Fruchtfolge mit Kartoffeln		
	Winterweizen nach Kartoffeln oder Zuckerrüben		
	Winterweizen nach Silomais		
Mindestens einmal Winterbegrünung bis 15. Februar des Folgejahres			
Bodenbearbeitung, Anbautechnik, Bewirtschaftung			
Keine zapfwellenangetriebenen Bodenbearbeitungsgeräte			
Direktsaat ^c , Streifensaat ^c oder Mulchsaat ^c mindestens einmal während der Fruchtfolge			
Direktsaat ^c oder Streifensaat ^c dauerhaft während der Fruchtfolge			
Bewirtschaftung eindeutig quer zum Hang bzw. höhenlinienparallel (bis maximal 10 % Neigung)			
Bewirtschaftung eindeutig in Falllinie			
Punktezahl B.1 > 0?			
B.2	pH-Wert und organische Dünger		
	pH H ₂ O (gemischte Bodenprobe) > 6.5		
	Durchschnittliche organische Düngung von mindestens 2 Tonnen pro Hektare und Jahr (Mist, Kompost, Strohdüngung gemäss Feldkalender)		
	Weitere Massnahmen		
	Kein gleichzeitiger Anbau von Kulturen mit Abständen in der Sä-/Pflanzreihe > 25 cm sowie Kartoffeln und Feldgemüse (ausser diese Kulturen werden in Direktsaat ^c , Streifensaat ^c oder Mulchsaat ^c angebaut) auf der darüber- und darunterliegenden Nachbarparzelle		
	Mindestens 3 m breiter Pufferstreifen entlang von Wegen bei offener Ackerfläche		
	Gezielte Massnahmen zur Verbesserung der Infiltration (z. B. Grubbereinsatz bis zwei Tage nach Kartoffelernte)		
	Wenn Mulde in der Parzelle, Massnahmen getroffen (z. B. Grünstreifen ^b)		
	Erosionsminderung in Fahrgassen		
	Weitere begründete Massnahmen ^d zur Erosionsminderung:		
Punktezahl B.1 + B.2 ≥ 4?			

Die Bewirtschaftung der betrachteten ackerbaulich genutzten Parzelle ist bezüglich Erosion standortgerecht:

Ja

☐

Nein

☐

Ort und Datum:

Unterschrift des/der Bewirtschafters/in:

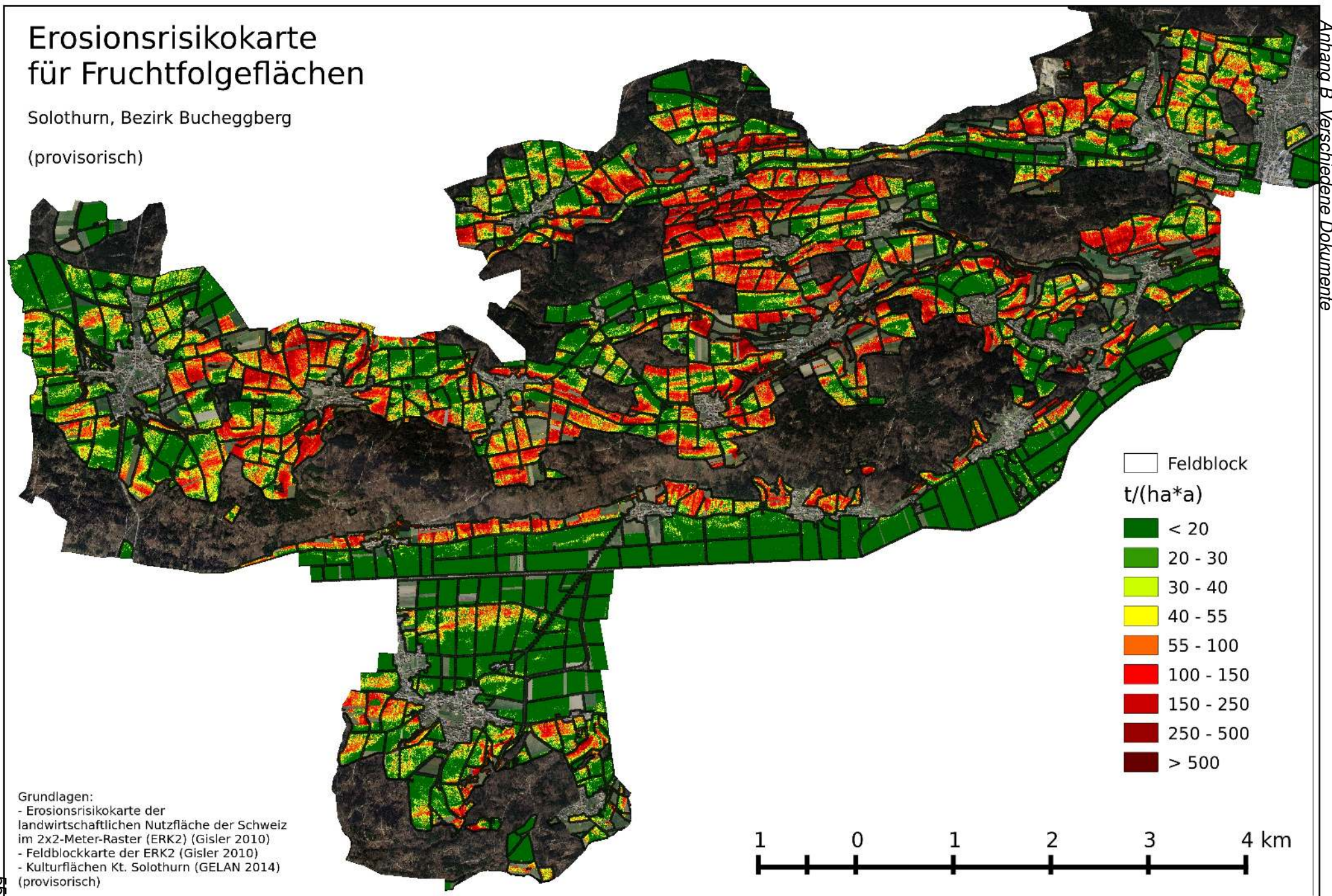
Unterschrift des/der Dokumentverfassers/in:

^a Die Flie遛sstrecke kann grösser sein als die Parzellenlänge in Gefällsrichtung. Flie遛sstrecken von gebündeltem Abfluss in einer Hangmulde oder einem künstlichen Graben werden nicht berücksichtigt.^b Als Grünstreifen gelten erosionsmindernde Elemente wie Wiesenstreifen, Bunt- und Rotationsbrachen, Säume oder Hecken von mindestens 3 m Breite^c Gemäss Definition Art. 76 DZV^d Auch mit mehreren weiteren begründeten Massnahmen kann maximal ein Pluspunkt erreicht werden.

Erosionsrisikokarte für Fruchtfolgeflächen

Solothurn, Bezirk Bucheggberg

(provisorisch)

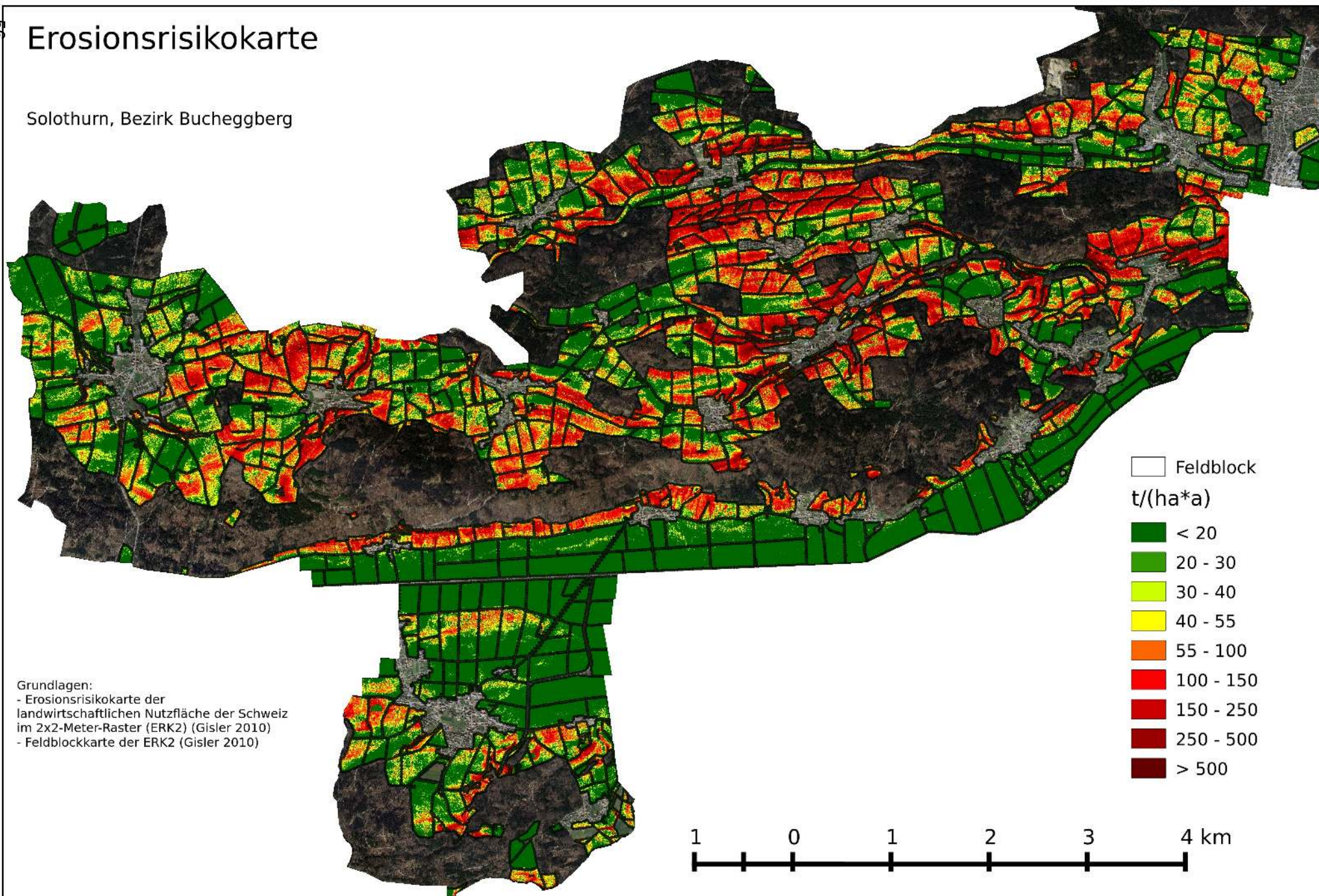


Grundlagen:

- Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2x2-Meter-Raster (ERK2) (Gisler 2010)
- Feldblockkarte der ERK2 (Gisler 2010)
- Kulturfächen Kt. Solothurn (GELAN 2014) (provisorisch)

Erosionsrisikokarte

Solothurn, Bezirk Bucheggberg



Auszug Erosionsbeobachtungen Frienisberg 1997-2007

Daten: V. Prasuhn, ART Reckenholz

Parzellendaten und totale Erosion

Parzelle	Fläche ha	Bodenabtrag t/(ha*a)	Bodenabtrag t/a
28	1.39	13.2162665993	18.312459
29	3.73	5.4202947493	20.191682
31	1.31	15.3900015244	20.191682

Zusätzliche Angaben

Parzelle	Bearbeitungsgr.	erosive Hanglänge	Neigung %	Neigung °	K-Faktor
28	q/l	95	17.9	10.1	0.26
29	q/l	200	12.9	7.4	0.25
31	q/l	100	17.6	10.0	0.26

Fruchtfolgedaten Erosion V2.02

Parzelle	Fruchtfolge	cfactor
28	SM-WW-ZF-KA-WG-ZF-SM-WW-ZF-KA-WG-ZF-ZR-WW	0.1651
29u	WW-ZF-KA-WG-ZF-ZR-SG-ZF-KA-TR-ZF-SM-WW-ZF-KA	0.1489
29o	WW-ZF-KA-WG-ZF-SM-WW-ZF-KA-TR-ZF-SM-WW-ZF-KA	0.1589
31	EE-ZF-KA/SM-TR-ZF-ZR-WW-ZF-KA-WW-ZF-ZR-WW-ZF-KA	0.117

Parzelle	Zeit	Kultur	Bodenbearbeitung	Bodenabtrag (t)
28	Winter 97/98	Zwischenkultur	pfluglos	0
28	Sommer 98	Silomais	Pflug	0
28	Winter 98/99	Winterweizen	Pflug	41.115
28	Sommer 99	Winterweizen		0
28	Winter 99/00	Zwischenkultur	Mulchsaat	0
28	Sommer 00	Kartoffeln	Pflug	28.82714
28	Winter 00/01	Wintergerste	Pflug	11.89375
28	Sommer 01	Wintergerste		0
28	Winter 01/02	Zwischenkultur	pfluglos	0
28	Sommer 02	Silomais	Pflug	0
28	Winter 02/03	Winterweizen	Pflug	5.7107
28	Sommer 03	Winterweizen		0
28	Winter 03/04	Zwischenkultur	pfluglos	0
28	Sommer 04	Kartoffeln	Pflug	95.578
28	Winter 04/05	Wintergerste	Pflug	0
28	Sommer 05	Wintergerste		0
28	Winter 05/06	Zwischenkultur	pfluglos	0
28	Sommer 06	Zuckerrüben	Direktsaat	0
28	Winter 06/07	Winterweizen	Pflug	0
28	Sommer 07	Winterweizen		0
29	Winter 97/98	Winterweizen	Pflug	0
29	Sommer 98	Winterweizen		0
29	Winter 98/99	Zwischenkultur	pfluglos	0
29	Sommer 99	Kartoffeln	Pflug	9.85942
29	Winter 99/00	Wintergerste	Pflug	1.7705
29	Sommer 00	Wintergerste		0
29	Winter 00/01	Zwischenkultur	Mulchsaat	0
29	Sommer 01	Zuckerrüben/Silomais	Pflug	0
29	Winter 01/02	Brache/Winterweizen	Pflug	3.2838
29	Sommer 02	Sommergerste/Winterweizen		0
29	Winter 02/03	Zwischenkultur	pfluglos	0

29 Sommer 03	Kartoffeln	Pflug	16.548
29 Winter 03/04	Triticale	Pflug	12.8622
29 Sommer 04	Triticale		6.676
29 Winter 04/05	Zwischenkultur	pfluglos	0
29 Sommer 05	SM5		0
29 Winter 05/06	Winterweizen	Pflug	24.9838
29 Sommer 06	Winterweizen		0.156
29 Winter 06/07	Zwischenkultur	pfluglos	0
29 Sommer 07	Kartoffeln	Pflug	9.32
31 Winter 97/98	Winterbrache		1.8656
31 Sommer 98	Eiweisserbsen	Pflug	0
31 Winter 98/99	Zwischenkultur	pfluglos	0
31 Sommer 99	Kartoffeln/Silomai	Pflug	4.4808
31 Winter 99/00	Triticale	Pflug	8.5215
31 Sommer 00	Triticale		0
31 Winter 00/01	Zwischenkultur	pfluglos	0
31 Sommer 01	Zuckerrüben	Direktsaat	0
31 Winter 01/02	Winterweizen	Pflug	10.581
31 Sommer 02	Winterweizen		0
31 Winter 02/03	Zwischenkultur	pfluglos	0
31 Sommer 03	Kartoffeln	Pflug	48.63
31 Winter 03/04	Winterweizen	Pflug	0
31 Sommer 04	Winterweizen		0.7684
31 Winter 04/05	Zwischenkultur	pfluglos	0
31 Sommer 05	Zuckerrüben	Direktsaat	0
31 Winter 05/06	Winterweizen	Pflug	31.903
31 Sommer 06	Winterweizen		0
31 Winter 06/07	Zwischenkultur	pfluglos	0
31 Sommer 07	Kartoffeln	Pflug	9.7068

Zollikofen

Erosionsfall Liechtifeld, Zollikofen

Daten: Parzelle 1 (oben) Bewirtschafter 1
 Parzelle 2 (unten) Bewirtschafter 2

Parzellendaten				
Parzelle	ha	pH Bodenart	K-Faktor	Bearbeitungsr.
1		6.1 sandiger Lehm	ca. 0.27	q/l
2	1.90	6.2 sandiger Lehm	ca. 0.27	q/l

Fruchtfolgedaten Erosion V2.02**Parzelle Fruchtfolge**

1 ZR-Mais-EE-Triticale-WW-Mais-Mais-WW-Triticale-ZR-Mais

2 ZR-WW-Mais-WW-KW-KW-WW-ZR-WW-Kartoffeln-WW

Parzelle	C-Faktor aktuell	nur Pflug	Direktsaat ZR	Getreide Claydon	Beides
1	0.1663	0.1969	0.1312	0.1549	0.0367
2	0.113	0.1324	0.0953	0.0851	0.0626

Parzelle	Zeit	Kultur	Bodenbearbeitung	Zwischenkultur nachher
1		2004 ZR	Pflug	
1		2005 Mais	Pflug	
1		2006 EE	Mulchsaat	
1		2007 Triticale	Mulchsaat	ZF
1		2008 WW	Mulchsaat	
1		2009 Mais	Pflug	
1		2010 Mais	Pflug	
1		2011 WW	Mulchsaat	
1		2012 Triticale	Mulchsaat	Triticale grün siliert, nachher Wicken-Erbs-Gemenge
1		2013 ZR	Pflug	
1		2014 Mais	Pflug	
2		2004 ZR	Pflug	
2		2005 WW	Mulchsaat	
2		2006 Mais	Pflug	ZF
2		2007 WW	Mulchsaat	KW
2		2008 KW	Mulchsaat	
2		2009 KW		
2		2010 WW	Pflug	Sareptasenf
2		2011 ZR	Pflug	
2		2012 WW	Mulchsaat	ZF
2		2013 Kartoffeln	Pflug	
2		2014 WW	Mulchsaat	

Protokoll BDU Untergruppe Boden - Sitzung 19. November 2013

Teilnehmer: P. Trachsel, A. Lehmann, V. Prasuhn, B. Strässle, C. Hauert, A. Candinas, Strässle, D. Widmer, C. Degen

Entschuldigt: Franz Stadelmann, Samuel Gerber, Michel Fischler vertreten durch Bettina Marbot (AGRIDEA Ressourcenschutz).

1. Begrüssung und Protokoll der Sitzung vom 3. Juni 2013

Peter Trachsel eröffnet die Sitzung und heisst Daniel Widmer herzlich willkommen als neues Mitglied der BDU Untergruppe Boden. D. Widmer arbeitet seit ungefähr 1 Jahr am Strickhof (Unterricht und Beratung).

Das Protokoll vom 3. Juni 2013 wird ohne Veränderungen angenommen.

2. Bachelor-Arbeit HAFL: Erosionsrisiko-Beratungskarte

- Vorstellen und Diskussion der Projektidee von und mit Martin Zbinden
- Begleitgruppe de nieren

Martin Zbinden erklärt, dass er im Rahmen seiner Bachelor-Arbeit ein Programm erstellen möchte, um die Erosionsrisikokarte für die Beratung bearbeitbar zu machen.

In diesem Sinn hat er schon für ein Vorprojekt die Fruchtfolgeparzellen des elterlichen Betriebs (Bergzone I) erfasst und das Erosionsrisiko mit QGIS und GRASS GIS neu berechnet.

Ziele für Bachelorarbeit:

- I. Betriebs-und parzellenspezi sches Erosionsrisiko mit GELAN Daten darstellen
- II. Erosionsminderung von Massnahmen (Vergleich Vorher/Nachher) mit BORES Daten darstellen
- III. Benutzerfreundliches Programm für Beratung erstellen

Fachliche Diskussionen zu einzelnen Aspekten:

K-Faktor (Bodenfaktor) – ÖLN-Bodenanalysenresultate vom Betrieb. Integration und Neuberechnung ziemlich einfach.

R-Faktor (Niederschlag) – Übernahme aus ERK2

LS-Faktor – Neuberechnung. LS-Faktor-Berechnung mit Single-Flow-Algorithmus ist ungenauer als Ansatz aus ERK2 (Multi ow). Die ERK2 basiert jedoch auf dem veralteten Programm AV-Erosion, dessen Code nicht bekannt ist. V. Prasuhn meint, dass das Vergleichen von verschiedenen LS-Faktoren den Rahmen einer Bachelorarbeit sprengen würde und M. Zbinden am besten einen bestehenden Ansatz wählt und auf ihm aufbaut.

C-Faktor – Neuberechnung mit bestehendem Erosionsschlüssel für das Mittelland (Mosimann 1999). V. Prasuhn empfiehlt, den Erosionsschlüssel EDV zu brauchen (genauer als die Papierversion). Er ergänzt, dass die Berechnung des C-Faktors im Rahmen des Agrar-Umweltmonitorings neu implementiert wird. Der Code für den Erosionsschlüssel ist ebenfalls nicht zugänglich.

P-Faktor – wird eigentlich bis jetzt nur für Konturp ügen gebraucht (0.5) oder sonst Standardwert (1) bei P ug in Falllinie, ev. Varianten dazwischen mit Zwischenwerten. Dieser

Faktor könnte auch gebraucht werden, um den Einuss weiterer Erosionsmassnahme zu bestimmen, wurde aber bisher in der CH nicht angewendet.

Umsetzung in der Praxis:

Das zu entwickelnde Programm für die Beratung sollte so sein, dass der Berater situationsbezogen bestimmen kann, welche Wirkung eine erosionsmindernde Massnahme hat: Beispielsweise kann er für Wiesenstreifen entweder einen neuen Feldblock definieren oder für die hangabwärtsliegende Parzelle einen tieferen P-Wert definieren.

B. Strässle unterstreicht, dass für die Berater folgende Punkte ganz wichtig sind:

- Korrektur des Erosionsrisikos für Kunstwiesen
- Integration von aktuellen Bodenprobe-Daten

Die Teilnehmer der BDU Untergruppe sind sich einig, dass die Neuberechnung des Erosionsrisikos mit den geplanten Massnahmen sehr hilfreich sein kann. Eine Visualisierung des Resultats ist interessant für die Diskussion mit den Betriebsleitern.

B. Marbot erkundigt sich nach dem Umsetzungskonzept in die Beratung. Damit das Programm den Benutzerbedürfnissen entspricht, müssten die Umsetzungsfragen am Anfang der Bachelorarbeit geklärt werden. M. Zbinden meint, dass für das Erstellen einer Benutzeranleitung die Zeit wahrscheinlich zu knapp werde. Er könne aber jemanden in das Programm einarbeiten.

Nutzen für Bundesstellen:

T. Candinas wünscht, dass dieses Instrument auch getestet wird als Kontrolltool. Eventuell Integration des Formulars aus dem Bodenschutzmodul (obligatorisch ab 2014 in Erosionsfällen). C. Degen gibt zu bedenken, dass dies wohl den Rahmen sprengt und in einer folgenden Arbeit untersucht werden könnte.

Zone und Daten:

Die Datenzugänglichkeiten und eventuelle Ideen für die Datenablage werden diskutiert. Wegen zum Teil noch nicht verfügbaren digitalen Parzellenkarten wird empfohlen, sich für diese Arbeit auf 3 Kantone (Bern, Solothurn, Freiburg) zu beschränken.

M. Zbinden setzt sich mit P. Trachsel in Verbindung für die Daten des Kantons Bern und mit C. Hauert für Solothurn.

Begleitgruppe:

Volker Prasuhn (ART), Christine Hauert (SO), Adrian von Niederhäusern (IAG), Peter Trachsel (BE)

Wirksamkeit von Erosionsmassnahmen – V. Prasuhn informiert, dass ein Katalog „Wirksamkeit von Erosionsmassnahmen“ von der LfL (*Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft*) ausgearbeitet wurde und auf dem Internet zu Verfügung steht. Er beinhaltet zahlreiche sehr interessante Aufnahmen (Drohnenüberflüge), die die Wirksamkeit von erosionsmindernden Massnahmen nach starken Niederschlägen aufzeigen.

<http://www.lf.l-bayern.de/publikationen/schriftenreihe/051476/index.php>

3. Merkblatt – Bodenverdichtung vermeiden

Bettina Marbot (AGRIDEA) stellt die provisorische Version des neuen Merkblatts zur Bodenverdichtung vor (8 Seiten). Verschiedene Anpassungsvorschläge werden debattiert.

Das Merkblatt wird konkrete Massnahmen zur Vermeidung von Bodenverdichtung beinhalten (u.a. die Berechnung des Risikos mit www.terrano.ch).

Das Konzept des Merkblattes ist von einer Begleitgruppe (Weisskopf, Chervet, Stettler) entworfen worden. Eine ausgearbeitet Version wird zu einem späteren Zeitpunkt von Beratern evaluiert.

4. Nächste Sitzung

Die nächste Sitzung findet im Frühling statt. Eine Besichtigung zur Kartographie im Kanton Solothurn ist angesagt.

16h30 Schluss der Sitzung

PV: C. Degen, 29.11.2013