

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

Endbericht

MIT UNTERSTÜTZUNG VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION

BUNDEMINISTERIUM
FÜR NACHHALTIGKEIT
UND TOURISMUS


LE 14-20
Entwicklung für den Ländlichen Raum

Europäischer
Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des
ländlichen Raums:
Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete



Impressum

**Bundesamt für Wasserwirtschaft
Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
WPA – Beratende Ingenieure GmbH**

Medieninhaber und Herausgeber:
Bundesamt für Wasserwirtschaft
Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt
Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen, Österreich
baw.at/wasser-boden-ikt.at

Autoren: **Peter Strauss, Elmar Schmaltz, Carmen Krammer, Anna Zeiser, Christine Weinberger, Max Kuderna, Georg Dersch**

Zahl: 32-434/20

Fotos: BAW-IKT

Petzenkirchen, 2020. Stand: 31.01.2020

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtssprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an ikt@baw.at.

Inhalt

1	Erweiterte Zusammenfassung	5
1.1	Modellgrundlagen	5
1.2	Maßnahmenbewertung	6
1.3	Empfehlungen	18
2	Einleitung	19
3	Modellbeschreibung	20
3.1	Erosionsmodell - allgemein	20
3.2	Teilfaktoren des verwendeten Erosionsmodells	21
4	Ermittlung der Modellparameter	32
4.1	C-Faktor (SLR)	32
4.1.1	Landwirtschaftliche Kulturen	32
4.1.2	Anbautermine, Erntetermine, Erträge	34
4.1.3	Entwicklung der Bodenbedeckung durch die angebaute Feldfrucht	39
4.1.4	Berechnung der „Canopy Cover“	41
4.2	R-Faktoren	46
4.2.1	Jahres R-Faktoren	47
4.2.2	Jahreszeitlicher Verlauf der Erosivität	51
4.3	K-Faktoren	52
4.4	L-S Faktor	54
4.5	C-Faktor der R ² SLE	58
5	Berechnete Bodenabträge	68
6	Maßnahmenbewertung	73
6.1	Maßnahme „Mulch- und Direktsaat (inkl. Strip-Till)“	73
6.2	Potentielle Wirksamkeit	73
6.3	Aktuelle Wirksamkeit	74
6.4	Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“	80
6.4.1	Potentielle Wirksamkeit	80

6.4.2 Aktuelle Wirksamkeit.....	80
6.5 Maßnahme „Begrünung“.....	83
6.5.1 Potentielle Wirksamkeit.....	83
6.5.2 Aktuelle Wirksamkeit.....	84
6.6 Maßnahme Erosionsschutz im Weinbau.....	88
6.6.1 Potentielle Wirksamkeit.....	88
6.6.2 Aktuelle Wirksamkeit.....	89
6.7 Maßnahme Erosionsschutz im Obstbau	94
6.7.1 Potentielle Wirksamkeit.....	94
7 Limits und Beschränkungen des Modellansatzes	98
7.1 Anteile der erfassten Schläge an der Gesamtfläche.....	98
7.2 Repräsentativität der berechneten Modellfaktoren.....	98
7.3 Aussagekraft der R ² SLE.....	99
7.3.1 $\hat{\sigma}$ Genauigkeiten durch den Ausgangsdatensatz	100
7.3.2 Seltene Kombinationen aus Feldfrucht und ÖP _L -Maßnahme	100
8 Geschätzte Corg-Verluste bei Berücksichtigung der Einschränkungen des Modellansatzes.....	101
9 Literatur	103
10 Anhang.....	110

1 Erweiterte Zusammenfassung

Bodenerosion ist eines der großen Probleme des Bodenschutzes in Österreich und Europa. Dies wird durch zahlreiche Publikationen über das Ausmaß und die Verbreitung der Bodenerosion belegt. In Österreich werden im Rahmen von ÖP²L seit dem Jahr 1995 Maßnahmen vorgeschlagen, die eine Reduktion der Bodenerosion bewirken sollen.

Um großflächige Aussagen über die Wirkung dieser Maßnahmen auf das Ausmaß der Bodenerosion tätigen zu können, werden in der Regel Erosionsmodelle verwendet. Die Qualität der erhaltenen Ergebnisse hängt dabei im Wesentlichen von der Kombination aus theoretischem Modellansatz und Qualität der für den Modelleinsatz verwendeten Eingangsdaten ab.

Um für österreichische Verhältnisse eine solide Bewertungsbasis für die Berechnung der Bodenerosion durch Wasser zu erreichen und die Wirkung von Erosionsschutzmaßnahmen im ÖP²L Programm realistisch zu bewerten, wurde das Projekt „Bodenerosion in Österreich – Eine nationale Berechnung mit regionalen Daten und lokaler Aussagekraft für ÖP²L“ initiiert, dessen Ergebnisse nun mit diesem Bericht vorgelegt werden.

1.1 Modellgrundlagen

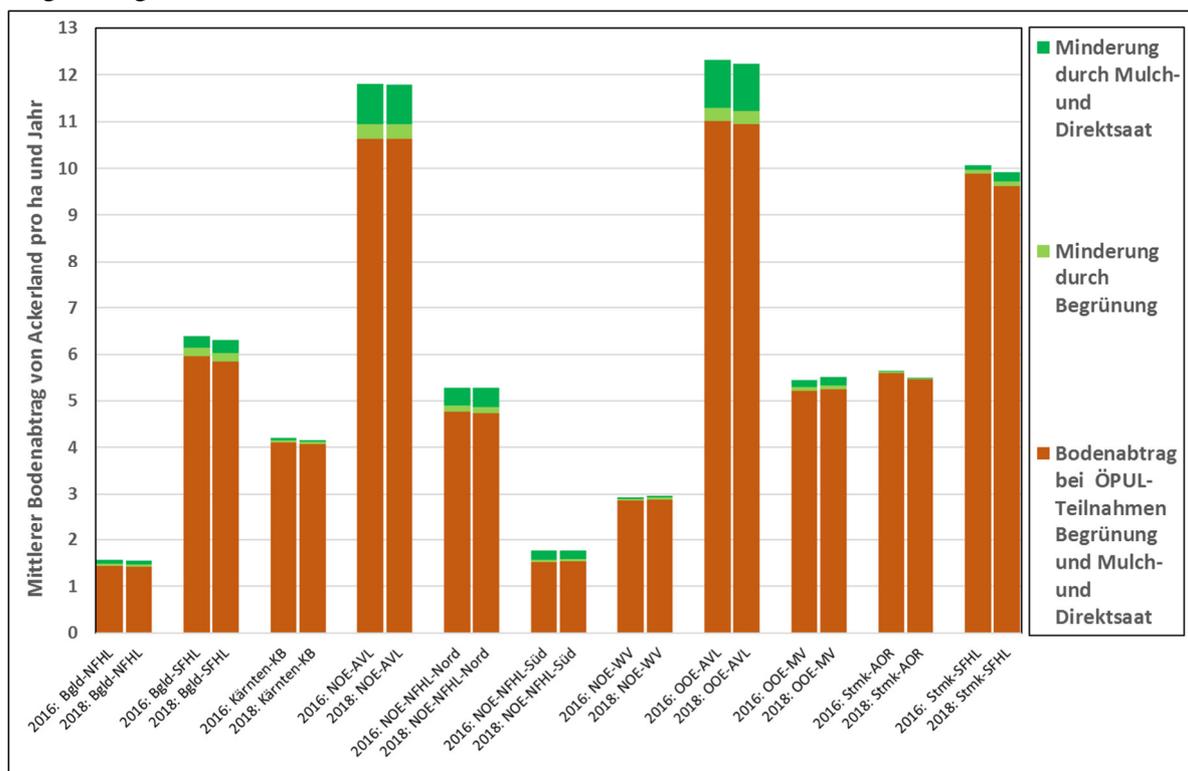
Die Bodenabträge für alle Schläge in Österreich wurden mit dem empirischen Modell Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) berechnet. Diese setzt sich aus verschiedenen Teilfaktoren zusammen, welche als Produkt den mittleren Bodenabtrag in Tonnen pro Hektar und Jahr liefern. Die einzelnen Teilfaktoren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

herangezogen. Die Qualität der Aussage, die mit Modellen - im vorliegenden Fall der R² SLE - erreicht werden kann, hängt dabei ganz wesentlich von der Qualität der Eingangsdaten für das Modell zusammen.

1.2 Maßnahmenbewertung

Betrachtet man alle Ackerflächen unter Einbeziehung aller untersuchten Maßnahmen (Mulch-Direktsaat, Biologische Bewirtschaftung, Begrünung) so errechnet sich ein mittlerer jährlicher Bodenabtrag von 5,8 t/ha. Dieser Wert verringert sich durch Einbeziehung aller landwirtschaftlich genutzten Flächen (inkl. Grünland, Wein- und Obstbau) auf 3,9 t/ha.

Eine Zusammenschau der Wirksamkeit aller untersuchten Maßnahmen im Ackerbau ergibt – je nach betrachteter Maßnahme (Biologische Wirtschaftsweise, Begrünung bis Spätherbst; Begrünung über den Winter mit oder ohne anschließender Mulch- und Direktsaat) die in



dargestellte Reduktion des Bodenabtrags. Dabei gehen verschiedene ÖPUL-Maßnahmen in diese Auswertung entsprechend dem Anteil der Teilnahmefläche an der Gesamtfläche ein, je höher der Anteil, umso stärker wirkt dies mindernd auf den mittleren Bodenabtrag. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Topographie liegen die mittleren Bodenabträge in den Regionen zwischen 1,2 bis 11 t pro ha und Jahr. Die höchsten Bodenabträge wurden für das Alpenvorland Ober- und Niederösterreichs berechnet; in diesen Regionen wird der Bodenabtrag wegen der überdurchschnittlichen Teilnahme an Begrünung und vor allem an Mulch- und Direktsaat im

Mittel um über 1 Tonne pro ha und Jahr vermindert. Relevante Verminderungen des mittleren Bodenabtrags werden auch im Weinviertel und im Südburgenland erzielt. Wegen der nur geringen Wirkung in den Ebenen (Nordburgenland, südliches Niederösterreich) und den unterdurchschnittlichen Teilnahmeraten in den anderen Regionen vermindern die Maßnahmen Begrünung sowie Mulch- und Direktsaat den Bodenabtrag nur wenig bis gar nicht.

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

Die Ergebnisse sind von Jahr zu Jahr gut reproduzierbar, wie die weitgehend gleich hohen mittleren Bodenabträge in den beiden ausgewerteten Jahren zeigen.

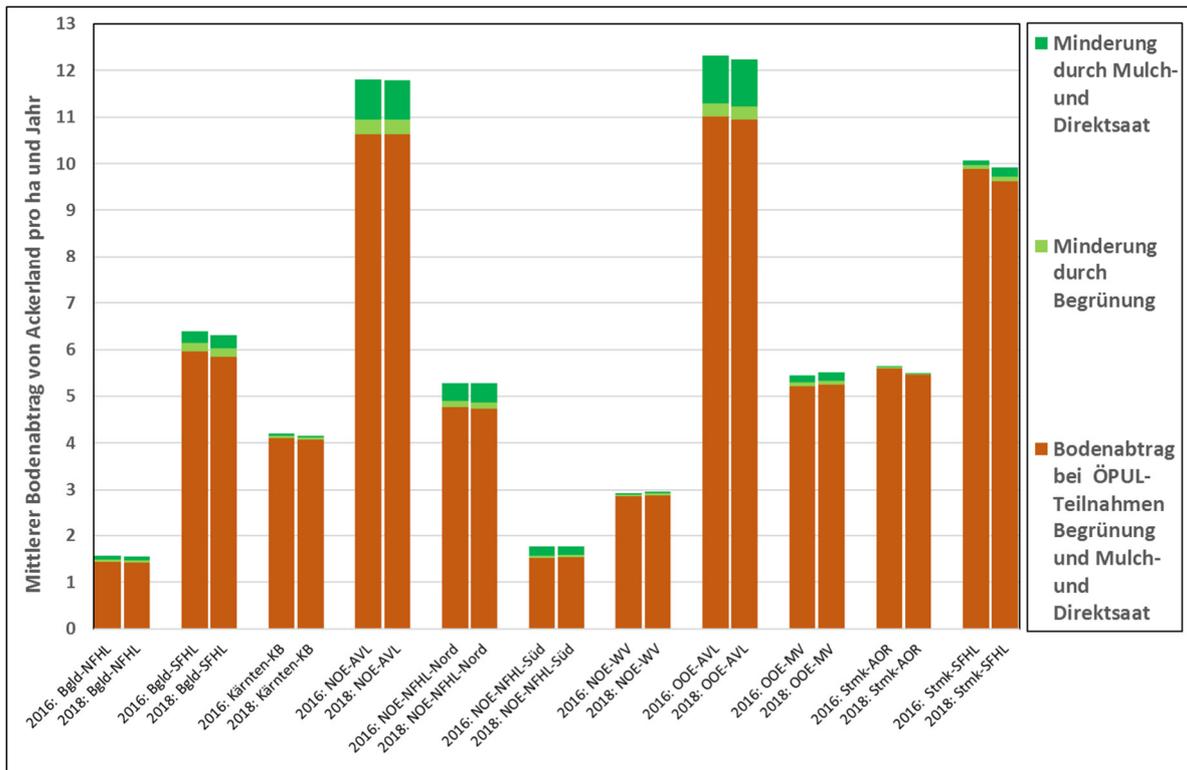
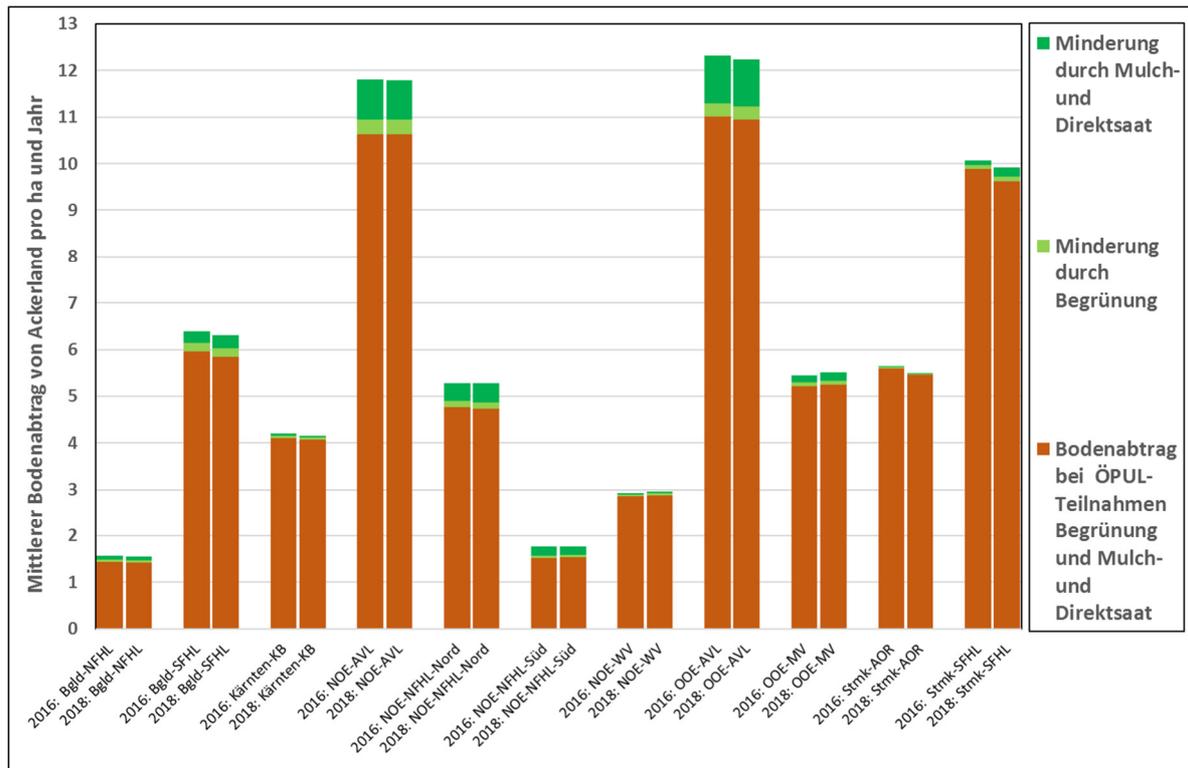


Abbildung 1: Mittlerer Bodenabtrag 2016 und 2018 pro ha und Jahr auf Ackerland in den flächenmäßig bedeutenden Ackerbaugebieten (1,241 Mill. ha einbezogen).

Hinsichtlich der Bewirtschaftungsform (Biologische Wirtschaftsweise. vs. Konventionelle Bewirtschaftung) wirken primär die unterschiedlichen Anteile erosionsmindernder Feldfrüchte wie Klee gras, Luzerne (inkl. Grünbrache) und erosionsgefährdeter Kulturen wie Mais, Soja, Zuckerrübe, Kartoffeln, usw. auf den Bodenabtrag. Insbesondere im ober- und niederösterreichischen Alpenvorland, in der Südsteiermark und im Mühlviertel trägt dies zu deutlich niedrigeren Bodenabträgen unter biologischer Bewirtschaftung bei (



2). Durch die höhere Teilnehmerate im Alpenvorland bei Mulch- und Direktsaat wurde dieser Unterschied um etwa 1 Tonne pro ha und Jahr bei konventioneller Bewirtschaftung vermindert, liegt jedoch im Mittel um etwa 15-20% über den Bodenabträgen bei biologischer Bewirtschaftung. In den Ebenen und Beckenlagen sind die Unterschiede nicht so stark ausgeprägt, und im Südburgenland liegt kein Unterschied wegen des gleich hohen Anteils erosionsgefährdeter Kulturen vor. Österreich weit ergab der Vergleich konventionell bewirtschafteter Ackerflächen mit biologischer Bewirtschaftung mittlere jährliche Bodenabträge von 6,9 t/ha (konventionell) und 3,7 (biologisch). Der hohe Anteil von 35% Bioackerfläche in den Ebenen im Nord-Bgld. und Südl. NÖ trägt wesentlich zu diesem Gesamtergebnis bei, plausible Erklärungen der Unterschiede erfordert die Betrachtung aller Einflussgrößen auf regionaler Ebene.

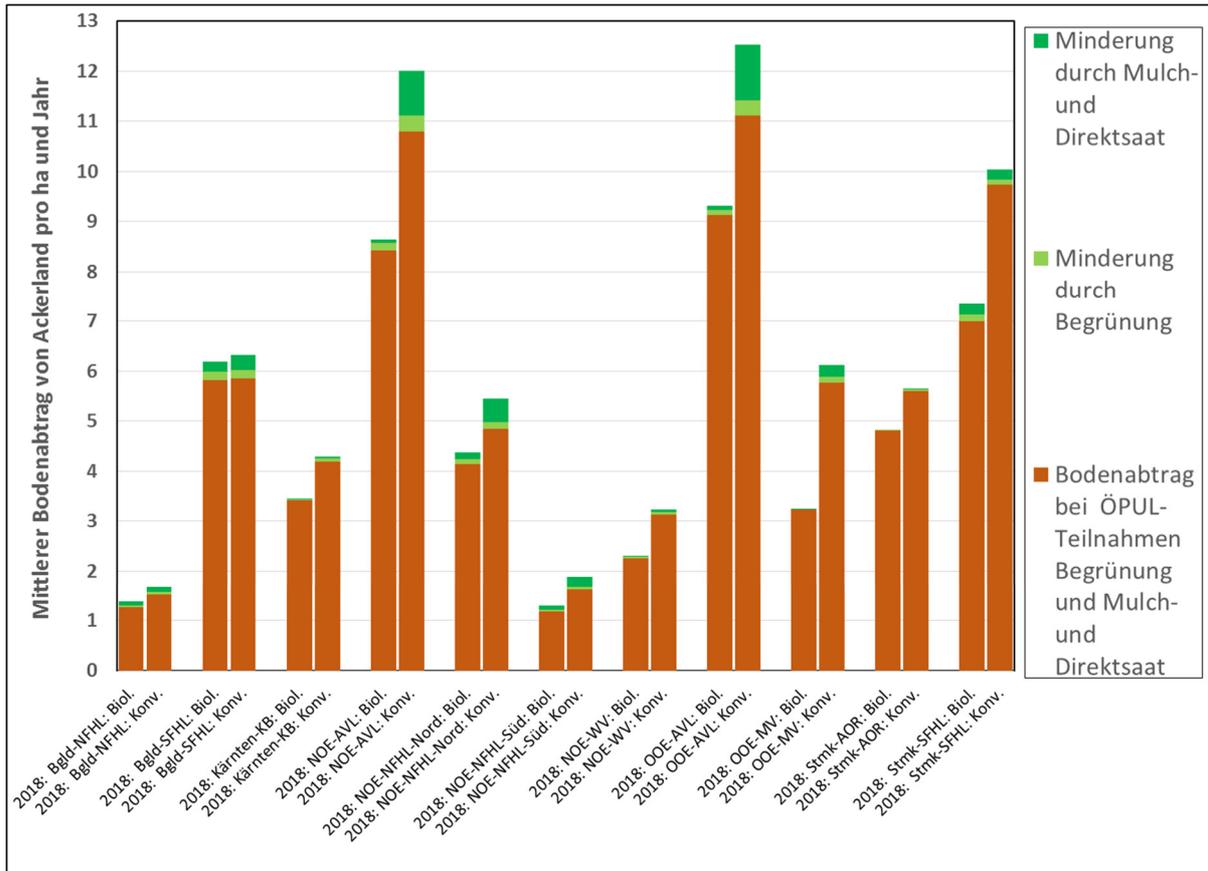


Abbildung 2: Mittlerer Bodenabtrag pro ha und Jahr für das Jahr 2018 bei biologischer und konventioneller Wirtschaftsweise auf Ackerland in den relevanten Ackerbaugebieten (1,241 Mill. Ha einbezogen).

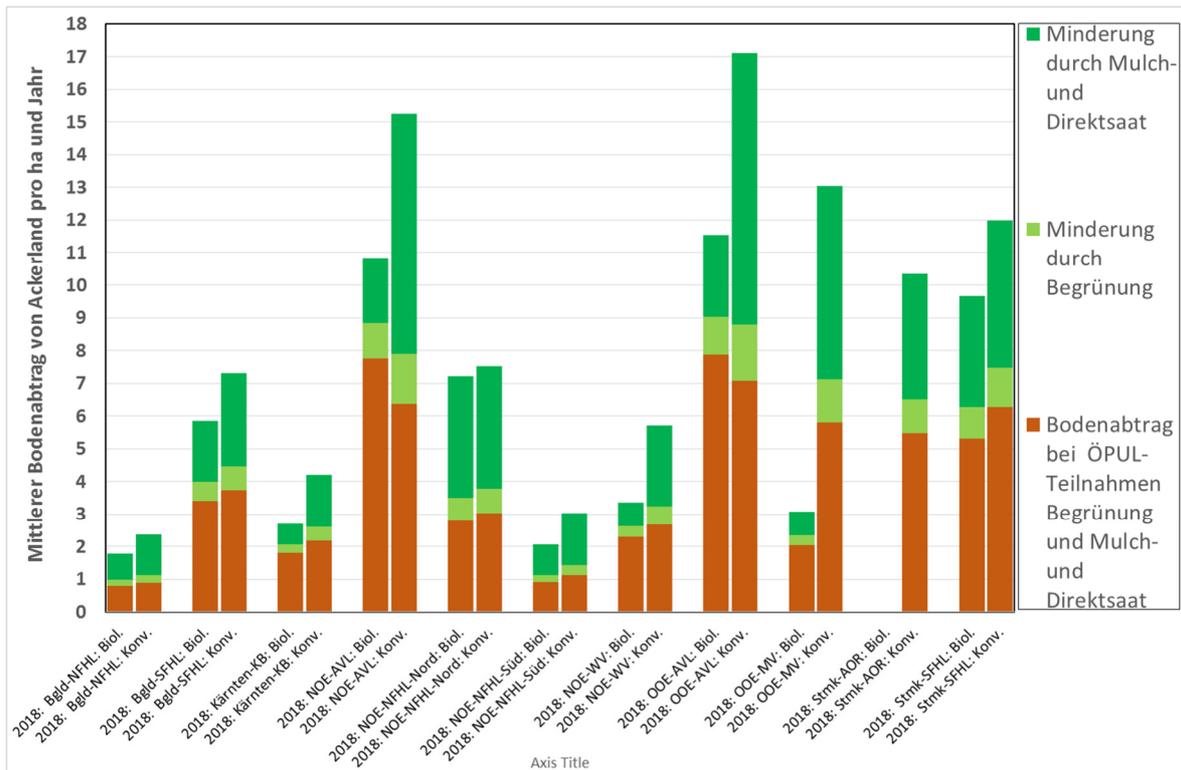


Abbildung 3: Verminderung der mittleren Erosion pro ha im Jahr 2018 auf Ackerland bei biologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf den Flächen mit Begrünung und anschließender Mulch- und Direktsaat; in der Region Stmk-AOR wurde keine Mulch-Direktsaat ausgewiesen.

Für die Bewertung der ÖPUL-Maßnahmen ist die erosionsmindernde Wirkung auf der konkreten Einzelfläche heranzuziehen. Die bei dieser Betrachtung insgesamt höheren potentiellen Bodenabträge in den Regionen kommen zustande, weil nur die Flächen mit erosionsgefährdeten Feldfrüchten erfasst werden, für welche die Mulch- und Direktsaat zusätzlich beantragt wurde (Abbildung 3). Bei konventioneller Bewirtschaftung im Alpenvorland (NÖ und OÖ) und im Mühlviertel werden die erosionsmindernden Maßnahmen auf besonders gefährdeten Flächen umgesetzt, weil dort die höchsten Minderungen der Bodenabträge erfolgen. Die Bodenabträge bei konventioneller und biologischer Bewirtschaftung gleichen sich an, vereinzelt liegen diese bei konventioneller Bewirtschaftung auch niedriger, weil bei biologischer Bewirtschaftung bei Mulch- und Direktsaat zusätzliche Bodenbearbeitung durch Hacken bei der Ermittlung des C-Faktors (Bodenbedeckung) einbezogen wurde, wodurch die erosionsmindernde Wirkung abgeschwächt wird. Im Biolandbau wird deshalb an der Etablierung von praxistauglichen Mulch- und Direktsaatverfahren mit deutlicher Verminderung des Hackens intensiv gearbeitet. Durch die Mulch- und Direktsaat kann der Bodenabtrag auch auf gefährdeten Lagen auf ein tolerierbares Ausmaß vermindert werden. Allerdings muss dabei jedenfalls eine ausreichende Bodenbedeckung mit einer Mulchschicht gegeben sein. Erst wenn eine flächenmäßig deutliche Ausweitung dieser Maßnahme erfolgt, können auch die mittleren Bodenabträge innerhalb der Regionen deutlich vermindert werden.

In

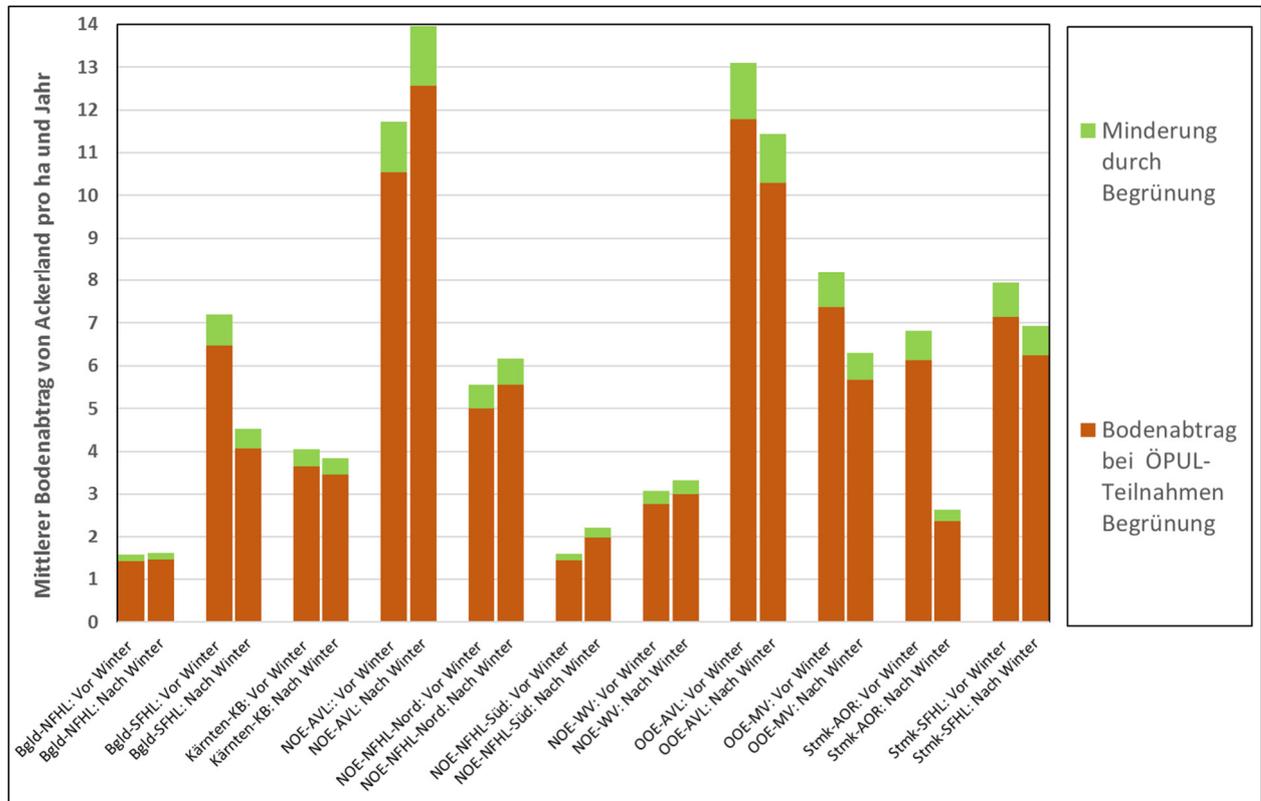


Abbildung 4 sind die erosionsmindernden Effekte auf den weiteren aktiv begrüneten Flächen dargestellt, wobei vor allem die Flächen mit \geq mbruch der Begrünung im Herbst erfasst sind und die Begrünungen mit \geq mbruch im Frühjahr, bei denen anschließend keine Mulch- oder Direktsaat folgt. Wenn der Anbau der Begrünung nicht zu den spätestmöglichen Terminen und deren \geq mbruch nicht zu den frühestmöglichen Zeitpunkten laut den Verpflichtungen erfolgt, und somit mit der um einige Wochen längeren Begrünungsperiode eine intensivere

Durchwurzelung und höhere Biomassebildung erreicht wird, kann damit der Bodenabtrag um etwa 10% vermindert werden.

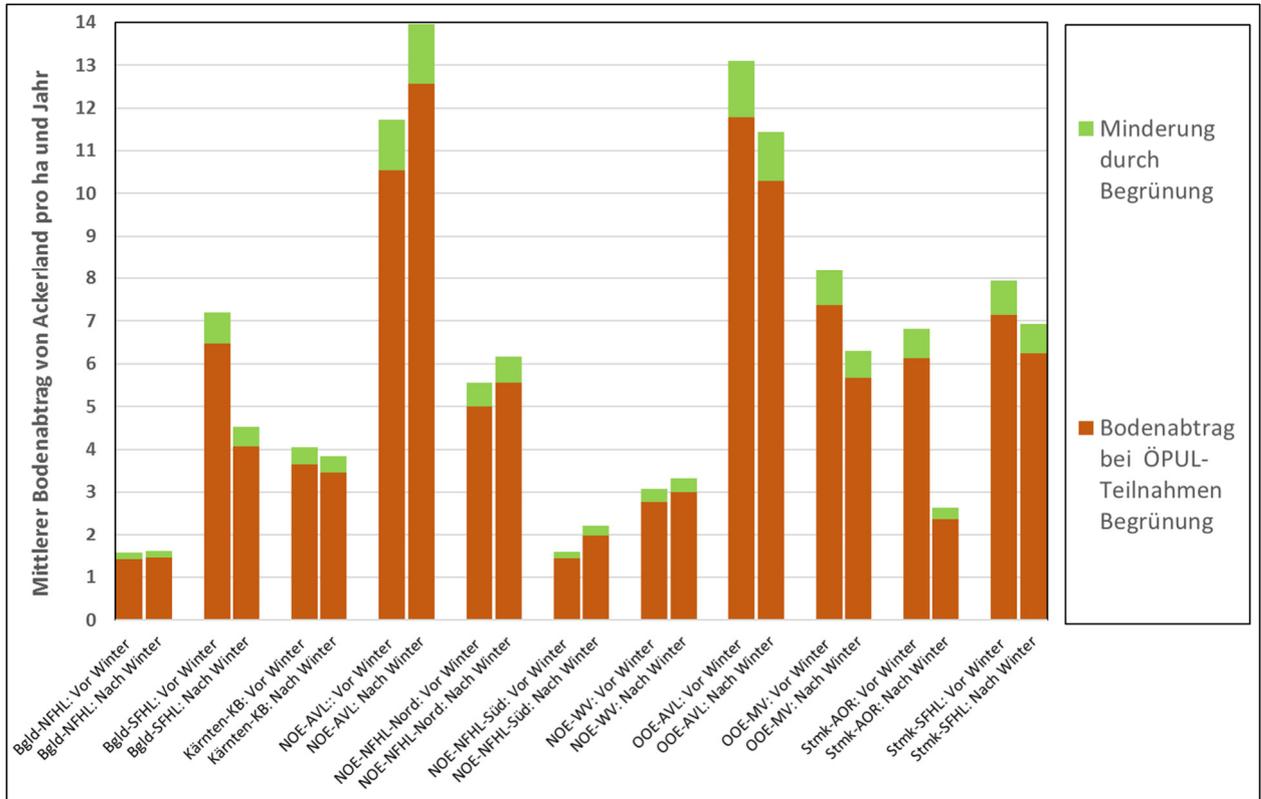


Abbildung 4: Verminderung des Bodenabtrages auf den begrüneten Ackerflächen im Jahr 2018, Begrünungsumbruch vor oder nach dem Winter

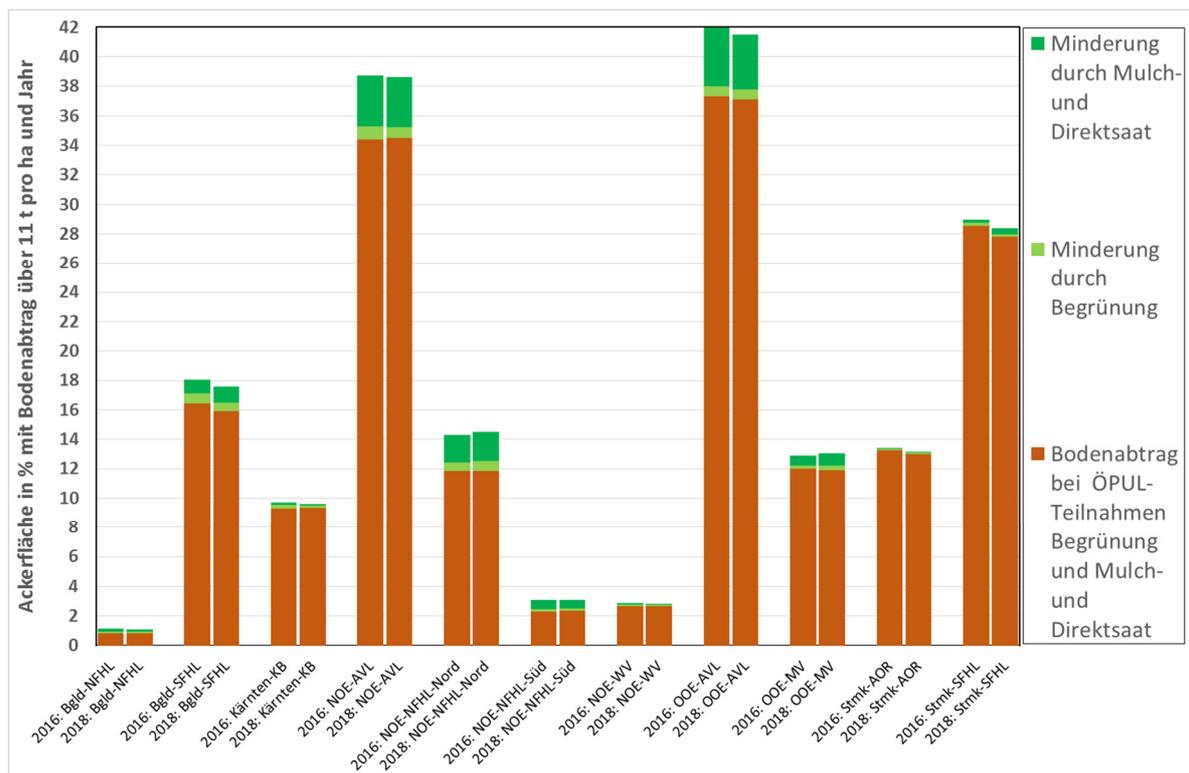


Abbildung 5: Anteile der Ackerfläche mit über 11 t Bodenabtrag pro ha und Jahr sowie die Minderung dieser Anteile durch Begrünung und Mulch- und Direktsaat in den flächenmäßig bedeutenden Ackerbaugebieten (1,241 Mill. ha einbezogen).

In den besonders erosionsgefährdeten Regionen des Alpenvorlandes ergeben sich bei aktueller Kulturartenverteilung auf etwa 34 - 37% der Ackerfläche mittlere Bodenabträge von über 11 t pro ha und Jahr. Durch die angebotenen Maßnahmen wird dieser besonders gefährdete Anteil um etwa 4% reduziert.

Im Südosten der Steiermark liegt der Anteil mit etwa 28% niedriger, relevante Verminderungen sind jedoch wegen der niedrigen Teilnahmeflächen nicht gegeben. Es ist darauf zu verweisen, dass dort erosionsmindernde Maßnahmen wie z.B. Pflugverzicht, seichtes Einarbeiten des Maisstrohs und Begrünungen zunehmen, wofür jedoch aus unterschiedlichsten Gründen nicht an den angebotenen Maßnahmen teilgenommen wird. Dies wird daher nicht in den INVEKOS-Daten und in Rahmen des Erosionsmodells erfasst.

In den anderen Gebieten, mit Ausnahme der Ebenen, überschreiten 9 – 16% der Ackerfläche einen Bodenabtrag von 11 t ha und Jahr; dort sind 1-2%ige Rückgänge dieser Flächen beim aktuellen Umfang der Maßnahmenumsetzung feststellbar. In den ebenen Regionen weisen nur 1-2% der Flächen einen so hohen Bodenabtrag auf, diese sollten jedoch nicht unbeachtet bleiben. Vielmehr gilt es für diese nun als besonders gefährdet definierten Flächen effektive Erosionsschutzmaßnahmen zu setzen.

Obwohl die Ackerflächen in den übrigen Regionen flächenmäßig keine so große Rolle spielen, stellen die überdurchschnittlich hohen mittleren Bodenabträge in den Voralpen mit 9-13 t pro ha und Jahr und am Alpenostrand im Bgld. und NÖ mit 7 t pro ha und Jahr eine nicht zu unterschätzende Gefährdung dar (Abbildung 5a). Wegen des nur geringen Flächenausmaßes werden die erosionsmindernden Maßnahmen kaum umgesetzt, sodass sich nur geringe Minderungen des Bodenabtrages ergeben. Die Flächenanteile mit jährlichen Bodenabträgen über 11 t pro ha liegen in derselben Größenordnung wie in den anderen Regionen, mit 37% in den oberösterreichischen Voralpen und 18-23% am Alpenostrand und in den Voralpengebieten in NÖ und Salzburg.

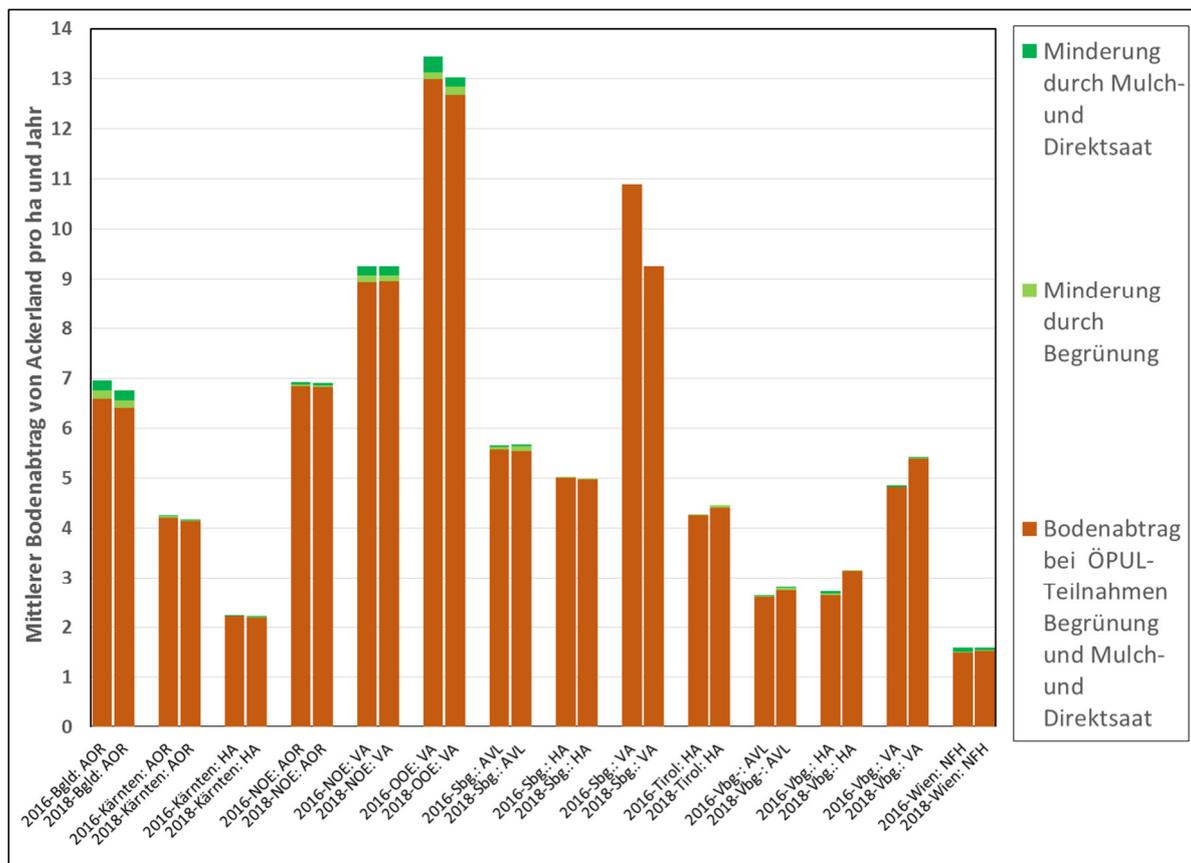


Abbildung 5a: Mittlerer Bodenabtrag 2016 und 2018 pro ha und Jahr auf Ackerland in den flächenmäßig wenig bedeutenden Ackerbaugebieten (0,073 Mill. ha einbezogen).

Der Weinbau wird im Vergleich zum Ackerbau generell auf höher erosionsgefährdeten Lagen betrieben. Das Erosionspotential übertrifft jenes der Ackerflächen deutlich. Daher hat in den letzten 2-3 Jahrzehnten ein bodenschonendes Begrünungsmanagement große Bedeutung gewonnen. Auch in den trockenen Regionen im Nordosten zählt der Erosionsschutz mittels Begrünungen bereits zum Standard. Es ist nicht generell davon auszugehen, dass auf jenen Flächen, für die keine Teilnahme am Erosionsschutz beantragt wurde, das ganze Jahr hindurch ein offen gehaltenen Boden vorliegt. Viele Betriebe haben nur wenige Weinflächen, andere Betriebe wollen eine flexiblere Praxis beim Bodenmanagement. Daher sind die Auswertungen

zum Weinbau und Obstbau vor allem in Gebieten, die aufgrund ausreichender Niederschläge fast durchwegs eine ganzjährige Begrünung der Fahrgassen aufweisen, mit Vorsicht zu interpretieren. Ein diesbezüglich wesentliches HPG ist das steirische SFHL, in dem die Wein- und Obstbauflächen praktisch zu 100% ganzjährige Begrünung aufweisen.

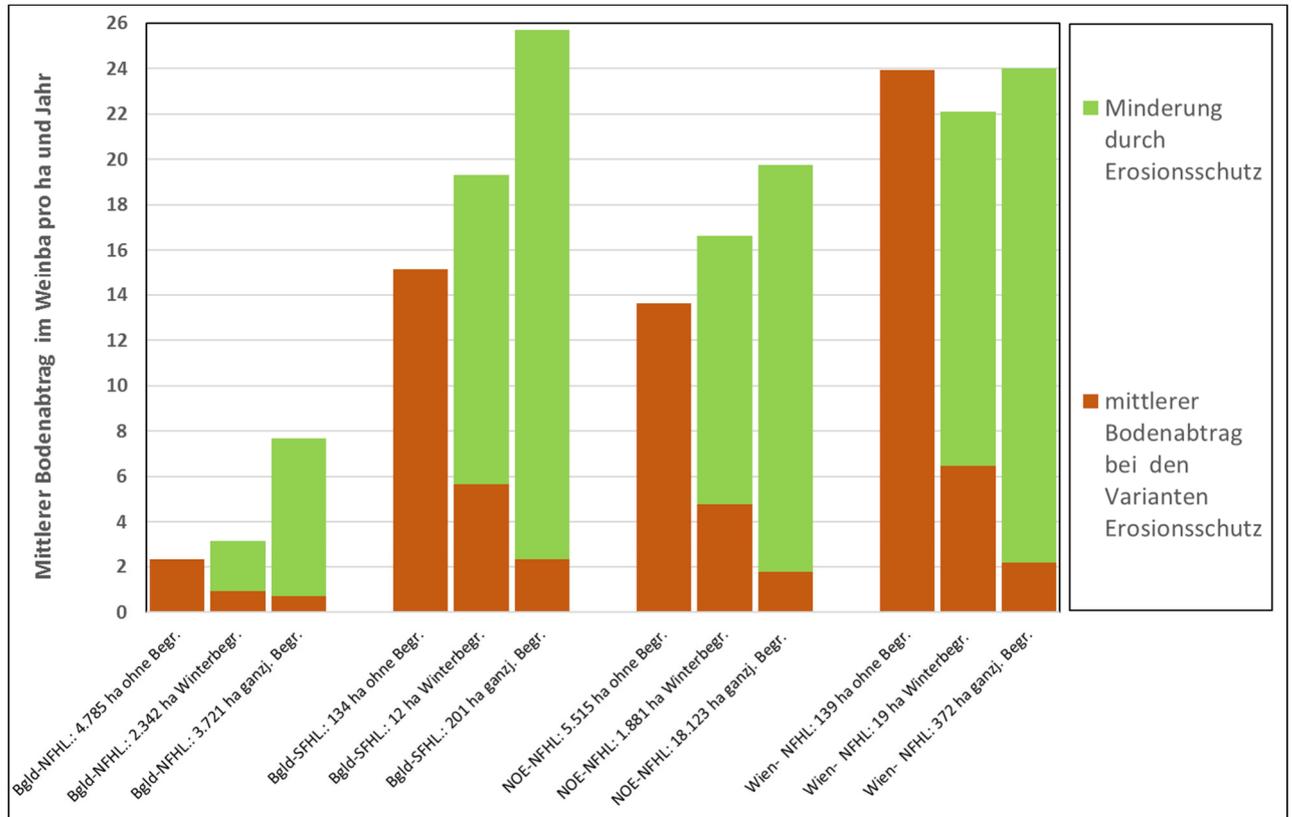


Abbildung 4: Mittlerer Bodenabtrag im Weinbau 2018 in ausgewählten Regionen: Potential und Minderung durch Erosionsschutzvarianten

Wie aus der Abbildung 4 ersichtlich, wird zumeist auf den Flächen nicht am Erosionsschutz teilgenommen, die eine geringeres Erosionspotential aufweisen. Die Maßnahmen haben eine hohe Wirkung: Mit der unterstellten Praxis wird der Bodenabtrag mit der Winterbegrünung, die nach dem 1. Mai flexibel gemanagt wird, um 70% vermindert und mit der ganzjährigen Bodenbedeckung mittels Begrünung um 90%. In der Südsteiermark liegt die potentielle mittlere Erosionsgefährdung laut ÖP²L und Modellannahmen auf einem Niveau von ungefähr 70 t pro ha und Jahr. In der Realität sind allerdings praktisch alle Wein- und Obstbauflächen in dieser Region ganzjährig begrünt. Der im Modell für diese Flächen ausgewiesene Bodenabtrag mit ganzjähriger Begrünung liegt dann in einem Bereich von 7 t pro ha und Jahr.

Im Obstbau wird durch die aktuelle Teilnahme am Erosionsschutz mit ganzjähriger Begrünung der mittlere Bodenabtrag auf etwa 4,8 t pro ha und Jahr vermindert, was einer Reduktion der

potentiellen von 63% entspricht. Bei 100%iger Teilnahme ergäbe sich ein mittlerer Bodenabtrag von 4 t pro ha und Jahr.

Bei der Nutzung als Grünland gibt es keine Verbesserungsmöglichkeiten in der Bewirtschaftung hinsichtlich des Bodenabtrages, der C-Faktor wird generell mit 0,01 angenommen. Der Bodenabtrag hängt daher ausschließlich von der Bodenart (K-Faktor), der Hangneigung und –länge (LS-Faktor) und der Intensität der erosiven Niederschläge (R-Faktor) ab.

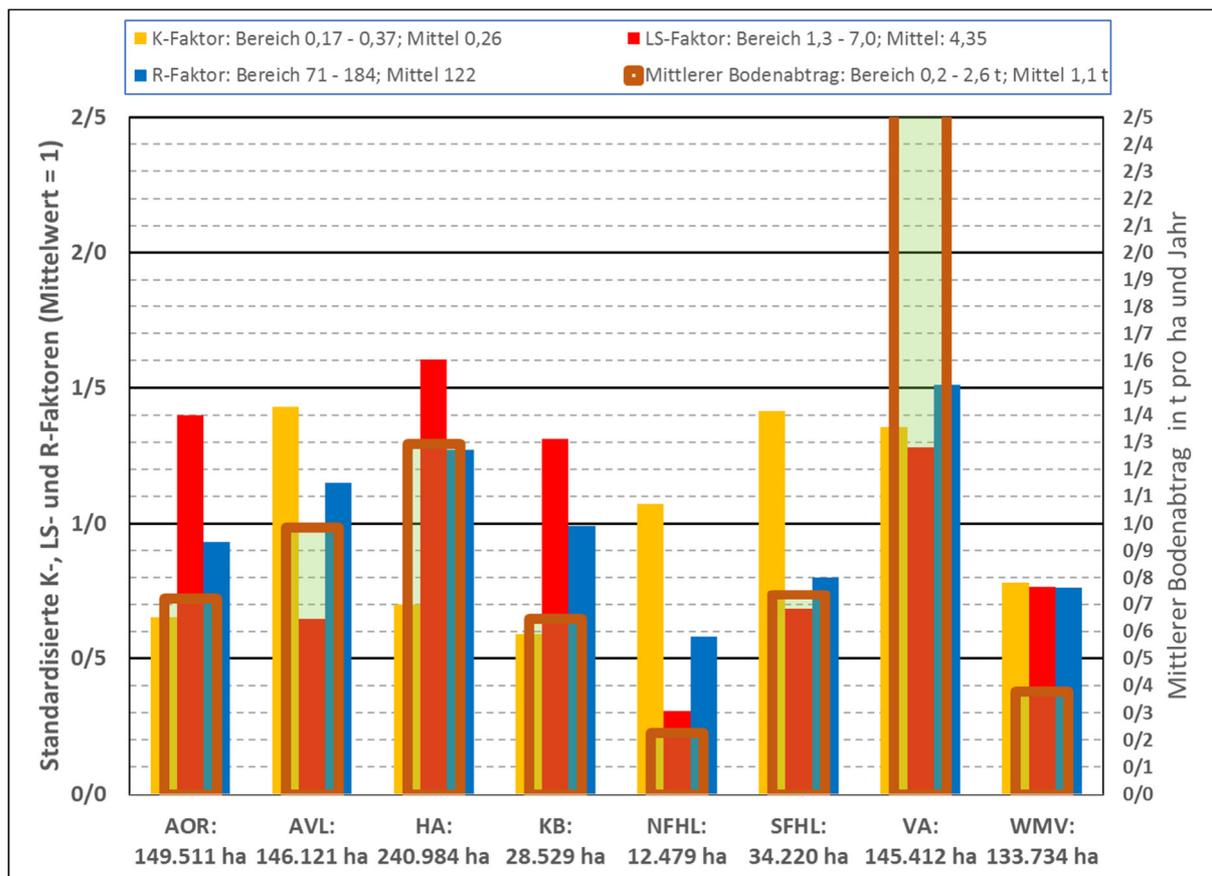


Abbildung 5a: Mittlerer Bodenabtrag im Grünland sowie die Faktoren der Bodenerosion in den acht Hauptproduktionsgebieten 2018

Wegen der deutlich überdurchschnittlichen Werte bei den 3 Faktoren in den Voralpen liegt in dieser Region der mittlere Bodenabtrag bei 2,6 t pro ha und Jahr, überdurchschnittliche Bodenabträge von 1,3 t pro ha und Jahr werden noch für die Hochalpen, vor allem wegen des steilen Geländes ausgewiesen (Abbildung 6a). In allen übrigen HPG weist das Grünland mittlere Bodenabträge unterhalb des Österreich weiten mittleren Bodenabtrages von 1,1 t pro ha und Jahr auf. Bei den aktuellen Problemen im Grünland hinsichtlich der Beschaffenheit

der Grasnarbe wegen der Trockenheit & Hitze und des Engerlingsbefalls ist eine rasche Gründlanderneuerung entscheidend.

1.3 Empfehlungen

Die Bedeutung des Erosionsschutzes nimmt zu, vor allem auf Grund der zunehmenden Niederschläge mit hoher erosiver Wirkung und der unverändert steigenden Feldfrüchte mit geringerer Bodenbedeckung im Frühjahr und Frühsommer. Wegen der zugleich früheren Erntetermine bei Getreide ist zukünftig auch auf eine raschere Bodenbedeckung über den Sommer zu achten, weil erosive Niederschläge bis in den September hinein möglich sind. Der Erosionsschutz sollte dabei auf Grundlage der potentiellen Gefährdung des Schlages erfolgen und bei somit höherer Effektivität auch höher abgegolten werden. Die hier vorliegende Studie ermöglicht die schlagbezogene Bewertung des Erosionspotentials. Sie liefert auch die Grundlage für eine regelmässige Neubewertung der Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen im ÖP²L Programm. So wie es gezielte Weiterbildungsverpflichtungen zu Biodiversität und Grundwasserschutz gibt, sind auch solche zum Erosionsschutz einzurichten. Die Auswertung der Effektivität der untersuchten Maßnahmen auf Ackerflächen hat gezeigt, dass jene Maßnahmen, die potentiell eine hohe Wirksamkeit für Einzelschläge aufweisen (Mulchsaat – Direktsaat – Strip-Till) aktuell eine zu geringe Teilnahmequote aufweisen, um auch regional eine deutliche Reduktion des Bodenabtrags zu erreichen. Hier sind Maßnahmen anzudenken, die zukünftig eine höhere Teilnahme bewirken.

2 Einleitung

Bekanntermaßen ist Bodenverlust durch Erosion eines der großen Probleme des Bodenschutzes in Österreich und Europa. Dies kann durch zahlreiche Publikationen über das Ausmaß und die Verbreitung der Bodenerosionsproblematik dargestellt werden. Auch die von der Europäischen Union propagierte doch letztendlich zurückgezogene Europäische Bodenrahmenrichtlinie wies die Bodenerosion als eine der 8 Bedrohungen des Bodens aus.

In Österreich werden im Rahmen von ÖPÖL seit dem Jahr 1995 Maßnahmen vorgeschlagen, die eine erosionsmindernde Wirkung aufweisen. Um den Effekt dieser Maßnahmen bewerten zu können, muss einerseits die potentielle Wirkung einer Maßnahme bekannt sein, also um wieviel verringert sich der Bodenabtrag im Vergleich zur Situation ohne Maßnahmeneinsatz. Andererseits ist die tatsächliche Höhe des Bodenabtrags von Bedeutung, um eine Gefährdung bestimmter Flächen überhaupt erst darstellbar zu machen.

Aufgrund der Komplexität des Erosionsprozesses sind Messungen des Bodenabtrags auf relativ kleine Flächen beschränkt. Um großflächige Aussagen über das Ausmaß der Bodenerosion tätigen zu können, werden daher in der Regel Simulationsmodelle verwendet. Die Verwendung von Modellen ist ihrerseits allerdings auch mit einer Reihe von Nachteilen verbunden, sodass Modellanwendungen immer kritisch zu hinterfragen sind. Im Wesentlichen ist dabei die Güte einer Aussage abhängig von der Kombination aus theoretischem Modellansatz und Qualität der Eingangsdaten.

Um für österreichische Verhältnisse eine solide Bewertungsbasis für die Berechnung der Bodenerosion durch Wasser zu erreichen und die Wirkung von Erosionsschutzmaßnahmen im ÖPÖL Programm realistisch zu bewerten, wurde das Projekt „Bodenerosion in Österreich – Eine nationale Berechnung mit regionalen Daten und lokaler Aussagekraft für ÖPÖL“ initiiert, dessen Ergebnisse nun mit diesem Bericht vorgelegt werden.

3 Modellbeschreibung

3.1 Erosionsmodell - allgemein

Der hier vorgestellte Berechnungsmodus basiert auf einer leicht veränderten Form der Revised Universal Soil Loss Equation (Renard et al., 1997, RUSLE). Die RUSLE wiederum basiert auf den grundlegenden Arbeiten von Wischmeier und Smith (1978, USLE). Eine wesentliche Weiterentwicklung der RUSLE im Vergleich zur USLE besteht in der Erweiterung der Möglichkeiten, um die Wirkung von Management und die Bearbeitung der Feldfrüchte genauer erfassen zu können.

Ergebnis dieser Berechnung ist ein langjähriger durchschnittlicher Bodenabtrag eines bestimmten Schlages. Durch Multiplikation verschiedener Faktoren erhält man einen jährlichen durchschnittlichen Bodenabtrag (1).

$$A = C \cdot R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot P \quad (1) \text{ Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)}$$

A – durchschnittlicher jährlicher Bodenabtrag in $\left[\frac{\text{Tonne}}{\text{ha} \cdot \text{Jahr}}\right]$

R – Niederschlagsfaktor $\left[\frac{\text{MJ} \cdot \text{mm}}{\text{ha} \cdot \text{Stunde} \cdot \text{Jahr}}\right]$

K – Bodenfaktor $\left[\frac{\text{t} \cdot \text{ha} \cdot \text{Stunde}}{\text{ha} \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm}}\right]$

L – Hanglänge [-]

S – Hangneigung [-]

C – Management [-]

P – Schutzmaßnahmen (Bearbeitung) [-]

Die RUSLE verwendet Berechnungsschritte von 15-Tage-Intervallen. In diesem Zeitraum werden alle Bedingungen als konstant angesehen. Im Gegensatz dazu werden hier alle Berechnungen in Tagesschritten durchgeführt. Der Hauptgrund dafür liegt in der Automatisierung des Berechnungsalgorithmus. Die Berechnung in Tagesschritten erlaubt es, flexibler in der Fruchtfolgeberechnung zu sein. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass durch diese Änderung in kleinere Zeitschritte für die Berechnung keine höhere Genauigkeit der Ergebnisse zu erwarten ist. Da die RUSLE in den USA entwickelt worden ist, werden die ursprünglichen US-Einheiten in allen Formeldarstellungen verwendet, eine Umrechnung in SI Einheiten erfolgt jeweils nach Anwendung einer Formel, um zu einer international gültigen Ergebnisdarstellung zu gelangen. In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Berechnungsalgorithmen dargestellt, um bei Bedarf einen Überblick über die verwendeten Formeln und Parameter des Modells zu erhalten.

3.2 Teilfaktoren des verwendeten Erosionsmodells

2.2.1 C-Faktor

Der C-Faktor einer Fruchtfolge wird als durchschnittlicher täglicher Bodenabtrag gewichtet durch die tägliche Erosivität des Niederschlags berechnet

$$C = \frac{1}{\sum_{d=0}^l EI_d} \cdot \sum_{d=0}^l SLR_d \cdot EI_d \quad (2) \text{ C-Faktor}$$

EI_d – Erosivität des Niederschlags, Summe an Tag d

SLR_d – Anteil Bodenabtrag an Tag d

l – gesamte Dauer der Fruchtfolge in Tagen

Der durchschnittliche tägliche Bodenabtrag (soil loss ratio = SLR) unter gegebenen Bedingungen wird berechnet durch Multiplikation einer Reihe von Subfaktoren die den Einfluss verschiedener Managementeffekte wiedergeben. Alle Subfaktoren haben einen Wertebereich von 0 (absoluter Schutzeffekt gegeben) bis 1 (kein Schutzeffekt gegeben).

$$SLR_d = PLU_d \cdot CC_d \cdot SC_d \cdot SR_d \quad (3) \text{ Berechnung Subfaktoren}$$

PLU_d – Subfaktor frühere Landnutzung an Tag d

CC_d – Subfaktor Bodenbedeckung durch Pflanzenbewuchs an Tag d

SC_d – Subfaktor direkte Bodenbedeckung an Tag d

SR_d – Subfaktor Oberflächenrauigkeit an Tag d

2.2.1.1 Abbau abgestorbener Biomasse

Der Abbau von pflanzlicher Biomasse (an der Oberfläche oder im Untergrund) hängt von Niederschlag und Temperatur ab. Die Geschwindigkeit des Abbaus ist ein entscheidender Parameter zur Berechnung von SC und PL.

Das Verhältnis von abgebauter Biomasse wird definiert als:

$$M_e = M_b \cdot e^{(-a \cdot D)} \quad (4) \text{ Biomasseabbau}$$

M_b – Biomasse zum Beginn einer Berechnungsperiode

M_e – Biomasse am Ende einer Berechnungsperiode

a – Dekompositionskoeffizient

D – Anzahl der Tage innerhalb einer Berechnungsperiode

Da die Berechnung auf Tagesbasis erfolgt ($D=1$) wird aus dieser Formel lediglich der Dekompositionskoeffizient a benötigt. Die Abbaurate eines bestimmten Tages d wird definiert als:

$$DR_d = e^{-\alpha_d}$$

(5) *Abbaurrate eines Tages*

$$\alpha_d = p_i \cdot \min(W_d; F_d)$$

(6) *Abbaukoeffizient*

p_i – Koeffizient des Pflanzenrücksstands einer Pflanze i

W_d – Abbaufaktor Niederschlag für Tag d

F_d – Abbaufaktor Temperatur für Tag d

Der Abbau-Koeffizient p ist eine pflanzenspezifische Konstante. Die Faktoren W und F drücken das Verhältnis von idealen Abbaubedingungen zu aktuellen Abbaubedingungen für eine bestimmte Zeitspanne aus, in diesem Fall jeweils einen Tag aus.

$$W_d = \frac{R_d}{R_0}$$

(7) *Abbaufaktor Niederschlag*

R_d –aktuelle Niederschlagsmenge für eine Zeitspanne (Tag) [inch]

R_0 –optimale Niederschlagsmenge für den Abbau organischer Substanz in einer Zeitspanne (Tag) [inch]

$$F_d = \frac{2 \cdot (T_d + A)^2 \cdot (T_0 + A)^2 - (T_d + A)^4}{(T_0 + A)^4}$$

(8) *Abbaufaktor Temperatur*

T_d – aktuelle Durchschnittstemperatur für eine Zeitspanne (day) [°F]

T_0 – optimal Durchschnittstemperatur für den Abbau organischer Substanz für eine Zeitspanne (day) [°F]

A – Koeffizient der die Beziehung zwischen Abbau und Temperatur beschreibt [°F]

Die Werte des Kalibrationskoeffizienten wurden von der Ausgangspublikation (Renard et al., 1997) angepasst:

$$R_0 = 2,6 \text{ in} / 15 = 0,173 \text{ in} = 4,4 \text{ mm}$$

$$T_0 = 90^\circ F$$

$$A = 46^\circ F$$

2.2.1.2 Pflanzenbedeckung durch Bewuchs (Canopy Cover Subfactor)

Dieser Subfaktor gibt den Effekt der Bodenbedeckung durch den aktuellen Pflanzenbewuchs wieder. Wird ein Boden durch Pflanzen bedeckt, ist er nicht direkt der Energie des fallenden Niederschlags ausgesetzt, allerdings kommt es zu Tropfenbildung auf den Pflanzenblättern, die wiederum auf den Boden auftreffen und erosiv wirken können. Das Verhältnis zwischen Fallhöhe der Niederschlagstropfen und der tatsächlichen Pflanzenhöhe ist abhängig von der jeweiligen Feldfrucht und den klimatischen Bedingungen. Dieser Subfaktor wird für jeden Tag zwischen Anbau- und Erntezeitpunkt einer Frucht berechnet.

$$CC_d = 1 - F_{c,d} \cdot e^{-0,1 \cdot H_d}$$

(9) *Pflanzenbedeckung durch Bewuchs*

$F_{c,d}$ – Anteil der durch Pflanzen bedeckten Oberfläche [-]

H_d – Fallhöhe der Tropfen [feet]

2.2.1.3 ☐ berflächenrauigkeit (Surface Roughness Subfactor)

Dieser Subfaktor berechnet die Oberflächenrauigkeit jedes Tages. Sie wird als Funktion der Rauigkeit durch Bodenbearbeitung oder Pflanzenbewuchs ermittelt

$$SR_d = e^{[-0,66 \cdot (\max(R_{op,d}; R_{nat,d}) - R_F)]} \quad (10) \text{ Oberflächenrauigkeit}$$

$R_{op,d}$ – Rauigkeit durch Bodenbearbeitung [inch]

$R_{op,d}$ – Rauigkeit durch Pflanzenbewuchs [inch]

R_F – Rauigkeit bei brachen Bedingungen [inch]

Nach einer Bodenbearbeitung ändert sich die Rauigkeit eines Bodens nach jedem Niederschlag, die Rauigkeit der Bodenoberfläche verringert sich. Die Geschwindigkeit dieser „Glättung“ ist vom Rauigkeits-Verlust-Koeffizienten (roughness decay coefficient) $D_{r,d}$ abhängig

$$D_{r,d} = e^{\left[\frac{1}{2}(-0,14 \cdot P_{t,d}) + \frac{1}{2}(-0,012 \cdot EI_{t,d})\right]} \quad (11) \text{ Rauigkeits-Verlust-Koeffizient}$$

P_d – Niederschlagsmenge eines Tages [inch]

EI_d – Erosiver Niederschlag eines Tages $\left[\frac{\text{foot-tonf-inch}}{\text{acre-hour}}\right]$

2.2.1.4 Rauigkeit durch Bodenbearbeitung

Findet keine Bodenbearbeitung statt, wird die Rauigkeit durch Bodenbearbeitung ($R_{op,d}$) vom Rauigkeitswert des Vortages berechnet mittels:

$$R_{op,d} = R_F + D_{r,d} \cdot (R_{op,d-1} - R_F) \quad (12) \text{ Rauigkeit durch Bodenbearbeitung}$$

$R_{op,d}$ – Rauigkeit durch Bodenbearbeitung an Tag d

R_F – Rauigkeit bei Braches (allgemeine Konstante)

$D_{r,d}$ – Koeffizient für Abbau der Rauigkeit an Tag d

$R_{op,d-1}$ – Rauigkeitswert an vorangegangenen Tag

Findet eine Bodenbearbeitung statt, wird die „neue“ Ausgangsrauigkeit mit folgender Formel berechnet:

$$D_e = D_r \cdot F_u + F_d \quad (13) \text{ Angepasster Rauigkeits-Koeffizient}$$

D_e – Angepasster Koeffizient Rauigkeitsabbau

D_r – Rauigkeits-Verlust-Koeffizient ((11)

F_u – Anteil an ungestörter Bodenoberfläche durch Bodenbearbeitung

F_d – Anteil an gestörter Bodenoberfläche durch Bodenbearbeitung

$$R_n = R_t \cdot F_d + R_u \cdot F_u \quad (14) \text{ Netto-Rauigkeit}$$

R_n – Netto-Rauigkeit durch Bodenbearbeitung

R_t – Anfangsrauigkeit durch Bodenbearbeitung, definiert in der Datei "operation definition"

R_u – Rauigkeit des gestörten Bodens (= $R_{op,d-1}$)

F_u – Anteil des ungestörten Bodens (keine Bodenbearbeitung)

F_d – Anteil an gestörten Bodenoberfläche

Der Koeffizient der den Rückgang der Rauigkeit beschreibt und die Ausgangsrauigkeit nach einer Bodenbearbeitung werden insofern angepasst, als nur ein Teil der Oberfläche von der Bodenbearbeitung betroffen ist.

Die neue Anfangsrauigkeit nach einer Bodenbearbeitung ist dann:

$$R_i = R_F + \frac{R_n - R_F}{D_e} \quad (15) \text{ Anfangsrauigkeit nach}$$

Bodenbearbeitung

R_i – Anfangsrauigkeit nach Bodenbearbeitung

R_F – Rauigkeit bei Brache

R_n – Nettorauigkeit der Bodenbearbeitung

D_e – angepasster Rauigkeits-Abbau Koeffizient

Diese Anfangsrauigkeit wird anstelle von $R_{op,d-1}$ aus (12) verwendet.

2.2.1.5 Rauigkeit durch Pflanzenbestand

Oberflächenrauigkeit die durch den wachsenden Pflanzenbestand verursacht wird, wird an einem Tag $R_{nat,d}$ für die Wachstumsperiode der Feldfrüchte wie folgt berechnet:

$$R_{nat,d} = R_F + \frac{R_{max} - R_F}{1 + e^{\left(10 \cdot \left(0,5 - \frac{t_d}{t_{con}}\right)\right)}} \quad (16) \text{ Rauigkeit durch Pflanzenbestand}$$

R_F – Rauigkeit bei Schwarzbrache

R_{max} – maximale Rauigkeit durch Pflanzenbestand

t_d – Anzahl der Tag seit Aussaat der Feldfrucht

t_{con} – Anzahl der Tage um R_{max} zu erreichen

Auch wenn die Oberflächenrauigkeit durch den Pflanzenbestand nie einen Wert unter R_F erreichen kann, wird diese Rauigkeit auf 0 (Null) gesetzt, wenn keine Feldfrucht gesät wurde. Weil für die Berechnung von SR immer das Maximum von Rauigkeit durch Bodenbearbeitung oder Rauigkeit durch Pflanzenbewuchs verwendet wird und außerdem die Rauigkeit durch Bodenbearbeitung niemals geringer als R_F ist, ist die aktuelle Rauigkeit nie kleiner als R_F .

2.2.1.6 Bodenbedeckung durch Pflanzenrückstände (Surface Cover Subfactor)

Pflanzenrückstände an der Oberfläche schützen den Boden vor der auftreffenden Niederschlagsenergie. Die Wirksamkeit dieses Schutzes hängt vom Anteil der durch Pflanzenrückstände bedeckten Bodenoberfläche und von der Oberflächenrauigkeit ab wie folgt.

$$SC_d = e^{\left(-b \cdot S_{p,d} \cdot \left(\frac{R_F}{R_{u,d}}\right)^{0.08}\right)} \quad (17) \text{ Bodenbedeckung durch Pflanzenrückstände}$$

b – empirischer Koeffizient

$S_{p,d}$ – Anteil an bedeckter Bodenoberfläche an Tag d

R_F – Rauigkeit bei Schwarzbrache

$R_{u,d}$ – aktuelle Rauigkeit an Tag d

Der durch Pflanzenrückstände bedeckte Boden wird mittels (18) berechnet und zeigt, dass Pflanzenrückstände von mehr als einer Feldfrucht vorliegen können. Die Menge an Pflanzenrückstände wird für jede Feldfrucht einzeln berechnet, da diese im Laufe der Zeit abgebaut werden, sich dem Wert Null aber asymptotisch unendlich nähern. Da die Berechnung nur für einen Zyklus an einer Fruchtfolge durchgeführt wird, wird immer nur ein kleiner Teil der Pflanzenrückstände am Ende des Zyklusses „abgeschnitten“. Auf diesem Wege wird der Anteil an diesem „verlorenen Pflanzenrückständen“ so gering wie möglich gehalten.

$$S_{p,d} = 100 \cdot \left(1 - e^{-\sum_{i=1}^n (\alpha_i \cdot B_{s,i,d})}\right) \quad (18) \text{ Anteil des durch Pflanzenrückstände bedeckten Bodens}$$

n – Anzahl der Feldfrüchte in der Fruchtfolge

α_i – Verhältnis der durch Pflanzenrückstände bedeckten Fläche durch die Feldfrucht i zu der Masse der Pflanzenrückstände [acre/lb]

$B_{s,i,d}$ – Trockenmasse der Pflanzenrückstände von Feldfrucht i pro Flächeneinheit [lb/acre]

Die Menge an Pflanzenrückständen an der Bodenoberfläche an einem bestimmten Tag wird für jede Feldfrucht in einer Fruchtfolge einzeln berechnet und gespeichert.

Die anfängliche Menge an Pflanzenrückständen wird für eine Feldfrucht im § SDA 703 Handbuch als Konstante (zeitunabhängig) definiert. Dieser Ansatz kann zu Ungenauigkeiten führen, vor allem wenn man die Faktoren Zeit und Erntezeitpunkt mit einbezieht. Darum wird die anfängliche Menge an Pflanzenrückständen durch Multiplikation der Biomasse einer Feldfrucht zum Erntezeitpunkt mit dem Anteil an eingearbeiteter Biomasse durch Bodenbearbeitung (tillage operation income ratio) berechnet. Die Lebenszeit einer Feldfrucht kann nicht nur durch Ernte beendet werden, sondern auch durch eine andere beliebige Bodenbearbeitung (z.B.: durch Pflügen), deswegen haben alle Bodenbearbeitungen dieses Verhältnis definiert. Bei der Ernte wird ein Teil der Pflanzenbiomasse vom Feld abgeführt, demnach ist das Verhältnis geringer als 1.

Der Berechnungsvorgang startet an Tag der Ernte (oder am Tag wenn das Pflanzenwachstum durch eine andere Bodenbearbeitung gestoppt wird), die anfängliche Menge an Pflanzenrückständen wird folgt berechnet:

$$BS_{i,d} = BM_{i,d-1} \cdot RL_{op} \cdot BI_{op} \cdot DR_d \quad (19) \text{ Anfängliche Menge an Pflanzenrückständen}$$

$BS_{i,d}$ – anfängliche Menge an Pflanzenrückständen der Feldfrucht i [t/ha]

$BM_{i,d-1}$ – (trockene) Biomasse der Feldfrucht i am Tag vor der Ernte $d-1$ [t/ha]

RL_{op} – Anteil der zurückgebliebenen Pflanzenrückstände nach der Bearbeitung [-]

BI_{op} – Anteil der Biomasse die am Feld zurückbleibt [-]

DR_d – Abbaurate der Biomasse an Tag d [-]

Die Subroutine setzt die Berechnung Tag für Tag fort. Findet keine Bearbeitung statt wird die Menge an Pflanzenrückständen nur durch die Abbaurate korrigiert:

$$BS_{i,d} = BS_{i,d-1} \cdot DR_d \quad (20) \text{ Menge an Pflanzenrückständen korrigiert durch Abbaurate}$$

$BS_{i,d}$ – Menge an Pflanzenrückständen der Feldfrucht i an Tag d [t/ha]

$BS_{i,d-1}$ – Menge an Pflanzenrückständen der Feldfrucht i am vorherigen Tag [t/ha]

DR_d – Abbaurate der Biomasse an Tag d [-]

Findet eine Bodenbearbeitung statt, wird die „neue“ Menge an Pflanzenrückständen korrigiert durch den Anteil an Pflanzenrückständen, die nach der Bodenbearbeitung zurück geblieben sind.

$$B_{s,i,d} = B_{s,i,d-1} \cdot DR_d \cdot RL_{op} \quad (21) \text{ „neue“ Menge an Pflanzenrückständen}$$

RL_{op} – Anteil der Pflanzenrückstände die nach der Bodenbearbeitung zurück geblieben sind [-]

andere Variablen wie in

(20) und (19)

2.2.1.7 Vorhergehende Landnutzung (Prior Land Use Subfactor)

Der Subfaktor vorhergehende Landnutzung (PLU) drückt den Einfluss der früheren Landnutzung (Pflanzenrückstände, Bodenverdichtung durch Bodenbearbeitung) auf die Bodenerosion aus.

$$PLU_d = C_f \cdot C_b \cdot e^{\left(-c_{ur} \cdot B_{ur,d} + c_{us} \cdot \frac{B_{us,d}}{C_f \cdot c_{uf}}\right)} \quad (22) \text{ Subfaktor vorherige Landnutzung (PLU)}$$

$B_{ur,d}$ – Lebende und tote Wurzelmasse im obersten Bodenhorizont $\left[\frac{lb}{acre}\right]$

$B_{us,d}$ – Eingearbeitete Pflanzenrückstände im obersten Bodenhorizont $\left[\frac{lb}{acre}\right]$

C_f – Bodenverdichtungsfaktor

C_b – relativer Einfluss der Pflanzenrückstände im Boden auf die Bodenverdichtung

c_{uf} – Einfluss der Bodenverdichtung auf die Effektivität von eingearbeiteten Pflanzenrückständen

c_{ur} c_{us} – Kalibrierungskoeffizienten die den Einfluss von eingearbeiteten Pflanzenrückständen beschreiben

Anstatt der für B_{ur} und B_{us} vorgeschlagenen volumetrischen Dichte [lb/acre/inch] (SDA 703 Handbuch) wird die Dichte pro Layer [lb/acre/-] verwendet.

Renard et al. (1997) zufolge wird C_f innerhalb von 7 Jahren (oder anderer beliebiger Zeitraum) von 1.00 zu 0.45 abgebaut. Daraus wird hier abgeleitet:

$$C_f(t) = \frac{v-1}{e^T-1} \cdot (e^t - 1) + 1 \quad (23) \text{ Änderung der Bodenverdichtung mit der Zeit}$$

v – Basiswert für C_f

T – Zeit die benötigt wird um v zu erreichen

Verwendet man $t = 7$ Jahre und $v = 0.45$ erhält man nach einem Jahr einen C_f -Wert von 0.9991. Da es unwahrscheinlich bzw. unerwünscht ist ein Feld ein Jahr ohne Bodenbearbeitung zu belassen, wird für die PL₂ Formel der C_f -Wert mit 1 angenommen.

Die Menge an Wurzelmasse und Pflanzenrückständen im Oberboden wird beeinflusst durch Pflanzenwachstum, Bodenbearbeitung und Biomasseabbau. Im den Gehalt an Wurzelmasse und Pflanzenrückständen im Boden nach zu verfolgen wird ein „Bodenprofil“ definiert, das in Schichten konstanter Dicke unterteilt wird. Für jede Schicht wird ein Wert an Wurzelmasse und Pflanzenrückständen gespeichert. Die Anzahl an Schichten hängt von der jeweils tiefsten Bodenbearbeitung ab. Die Bearbeitungstiefe wird durch die Dicke der Schichten dividiert, die daraus resultierende Anzahl an Schichten ist für das gesamte „Bodenprofil“ gleich. Alle verwendeten Algorithmen für PL₂ sind unabhängig von der Dicke der Schichten und können bei notwendiger Weiterentwicklung geändert werden. Hier wird eine Schichtenmächtigkeit von 1 inch = 2,54cm verwendet. Aus berechnungstechnischen Gründen wird jeweils die lebende Wurzelbiomasse, die tote Wurzelbiomasse und die Masse an eingearbeiteten Ernterückständen extra berechnet. Die lebende Wurzelmasse wird täglich horizontweise aus der Wurzelichte errechnet. Die gesamte Wurzelbiomasse in allen Schichten wird durch eine exponentielle Funktion über die Schichttiefe festgelegt und durch den relativen Wurzelbiomassegehalt bis zu einem Meter Tiefe normiert (= 1). Die Berechnung für tote Wurzelmasse und eingearbeitete Pflanzenrückstände wiederholen sich in einer Fruchtfolge jeden Tag. Findet keine Bearbeitung statt, werden die tote Wurzelmasse und die Masse an eingearbeiteten Pflanzenrückständen durch die Abbauraten reduziert:

$$V_{j,i,d} = V_{j,i,d-1} \cdot DR_d \quad (24) \text{ tote Wurzelmasse und Masse eingearbeitete Pflanzenrückstände}$$

$V_{j,i,d}$ – Schicht j -Wert für Feldfrucht i an Tag d [t/ha]

$V_{j,i,d-1}$ – Schicht j -Wert für Feldfrucht i an Tag $d-1$ [t/ha]

DR_d – Biomasseabbauraten an Tag d [-]

Findet eine Bodenbearbeitung statt, wird das Profil entsprechend der Bearbeitungstiefe durchmischt. Die Anzahl der Schichten die durch eine Bodenbearbeitung beeinflusst werden, wird durch die Bearbeitungstiefe und die Mächtigkeit der Bodenschichten definiert, wobei eine Schicht dann als bearbeitet gilt, sobald zumindest die Hälfte dieser Schicht von der

Bearbeitungstiefe betroffen ist. Das gesamte Material, das durch die Bearbeitung beeinträchtigt wird inklusive der erneut eingearbeiteten Pflanzenrückstände, wird gleichmäßig in betroffenen Schichten verteilt bzw. abgebaut. Für Schichten, die nicht beeinträchtigt werden, gilt die Abbaurate aus (24).

$$V_{j,i,d} = \frac{1}{N} \cdot \left(\sum_{j=1}^N (V_{j,i,d-1}) + (1 - RL_{op}) \cdot BS_{i,d} \right) \cdot DR_d$$

(25) tote Wurzelmasse und Masse eingearbeiteter Pflanzenrückstände nach

Bodenbearbeitung

$V_{j,i,d}$ - Schicht j - Wert für Feldfrucht i an Tag d [t/ha]

N - Anzahl an Schichten beeinträchtigt durch Bearbeitung

$V_{j,i,d-1}$ - Schicht j - Wert für Feldfrucht i an Tag $d-1$ [t/ha]

RL_{op} - Anteil der Pflanzenrückstände die nach der Bodenbearbeitung zurück geblieben sind [-]

$BS_{i,d}$ - Pflanzenrückstände der Feldfrucht i an Tag d [t/ha]

Die Berechnung der toten Wurzelmasse und der eingearbeiteten Pflanzenrückstände beginnt einen Tag nachdem das Pflanzenwachstum beendet wurde. Der letzte Wert an lebenden Wurzeln im „Bodenprofil“ wird für den Anfangswert an toter Wurzelmasse verwendet.

$$RD_{j,i,d} = RL_{j,i,d-1} \cdot DR_d$$

(26) Umwandlung von lebender in tote Biomasse

$RD_{j,i,d}$ - tote Wurzelmasse in Schicht j für Feldfrucht i an Tag d [t/ha]

$RL_{j,i,d-1}$ - lebende Wurzelmasse in Schicht j für Feldfrucht i an Tag $d-1$ [t/ha]

DR_d - Biomasseabbaurate an Tag d [-]

Die Berechnung für die eingearbeitete Pflanzenmasse der jeweiligen Feldfrucht beginnt am Tag nachdem das Pflanzenwachstum beendet wurde, da hier die Masse an Pflanzenrückstände am höchsten ist.

2.2.2 R-Faktor

Die durchschnittliche jährliche Erosivität des Niederschlages (R-Faktor) in der R₂ SLE basiert auf folgenden Annahmen (Renard et al., 1997):

- Ein erosives Ereignis wird entweder definiert durch eine Regenmenge von mehr als 10 mm Niederschlag oder durch eine Regenintensität von mehr als 10 mm innerhalb von 30 Minuten (i30). Dabei werden erosive Regenereignisse, die eine Periode von mehr als 6 Stunden mit weniger als 1.27 mm Niederschlag erzeugen, getrennt. Ein neues Ereignis beginnt, sobald in einem Zeitraum von 6 Stunden mehr als 1,27 mm Niederschlag fallen.
- Für jedes erosive Ereignis laut obiger Definition werden folgende Berechnungsschritte gesetzt

$$R = \left(\sum_{i=1}^m E_i \times I_{30,i} \right) \times \frac{1}{a} \quad (27) \text{ Gesamt R-Faktor} \left(\frac{\text{kJ} \cdot \text{mm}}{\text{ha} \cdot \text{Stunde} \cdot \text{Jahr}} \right)$$

$$E_i = \sum_{j=1}^n e_j \quad (28) \text{ kinetische Energie eines Einzelniederschlags}$$

- $e_j = (11.89 + 8.73 \log i_j) \times p_j \times 10^{-3}$ für $0.05 < i_j < 76.2$
- $e_j = 0$ für $i_j < 0.05$
- $e_j = 28.33 \times p_j \times 10^{-3}$ für $i_j > 76.2$

wobei

- R R-Faktor $\left(\frac{\text{kJ} \cdot \text{mm}}{\text{ha} \cdot \text{Stunde} \cdot \text{Jahr}} \right)$
- E_i Summe der kinetischen Energie eines Niederschlagsereignisses i (kJ/m^2)
- I_{30} maximale Niederschlagsintensität innerhalb von 30 Minuten (mm/h)
- a Gesamtzahl der Jahre zur Berechnung des R-Faktors
- m Anzahl der erosiven Niederschlagsereignisse in einem Jahr
- n Anzahl der Abschnitte mit konstanter Intensität i_j in einem Niederschlagsereignis
- e_j Niederschlagsenergie in einem Abschnitt j (kJ/m^2)
- p_j Niederschlagsmenge in einem Abschnitt j (mm)
- i_j Niederschlagsintensität in einem Abschnitt j (mm/h)

Um einen langjährigen durchschnittlichen R-Faktor zu berechnen, werden alle Jahres R-Werte addiert und durch die Anzahl der berechneten Jahre dividiert. Hier wurden zusätzlich zu den R-Faktoren des ganzen Jahres auch die R-Faktoren des Sommerhalbjahrs (Mai – Oktober) berechnet, da hier wesentlich mehr Stationen für eine Auswertung zur Verfügung standen. Außerdem ist aus früheren Arbeiten (Strauss et al., 1995) bekannt, dass der bei weitem überwiegende Teil der erosiven Niederschläge in diesem Zeitraum fällt.

Aus den so ermittelten Daten muss auch die jahreszeitliche Verteilung der R-Faktorwerte berechnet werden, die in die Berechnung des C-Faktors eingeht.

2.2.3 K-Faktor

Die Datengrundlage zur Abschätzung des Faktors Erodibilität des Bodens bilden die Daten der Österreichischen Bodenkartierung, die im Maßstab 1:25.000 publiziert werden. Zur Ermittlung der K-Faktoren wird für jede ausgewiesene Bodenform eine Beziehung zwischen K-Faktor und

Schluffgehalt

$K\text{-Faktor} = 0,0086 \text{ Schluffgehalt (\%)}$

(29) *Ableitung der Bodenerodibilität ($t \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot N^{-1}$)*

herangezogen. Dieser Wert wird mit dem Steingehalt der betreffenden Bodenform korrigiert. Für Lössböden wird der K-Faktor generell um 0,1 erhöht. Für die nicht digital verfügbaren Kartierungsbereiche werden mittlere K-Faktoren aus den Daten der angrenzenden Flächen geschätzt.

2.2.4 L-S-Faktor

Der LS-Faktor setzt sich aus den sog. Hanglängen- (L) und Hangneigungs- (S) Faktoren zusammen. Beide Faktoren dienen gemeinsam zur Abschätzung des erosiven Potenzials der Topographie einer Landschaft. Der LS-Faktor ist aufgrund der schwierigen Bestimmung der erosionswirksamen Hanglänge im Vergleich zu den anderen Faktoren der R²SLE ein eher schwer abzuschätzender Modellparameter.

Der L-Faktor bezeichnet das Verhältnis zwischen der tatsächlichen Hanglänge zur Standardhanglänge von 22.13 m (Wischmeier et al., 1978). In der ursprünglichen Version der R²SLE wird ein einzelner Wert für die tatsächliche Hanglänge angenommen. Entscheidend zur Begrenzung der erosionswirksamen Hanglänge, ist der Punkt am Unterhang, bei dem der Oberflächenabfluss auf einen Vorfluter trifft (z.B. Fließgewässer, Kanäle oder Gräben) oder Sedimentation einsetzt.

Soll der L-Faktor für ganze Einzugsgebiete ermittelt werden, mit mehreren Hangbereichen unterschiedlicher Länge, ist die Anwendung Geographischer Informationssysteme nötig. Eine gängige Methode, welche das spezifische Einzugsgebiet einer Rasterzelle in einem Digitalen Geländemodell (DGM) in Relation zur Rastergröße, der Referenzhanglänge und dem Abstand der Höhenlinien setzt, ist die Formel von Desmet und Govers (1996):

$$L_{i,j} = \frac{(A_{i,j}+D)^m - A_{i,j}^m}{D^{m+2} + x_{i,j} + (22.13)^m} \quad (30) \text{ L-Faktor Berechnung für Einzugsgebiete}$$

mit $L_{i,j}$ als L-Faktorwert in einer Rasterzelle mit den Koordinaten i und j , $A_{i,j}$ das spezifische Einzugsgebiet in i und j , D die Rasterzellengröße, m als Exponent der Hangneigung und $x_{i,j}$ der Abstand zwischen den Höhenlinien. Trotz der häufigen Anwendung dieser Methode besteht die Schwierigkeit der unteren Abgrenzung des Hangfußes wo zum einen Sedimentation eintritt und zum anderen die erosive Hanglänge begrenzt wird, besonders wenn große Einzugsgebiete modelliert werden sollen. Mehrere Methoden existieren, um ein unteres Limit der Hanglänge zu definieren, beispielsweise mit Hilfe der konkaven Krümmung am Hangfuß

als Ableitung der Hangneigung. Griffin et al. (1988) und Zhang et al. (2012) definieren eine untere Hangbegrenzung, wenn sich die Hangneigung bei $> 2.86^\circ$ um mehr als 50 % und bei $< 2.86^\circ$ um mehr als 70 % entlang der Gefällerrichtung verringert.

Der S-Faktor, oder Hangneigungsfaktor, bestimmt den Bodenabtrag am stärksten und basiert auf der Hangneigung (θ). Die Hangneigung kann im GIS relativ einfach mittels Raster-DTM ermittelt werden. Da der S-Faktor in der ursprünglichen Form der \square SLE auf Daten beruht, welche an Hängen mit Neigungen von weniger als 25 % erhoben wurden (Qin et al., 2018), kann der S-Faktor auch mit einer überarbeiteten Formel von Nearing et al. (1997) berechnet werden:

$$S = -1.5 + \frac{17}{1 + e^{2.3 - 6.1 \sin \theta}} \quad (31) \text{ S-Faktor}$$

Das Produkt der Faktoren L und S ergibt den LS-Faktor.

4 Ermittlung der Modellparameter

Der gewählte Modellansatz der R_{USLE} benötigt eine Reihe verschiedener Algorithmen zur Berechnung der einzelnen Faktorenwerte. Die Ermittlung der einzelnen Faktorenwerte ist unterschiedlich komplex, im Folgenden sollen die methodischen Ansätze zur Ermittlung der einzelnen Faktorenwerte dargestellt werden. Als genereller Ansatz soll hier festgehalten werden, dass die räumliche und zeitliche Auflösung der jeweiligen Daten zu den jeweiligen Erosionsfaktoren unterschiedlich war, eine Bewertung des Bodenabtrags aber auf der Ebene der Schläge durchgeführt wurde. Für eine Bewertung regionaler Unterschiede, sowie der Wirksamkeit der untersuchten Maßnahmen wurden diese Ergebnisse dann auf die Ebene von Hauptproduktionsgebieten und Bundesländern aggregiert.

4.1 C-Faktor (SLR)

Die Ermittlung des C-Faktors beruht auf einer Reihe von Berechnungsschritten, in denen Subfaktoren berechnet werden, die schlussendlich zu einem gesamten C-Faktor zusammengestellt werden, der allerdings noch mit Daten aus der R-Faktorberechnung kombiniert werden muss (siehe oben). In diesem Abschnitt werden lediglich die Überlegungen zur Ermittlung des SLR $A=C \cdot R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot P$ (1) dargestellt. Die Ermittlung der entsprechenden Datensätze des Subfaktors R (Erosivität) wird im entsprechenden Kapitel dargestellt.

Die Berechnung des SLR-Faktors ist das Ergebnis vieler Algorithmen, allerdings wird bei näherer Betrachtung klar, dass die meisten der verwendeten Parameter entweder a) Konstante sind, oder b) mit Hilfe anderer Algorithmen, bzw. über Literaturdaten geschätzt werden. Die vom Anwender benötigten Eingabeparameter werden im Folgenden aufgeführt.

4.1.1 Landwirtschaftliche Kulturen

Zur Ermittlung der angebauten Landwirtschaftlichen Kulturen sowie der Umsetzung von ÖP_L Maßnahmen wurden die INVEKOS Daten der Jahre 2015 und 2016 von gesamt Österreich herangezogen, welche vom BMNT zur Verfügung gestellt wurden. Im Detail wurden folgende Tabellen verwendet:

- L037_Schläge: Angaben zur angebauten Kultur pro Schlag und Teilnahme an schlagbezogenen ÖP_L-Maßnahmen

- L038_Begrünungen: Angaben zu den angelegten Begrünungen (Variante 1-6) pro Schlag
- L008_ÖPFL: Teilnahme an ÖPFL Maßnahmen pro Betrieb

Um die Berechnung regional zusammenfassen zu können, erfolgte eine Unterteilung Österreichs in 8 Hauptproduktionsgebiete. Jedes Hauptproduktionsgebiet ist für seine landwirtschaftliche Kulturführung charakteristisch. Die Gemeinden Österreichs wurden durch eine GIS-Verschneidung einem Hauptproduktionsgebiet zugeordnet und diese heißen wie folgt:

- Hochalpen (HA)
- Voralpen (VA)
- Alpenostrand (AOR)
- Wald- und Mühlviertel (WMV)
- Kärntner Becken (KB)
- Alpenvorland (AV)
- Südliches Flach und Hügelland (SFHL)
- Nordöstliches Flach und Hügelland (NFHL)

Die Auswertung der Daten erfolgte im Programm MS Access. Um eine bessere Handhabung und Interpretation der Daten zu ermöglichen erfolgte zuerst eine Zuordnung der Schlagnutzungsarten aus den INVEKOS Daten zu Referenzkulturen. Einzelne Schlagnutzungsarten wurden dann zu einer Referenzkultur zusammengefasst, wenn die Bewirtschaftung sehr ähnlich erfolgt bzw. wenn nur sehr kleine Flächenanteile davon betroffen sind. Für die Zuordnung von Spezialkulturen wurden die Fachexperten für die Sortenwertprüfung der AGES herangezogen. Statt 352 Schlagnutzungsarten werden nun 42 Referenzkulturen in den Berechnungen behandelt. Damit die regionspezifischen Fruchtfolgen in den einzelnen Hauptproduktionsgebieten abgebildet werden können, wurden die Kulturen aus dem Jahr 2015 den Kulturen 2016 gegenübergestellt. Die Verknüpfung der beiden Datensätze erfolgte über die Schlag-ID, wodurch eine schlaggenaue Ermittlung der Hauptfrucht (Jahr 2016) und die dazugehörige Vorfrucht (Jahr 2015) ermöglicht wird. Zusätzlich dazu wurden die Daten um die angelegten Begrünungen aus der Begrünungstabelle L038 aus dem Jahr 2015 ergänzt. Dies entspricht der Begrünung zwischen den beiden Kulturen.

Weiters erfolgte eine Unterscheidung der Datensätze zwischen konventionellem und biologischem Landbau anhand der Tabelle L008.

Das Ergebnis ist eine Tabelle mit Hauptfrucht-Vorfrucht-Kombinationen pro Hauptproduktionsgebiet inklusive Angabe der angebauten Fläche und der begrüneten Fläche, aufgeteilt nach Bio und Konventionell.

4.1.2 Anbauermine, Erntetermine, Erträge

Die Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) stellte die Ergebnisse ihrer Versuchsstationen zur Verfügung, welche zur Ermittlung der typischen Anbau- und Erntetermine sowie Bearbeitungsterminen herangezogen wurden. Der Datensatz enthält Aufzeichnungen zu den Jahren 2008 bis 2018 von insgesamt 10 Versuchsstationen. In Tabelle 1 werden die verwendeten Versuchsstationen aufgelistet und einem Hauptproduktionsgebiet zugeordnet.

Tabelle 1: Versuchsstationen der AGES

Versuchsstationen	Hauptproduktionsgebiete
VST GRABENEKG	Alpenvorland
VST LINZ	Alpenvorland
VST HÖRZENDORF	Kärntner Becken
VST FÜRCHENBIGL	Nordöstliches Flach- und Hügelland
VST GROSSNONDORF	Nordöstliches Flach- und Hügelland
VST WSP	Nordöstliches Flach- und Hügelland
VST GLEISDORF	Südöstliches Flach- und Hügelland
VST FREISTADT	Wald- und Mühlviertel
VST HAGENBERG	Wald- und Mühlviertel
VST SCHÖNFELD	Wald- und Mühlviertel

Zusätzlich dazu stellte die LBG Computerdienst GmbH die Aufzeichnungen der Arbeitskreise betreffend Anbau- und Erntezeitpunkt, Bodenbearbeitung und sonstige Arbeiten der Jahre 2015-2017 zur Verfügung. In Tabelle 2 werden die enthaltenen Arbeitskreise sowie die Zuordnung zu einem Hauptproduktionsgebiet aufgelistet.

Tabelle 2: Arbeitskreise der LBG Computerdienst GmbH

Arbeitskreisname	Hauptproduktionsgebiet
Amstetten	Alpenvorland
Melk	Alpenvorland
Wels I	Alpenvorland
Wels II	Alpenvorland
Bachmanning	Alpenvorland
Gmunden (zu Ohlsdorf-Desselbrunn)	Alpenvorland
Kornrade/Grieskirchen II	Alpenvorland
Kirchdorf	Alpenvorland
Ansfelden	Alpenvorland
Hargelsberg	Alpenvorland
Ernte Gut	Alpenvorland
Agrarzirkel St. Florian	Alpenvorland
St. Florian	Alpenvorland
St. Marien	Alpenvorland
Ried	Alpenvorland
Mährdroschkulturen Schärding	Alpenvorland
Schärding II	Alpenvorland
Steyr Nord	Alpenvorland
Eferding	Alpenvorland
Wrfahr	Alpenvorland
Steyr West	Alpenvorland
Gusental	Alpenvorland
Kornrade/Ohldorf-Desselbrunn	Alpenvorland
Kornrade/Grieskirchen I	Alpenvorland

Arbeitskreisname	Hauptproduktionsgebiet
Kornrade/Innviertel III	Alpenvorland
Kornrade/Innviertel I	Alpenvorland
Pflanzenbau Innform	Alpenvorland
Kornrade/Pilsbach	Alpenvorland
Kornrade/Gunskirchen	Alpenvorland
Oberes Drautal	Hochalpen
Klagenfurt	Kärntner Becken
Lavanttal	Kärntner Becken
Völkermarkt	Kärntner Becken
Villach	Kärntner Becken
Grafenstein	Kärntner Becken
St. Veit	Kärntner Becken
Burgenland Nord	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Burgenland BIO	Nordöstliches Flach- und Hügelland
AK Rübe	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Mistelbach	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Krems	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Niederösterreich Bio	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Horn	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Korneuburg	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Wiener Neustadt	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Bruck	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Baden	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Hollabrunn	Nordöstliches Flach- und Hügelland
Burgenland Süd	Südöstliches Flach- und Hügelland
Grazerfeld	Südöstliches Flach- und Hügelland

Arbeitskreisname	Hauptproduktionsgebiet
Hartberg	Südöstliches Flach- und Hügelland
Fürstenfeld	Südöstliches Flach- und Hügelland
Feldbach	Südöstliches Flach- und Hügelland
Radkersburg	Südöstliches Flach- und Hügelland
Bioland \square ntere Steiermark	Südöstliches Flach- und Hügelland
Zwettl	Wald- und Mühlviertel
Altenberg	Wald- und Mühlviertel
Engerwitzdorf-Gallneukirchen	Wald- und Mühlviertel

Für die weitere Bearbeitung der Daten sind regionsspezifische Anbau- und Erntetermine der jeweiligen Hauptfrucht-Vorfrucht-Kombinationen notwendig. Hierfür wurden die Daten aus den Versuchsflächen der AGES und der Arbeitskreise herangezogen.

Die Auswertung der Daten erfolgte im Programm SPSS. Nach einer Datenbereinigung (Entfernen von offensichtlich falschen Angaben) wurden die Mittelwerte der Anbauzeitpunkte und der Erntezeitpunkte aufgeteilt nach Hauptproduktionsgebieten tagesgenau berechnet. Diese Angaben wiederum wurden der Hauptfrucht-Vorfruchttabelle ergänzt. Durch eine abschließende Kontrolle der Daten wurden evtl. Überschneidungen zwischen zwei Kulturen beseitigt. Falls insbesondere bei Spezialkulturen Datenangaben fehlten, wurden diese nachträglich durch Literaturangaben und Expertenwissen ergänzt. Diese Datengrundlagen werden auch für die Bewertung regionsspezifischer Informationen zur Bodenbearbeitung herangezogen (typischer regionaler Einsatz verschiedener Bearbeitungsgeräte und Bearbeitungstiefen).

Tabelle 3: Unterschiede bei Anbau und Ernteterminen von Körnermais in den unterschiedlichen Hauptproduktionsgebieten

Körnermais	Anbau	Ernte
Alpenvorland	20.04.	04.10.
Hochalpen	22.04.	04.10.
Kärntner Becken	18.04.	19.10.
Nörtl. Flach- und Hügelland	18.04.	11.10.
Südl. Flach- und Hügelland	11.04.	14.10.
Wald- und Mühlviertel	25.04.	13.10.

Tabelle 4: Unterschiede bei Anbau und Ernteterminen von Winterweizen in den unterschiedlichen Hauptproduktionsgebieten

Winterweizen	Anbau	Ernte
Alpenvorland	13.10.	20.07.
Hochalpen	09.10.	28.07.
Kärntner Becken	17.10.	30.07.
Nordöstliches Flach- und Hügelland	16.10.	18.07.
Südöstliches Flach- und Hügelland	11.10.	18.07.
Wald- und Mühlviertel	01.10.	31.07.

Tabelle 5: Unterschiede bei Anbau und Ernteterminen von Sojabohne in den unterschiedlichen Hauptproduktionsgebieten

Sojabohne	Anbau	Ernte
Alpenvorland	23.04.	22.09.
Hochalpen	07.05.	30.09.
Kärntner Becken	28.04.	28.09.
Nordöstliches Flach- und Hügelland	08.05.	26.09.
Südöstliches Flach- und Hügelland	23.04.	24.09.
Wald- und Mühlviertel	29.04.	23.09.

4.1.3 Entwicklung der Bodenbedeckung durch die angebaute Feldfrucht

Allgemein sind Messwerte zur Entwicklung des Pflanzenbestandes (der Änderung der Bodenbedeckung im Lauf der Bestandesentwicklung) in verschiedenen Kulturen nur in geringem Maß verfügbar, dies gilt auch für Österreich. Daher wurde die Bestandesentwicklung der benötigten Feldfrüchte mit Hilfe eines Simulationsmodells berechnet. Dazu wurde das Modellkonzept SIMWASER/STOTRASIM (Stenitzer, 1988; Feichtinger, 1998) herangezogen, das in Österreich seit langer Zeit zur Berechnung der Wasser- und Stoffflüsse für die ungesättigte Bodenzone landwirtschaftlich genutzter Flächen verwendet wird. Das Grundkonzept dieses Modells ist in Abbildung 6 und Abbildung 7 skizziert.

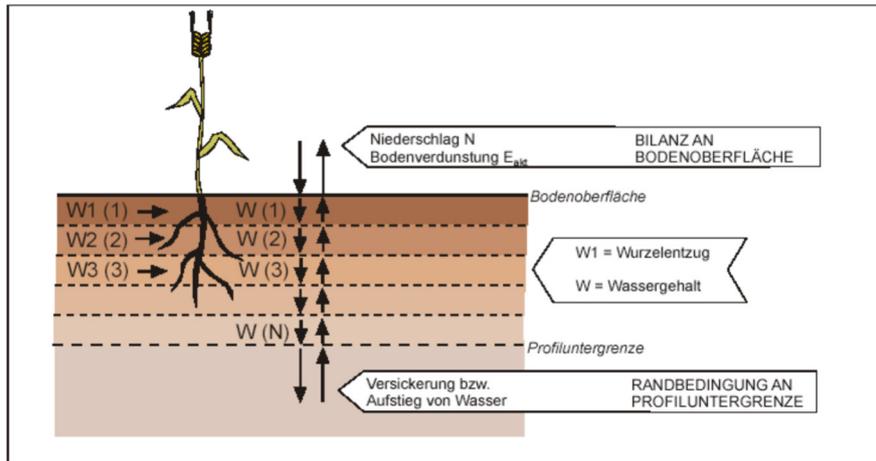


Abbildung 6: Schematische Darstellung der in SIMWASSER berücksichtigten Wasserflüsse

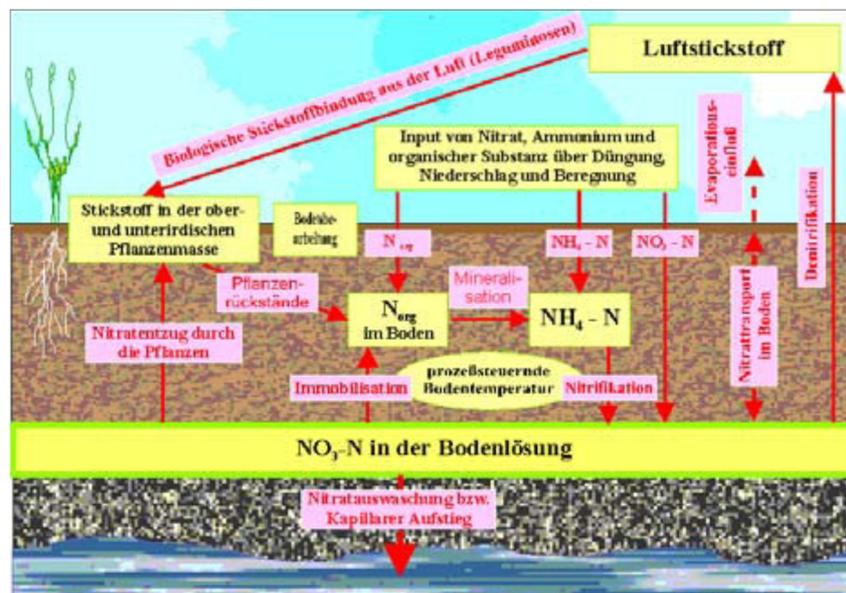


Abbildung 7: Schematische Darstellung der in STOTRASIM zum Stickstoffkreislauf berücksichtigten Prozesse

Das wesentliche Einsatzgebiet von STOTRASIM besteht zwar in der Berechnung von Wasserbilanzen und Stickstoffflüssen, allerdings werden im Zuge dieser Berechnungen auch das Pflanzenwachstum und die zugehörigen Parameter wie Leaf Area Index (LAI) und Pflanzenhöhe auf Tagesbasis ermittelt, die als Basis für die benötigten Kennwerte der R² SLE herangezogen werden können. Ein Problem besteht darin, dass der von STOTRASIM gelieferte LAI nicht direkt in Erosionsmodellen verwendet werden kann, weil Erosionsmodelle üblicherweise den Parameter Bodenbedeckung verwenden, sodass eine Umrechnung von LAI auf Bodenbedeckung (CC) notwendig ist. Messwerte dazu gibt es nur vereinzelt, z.B. von

Nielsen et al., (2012) sowie Hsiao et al (2009) für Mais, Farahani et al (2009) für Baumwolle, Nielsen et al. (2012) für Weizen, Triticale und Mais und Ramirez-Garcia et al. (2012) für Grünland, Hülsenfrüchte und Kreuzblütler.

4.1.4 Berechnung der „Canopy Cover“

Die Berechnung benutzt die Beziehung zwischen Blattfläche und Lichtdurchlässigkeit (Beer-Lambert Gleichung) wobei

$$\frac{Q_i}{Q_0} = e^{-k \cdot LAI} \quad (32) \text{ Beer-Lambert Gleichung}$$

Der Term Q_i/Q_0 kann auch als die fraktionelle Lichtdurchlässigkeit der Überschirmung definiert werden, die umgekehrt proportional zur fraktionellen Lichtabsorption durch die

$$1 - fCover = e^{-k \cdot LAI} \quad (33) \text{ Umformung Beer-Lambert Gleichung}$$

Durch Umformung entsteht „canopy cover fraction“ (FC) (-)

$$fCover = 1 - \exp(-k \cdot LAI) \quad (34) \text{ Fraction of canopy cover}$$

oder als Pflanzenbedeckung „canopy cover“ (CC) (%):

$$CC = 100 \cdot [1 - \exp(-k \cdot LAI)] \quad (35) \text{ Canopy Cover}$$

Letztendlich wurden täglichen Werte für CC mit Hilfe von $CC=100 \cdot [1 - \exp(-k \cdot LAI)]$ (35) berechnet, die Eingangsparameter dafür lieferte STOTRASIM. Die

in STOTRASIM verwendeten Extinktionskoeffizienten k variierten dabei zwischen 0,40-0,65.

Eine Überprüfung der erhaltenen CC Werte fand über existierende Literaturwerte zum maximalen LAI statt

(Tabelle 6), dort wo vorhanden. Zusätzlich wurden auch Literaturwerte für CC ermittelt (Tabelle 7).

Tabelle 6: Verfügbare maximale LAI Werte

Fruchtart	Maximaler LAI	Quelle
Ackerbohne	3-4	Klimek-Kopyra et al., 2015
Chinakohl		
Dinkel	3,1-4,3	Adu et al., 2011; Andruszczak et al., 2012
Erbse	3-4;5,8-7	Böhm, 2012
Frühkartoffel		
Hafer	4-6	Martini et al., 2009; Silorya et al., 2014; Amanullah et al., 2013
Hirse/Sorghum	6-10	Narayanan et al., 2014
Karotten	3-8,7	Strandberg, 2001; Suojala, 2000; Reid et al., 2000; Babli, 2007
Kartoffel	3,5-4,3	Eremeev et al., 2008; Nguy-Robertson et al., 2014
Kürbis	1,8 -	Bannayan et al., 2017; Okeke et al., 2016; Jovanovic et al., 2000
Luzerne	6 im ersten Jahr, dann 4 oder weniger; oder 4-8	Brown et al., 2014
Mais	4-7	Danalatos et al., 1994; Andrieu et al., 1997; Demarez et al., 2008; Nguy-Robertson et al., 2014; Lukombo et al., 2013;
Phacelia		
Senf Winterhart	1.2-4.5	Goyal et al., 2015
Ölrettich		
Sonnenblume	4.3, kann auch 1.6-2.5 sein	Giannoulis et al., 2008; Pitol Lucas et al., 2015; Demarez et al., 2008
Sommergerste	8.5-9	Groß, 2011
Soja	4-7	Nguy-Robertson et al., 2012; Nguy-Robertson et al., 2014
Sommerweizen	4-6	Böhm, 2012; Nguy-Robertson et al., 2014
Zuckerrübe	3-6	Acutis, et al., 2010; Martin, 1986; Theurer, 1979; Soleymani et al., 2017; Lemaire, 2008
Wintergerste	4.9-9	Ellen, 1993; Ionescu et al., 2014
Winterraps	4	Jiahui et al., 2016; Scott et al., 1999
Winterroggen	3-5	Ellen, 1993; Baron et al., 1993; Sieling et al., 2016
Winterweizen	5-8.8	Ellen, 1993; Baron et al., 1993; Ionescu et al., 2014; Sieling et al., 2016
Wintertriticale	5.5-6.5	Ellen, 1993; Böhm, 2012; Sieling et al., 2016

Tabelle 7: Literaturwerte für den Parameter „Canopy Cover“ (CC %)

Kultur	CC (%)	Referenz
Ackerbohne		
Chinakohl		
Dinkel		
Erbse		VanGaelen, 2016
Frühkartoffel	100	Aquacrop
Hafer		
Hirse	60-98	Aquacrop
Karotten		VanGaelen, 2016
Kartoffel	100	Aquacrop
Kürbis		
Luzern		
Mais	65-99	Aquacrop
Phacelia		
Senf Winterhart		
Ölrettich		
Sonnenblume	92-100	Aquacrop
Sommergerste	50-99	Aquacrop
Soja	98-100	Aquacrop
Sommerweizen	80-99	Aquacrop
Zuckerrübe	98-100	Aquacrop/VanGaelen, 2016
Wintergerste	50-99	Aquacrop/VanGaelen, 2016
Winterraps	90-98	Scott et al., 2018
Winterroggen	98	Prabhakara et al., 2016
Winterweizen	80-99	Ellen, 1993; Baron et al., 1993; Ionescu et al., 2014; Sieling et al., 2016/VanGaelen, 2016
Wintertriticale	75-80	Prabhakara et al., 2015

4.1.4.1 Regionalisierung des Parameters CC

Die Regionalisierung der Bodenbedeckung erfolgt über die unterschiedlichen Anbauermine in den klimatisch unterschiedlichen Regionen. Zusätzlich wurde untersucht, ob es sinnvoll wäre, die Entwicklung des Bestandes auch an Bodenverhältnisse zu koppeln. Dazu wurden Standorte in drei verschiedenen Klimazonen gewählt, es handelt sich um die meteorologischen Stationen Pettenbach, Obersiebenbrunn und Graz. Alle drei Stationen verfügen über lange klimatische Datenreihen. Zusätzlich wurde in diesen Bereichen auch das Programm STOTRASIM in anderen Studien ausreichend kalibriert. Für die Berechnung des LAI für unterschiedliche Fruchtarten wurde die Zeitspanne von 1981 bis 2010 gewählt. Diese Stationen repräsentieren die wichtigsten klimatischen Unterschiede im österreichischen Ackerbau.

- Pettenbach liegt 435 m.Ü.A., mit einem mittleren Jahresniederschlag von 1025 mm (1981-2010). Die langjährige mittlere Jahrestemperatur erreicht 9,0 °C. Die geringste monatliche Durchschnittstemperatur liegt bei -1,5°C (Jänner), das jährliche monatliche Temperaturmaximum erreicht 18,4°C (Juli).
- Obersiebenbrunn befindet sich im östlichen Trockengebiet, 150 m.Ü.A. Der mittlere Jahresniederschlag (1981-2010) liegt bei 536 mm. Die tiefste monatliche Durchschnittstemperatur wird mit -0,1°C im Jänner erreicht, die höchste monatliche Durchschnittstemperatur wird mit 20,8°C im Juli erreicht. Die langjährige mittlere Jahrestemperatur ist 10,4 °C.
- Graz (Thalerhof Flughafen, 340 m.ü.A.) liegt am südöstlichen Alpenrand. Dies bewirkt eine gute Abschirmung gegenüber den in Mitteleuropa vorherrschenden Westwetterlagen. Der mittlere Jahresniederschlag ist 810 mm (1981-2006). Die langjährige mittlere Jahrestemperatur erreicht 9,9°C. Die monatliche Durchschnittstemperatur erreicht im Jänner mit -1,6°C ihr Minimum, im Juli mit 20,4°C Maximum.

Für die genannten repräsentativen Klimagebiete wurden typische Fruchtfolgen für den Zeitraum 1981-2010 berechnet, es galt die Annahme einer hohen Ertragslage mit entsprechender Düngung, die Kulturen wurden im Modell nicht bewässert und es war auch kein Grundwasseranschluss vorhanden. Für jede betrachtete Klimazone wurde eine entsprechende Bodenform mit unterschiedlich mächtigem Oberbodenanteil ausgewählt, der verschiedenen Werten der nutzbaren Feldkapazität (nFK) entsprach. Auf diese Weise wurden unterschiedliche Bodenqualitäten - vor allem im Hinblick auf das Wasserspeichervermögen simuliert. Die in den verschiedenen Klimaregionen verwendeten Werte für die nFK sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: nutzbare Feldkapazität der in den verschiedenen Klimagebieten verwendeten Böden

Bodenmächtigkeit	nFK (mm)		
	Pettenbach	☒ bersiebenbrunn	Graz
Sehr gering	66	39	53
gering	123	73	128
mittel	236	202	174
hoch	370	-	251

Abbildung 8 zeigt den Einfluss der unterschiedlichen Bodenqualität für Mais (Reifezahl 300) am Klimastandort Obersiebenbrunn auf die Parameter Pflanzenhöhe (PLH), leaf area index (LAI) und canopy cover fraction (FC). Wie die Abbildung zeigt, besteht im Trockengebiet für einzelne Feldfrüchte eine doch ausgeprägte Beziehung zwischen Bodenmächtigkeit und der Bestandesentwicklung.

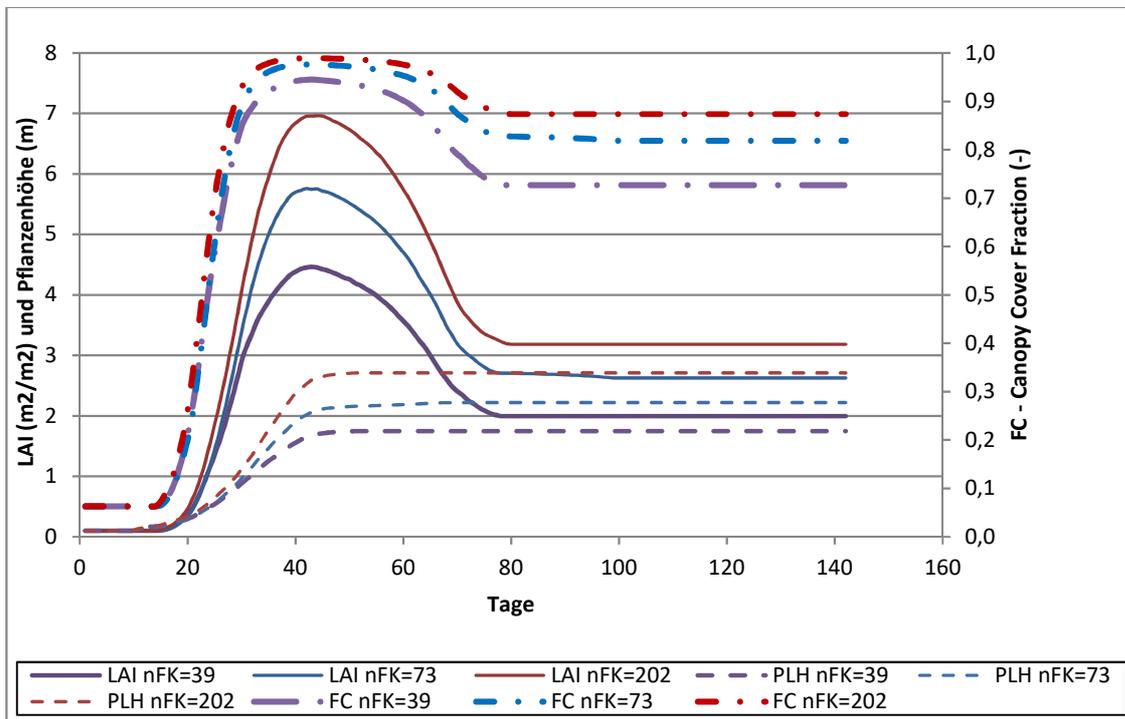


Abbildung 8: Einfluss der Bodenqualität auf die Bestandesentwicklung (Pflanzenhöhe PLH, leaf area index LAI und canopy cover fraction FC) bei Mais am Klimastandort Obersiebenbrunn

4.2 R-Faktoren

Um den R-Faktor für Österreich zu errechnen, wurden landesweit verteilte Niederschlags-Messstationen des Hydrographischen Dienstes genutzt. *Abbildung 9* zeigt alle Messstellen, die in diesem Bericht ausgewertet wurden. Nur Stationen, die über Messwerte der Jahre 1995 bis 2015 verfügen, wurden in das Datenkollektiv aufgenommen. Durch die Verwendung eines Zeitraums von 20 Jahren wird die Modellanforderung nach langjährigen Messungen berücksichtigt. Da eine Vielzahl von Stationen über keine ganzjährigen Aufzeichnungen verfügt, wurde bei Stationen, wo keine ganzjährigen Messungen vorhanden waren, kein Jahres-R-Faktor errechnet, sondern ein Sommer-R Faktor. Insgesamt standen 243 Stationen des Hydrographischen Dienstes mit Niederschlagsdaten von 1995 bis 2015 zur Verfügung. Von diesen Stationen wurden nach Durchsicht und Qualitätsbewertung 171 Stationen ausgewählt. Um Schneefallmessungen auszublenden, wurden die Jahresstationen mit Daten zur Tagestemperatur gekoppelt. Stationen ohne Informationen zur Tagestemperatur wurden nicht berücksichtigt. Nur Niederschläge, die bei einer Tagestemperatur $>0^{\circ}\text{C}$ auftreten wurden als „Regen“ klassifiziert. Alle anderen Niederschläge der ganzjährig betriebenen Stationen wurden nicht in die Auswertung aufgenommen, da eine hohe Wahrscheinlichkeit gegeben war, dass es sich bei dem Niederschlag um „Schnee“ handelt. Für die Stationen, die nur als Sommerstationen ausgewertet wurden, wurden keine Temperaturkorrekturen durchgeführt. Als Endergebnis standen 170 Stationen für eine Auswertung der Vegetationsperiode (1.4. - 31.10.) zur Verfügung und 101 Stationen für eine ganzjährige Bewertung der R-Faktoren.

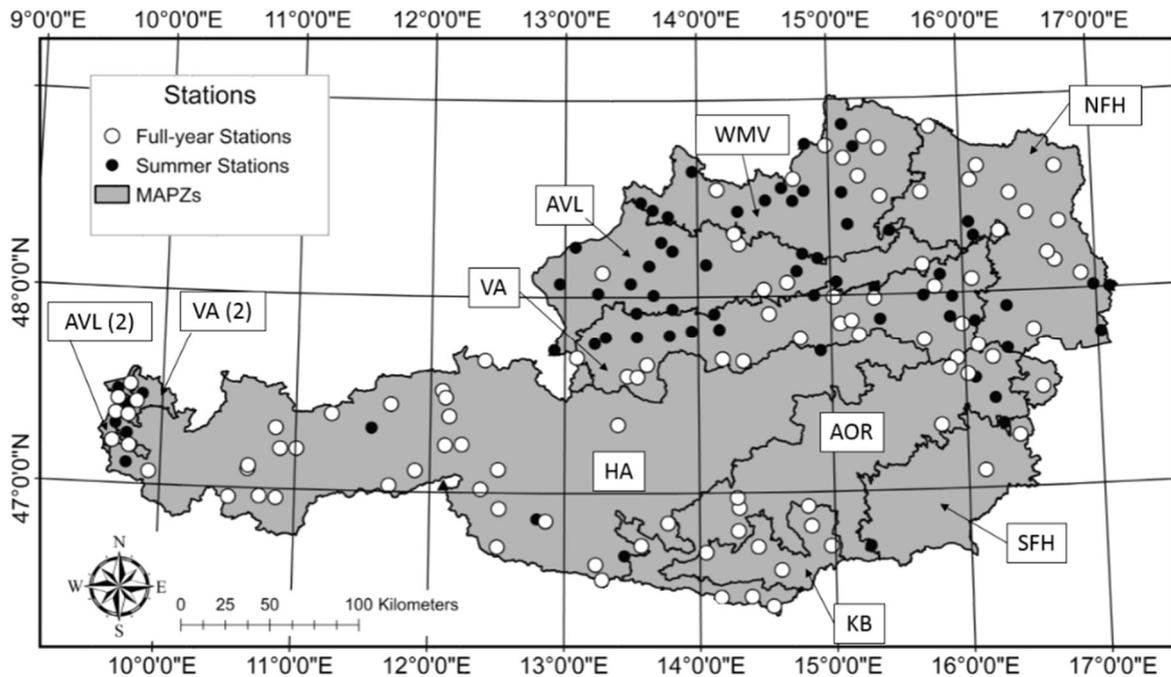


Abbildung 9: Räumliche Verteilung der für die R-Faktor Berechnung herangezogenen Klimastationen; Abkürzungen bezeichnen die Hauptproduktionsgebiete (AVL = Alpenvorland, WMV = Wald- und Mühlviertel, NFH = Nordöstliches Flach- und Hügelland, SFH = Südöstliches Flach- und Hügelland, AOR = Alpenostrand, KB = Kärntner Becken, HA = Hochalpen, VA = Voralpen)

4.2.1 Jahres R-Faktoren

Abbildung 10 und Abbildung 11 zeigen die Beziehung zwischen Jahresniederschlag und Jahres R-Faktor bzw. zwischen dem Sommerniederschlag und Sommer-R-Faktor. Die daraus abgeleiteten Regressionsgleichungen lauten

$$R_{VP} = -26.518 + 0.205 * N_{VP} \quad r^2 = 0,71, n = 170 \quad (36)$$

$$R_{Jahr} = -37.358 + 0.179 * N_{Jahr} \quad r^2 = 0,78, n = 101 \quad (37)$$

wobei

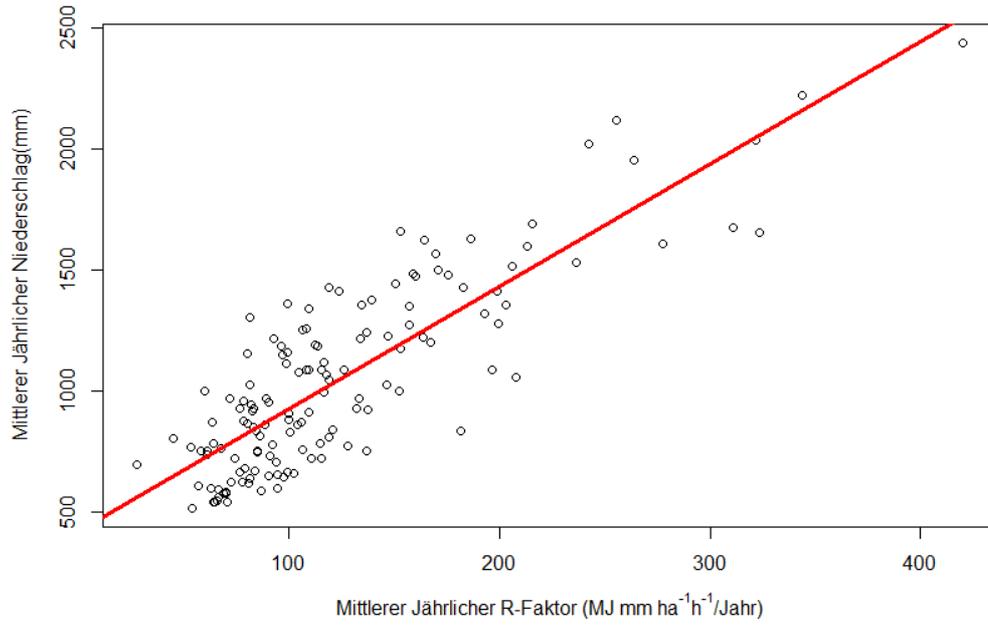


Abbildung 10: Beziehung zwischen Jahresniederschlag und R-Faktor

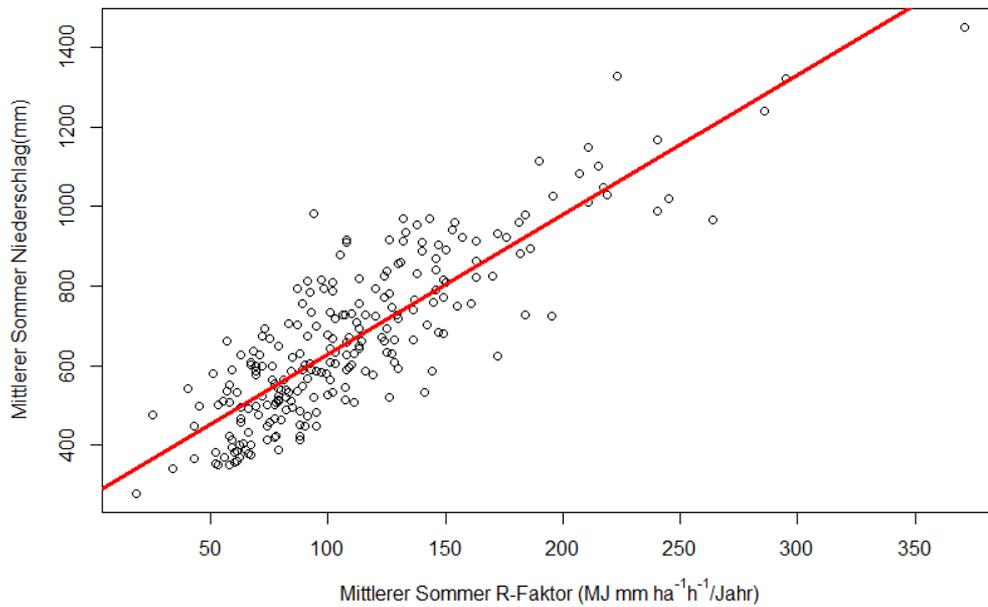
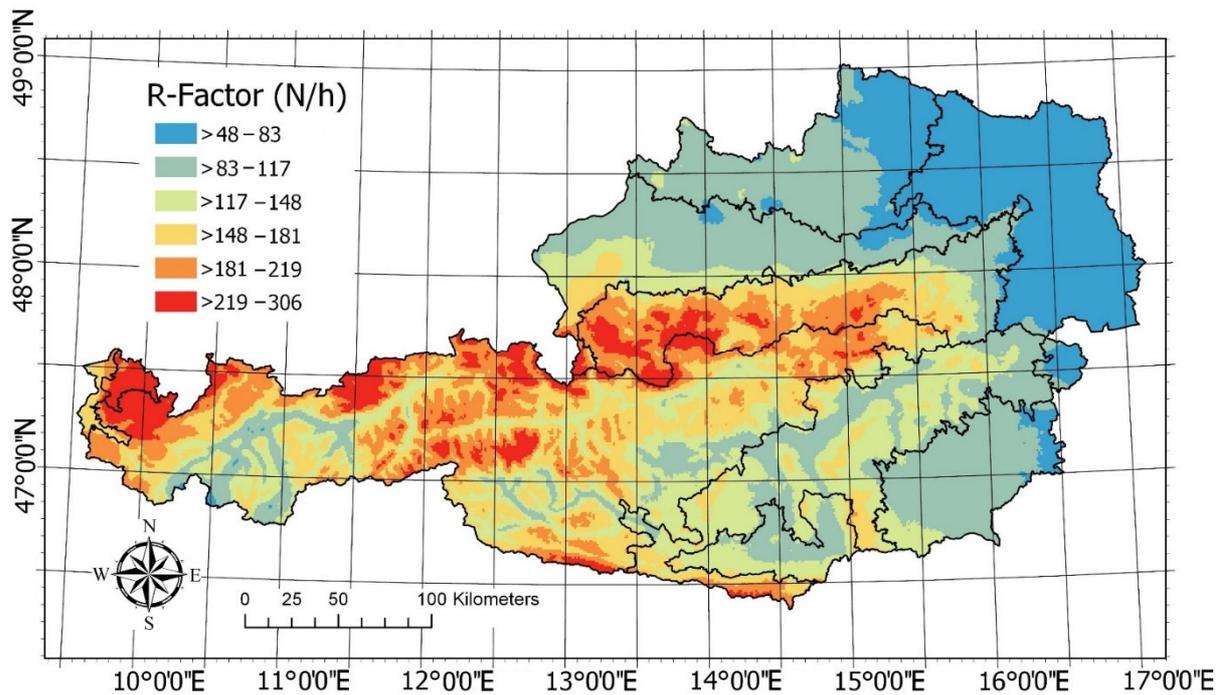


Abbildung 11: Beziehung zwischen Sommerniederschlag und Sommer R-Faktor

© m



A
b

Die mit diesem Verfahren berechneten Einzelwerte der Zellen mit 1 km² liegen in einem Bereich von 48 - 306 N/h. Die niedrigsten R-Faktoren lagen dabei im Nordosten des Landes (NFH, WMV, und SFH). Die höchsten R-Faktoren wurden für die alpinen Regionen Österreichs berechnet (HA und AOR). Diese Ergebnisse aus den Berechnungen der einzelnen Zellen stimmten auch mit der Lage der R-Faktoren jener Stationen mit den höchsten R-Faktoren überein, z.B. Naßfeld, Bödele, Ebnit und Zell-Pfarre.

Tabelle 9 zeigt die durchschnittlichen Jahres R-Faktoren für die verschiedenen Hauptproduktionsgebiete. Die Spannweite der in Österreich gemessenen R-Faktoren liegt dabei zwischen 54 N/h im nordöstlichen Flach- und Hügelland und 198 N/h im Alpenvorland. Im Durchschnitt werden die höchsten R-Faktoren im Hauptproduktionsgebiet Alpenostrand (146 N/h) erreicht und die geringsten R-Faktoren im nordöstlichen Flach- und Hügelland (76 N/h). Die Erosivitätsdichte gibt das Verhältnis von R-Faktor zum Niederschlag an, also wie hoch die Erosivität des Niederschlags pro mm Niederschlag ist. Die räumliche Verteilung der Erosivitätsdichte der ausgewerteten Niederschlagsstationen wird in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt. Im nationalen Durchschnitt weist die Dichte einen Wert von 0,22 N/mm auf, wobei die Hochalpen (HA) die niedrigste Durchschnittsdichte haben von 0,17 N/mm, welches auch in den Stationswerten erkennbar ist. Die geringste Dichte von 0,1 N/mm wurde bei der Station WF-Taschachbach im Gebiet HA gemessen. Der höchste Wert wurde in der Station Pöllau im Alpenostrand (AOR) ermittelt mit einer Dichte von 0,37

*

N/mm. Wobei die höchsten Durchschnittswerte in den Gebieten Südöstliches Flach- und Hügelland mit 0,28 N/mm und Wald- und Mühlviertel mit 0,26 N/mm gemessen wurden.

Tabelle 9: Mittlere (Arithmetisches Mittel MW und Median ME) sowie minimale und maximale Werte der R-Faktoren in den verschiedenen Hauptproduktionsgebieten Österreichs. Arithmetisches Mittel sowie die Standardabweichung des arithmetischen Mittels (SD) wurden flächengewichtet ermittelt. SL = Schlag

	Ø SL-Größe [ha]	Anz. SL	Flächen SL [km²]	Min	Max	MW	SD	ME
Alpenostrand	1.19	55.589	660.62	79	203	110	17	109
Alpenvorland	1.69	195.569	3311.83	64	210	103	18	100
Hochalpen	0.74	22.289	164.07	77	230	123	27	116
Kärntner Becken	1.66	25.626	426.21	97	166	117	12	114
Nö. Flach- u. Hügelland	1.65	314.414	5184.01	49	107	63	8	62
Sö. Flach- u. Hügelland	0.95	150.047	1432.94	70	155	99	12	99
Voralpen	1.07	12.067	128.95	70	251	108	29	97
Wald- und Mühlviertel	1.04	196.422	2041.99	57	125	85	14	85

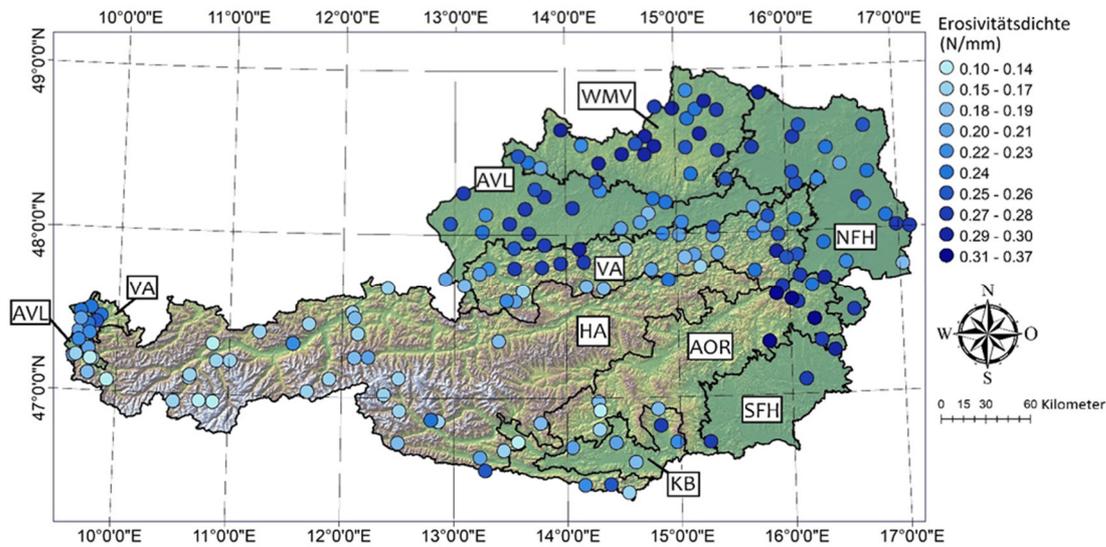


Abbildung 13: Verteilung der Erosivitätsdichten in (N/mm), für die ausgewerteten Messstationen in den verschiedenen Hauptproduktionsgebieten Österreichs

Die räumlichen Verteilungen der R-Faktoren innerhalb der verschiedenen HPG sind in Kartenform im Anhang A dieses Berichts dargestellt.

4.2.2 Jahreszeitlicher Verlauf der Erosivität

Das Auftreten erosiver Niederschläge im Jahresverlauf ist ein wesentlicher Bestandteil des Berechnungsvorgangs für die Bewertung des Managementfaktors (C-Faktor) in der R₂SLE. Um eine regionale Anpassung der Auftrittswahrscheinlichkeiten zu ermöglichen, wurde der jahreszeitliche Verlauf für jedes Hauptproduktionsgebiet (HPG) getrennt ermittelt. Dieser wird in der Abbildung 14 dargestellt. Generell folgt der jahreszeitliche Verlauf einer gemeinsamen Form: in den Sommermonaten, zwischen Anfang Juni und Ende August, werden die höchsten Erosivitäten gemessen, wobei die Spitzenwerte im Monat Juni erzielt wurden. Dieser Trend war für alle HPGs sichtbar, angeführt vom Wald- und Mühlviertel (WMV) mit einer maximalen Erosivität von 1,12 N/h, Ende Juni, und gefolgt vom Nordöstlichen Flach- und Hügelland (NFH) mit 0,89 N/h, Ende Juli. Ab Ende der Sommermonate, im Oktober, sinkt die Erosivität der Niederschläge wieder, auf unter 0,1 N/h während der Wintermonate. Es gibt allerdings auch durchaus regionale Besonderheiten, z.B. zeigen sich im Wald- und Mühlviertel im Vergleich zu anderen Hauptproduktionsgebieten deutlicher ausgeprägte Erosivitätsspitzen im April, während im August, September deutlich geringere Erosivitäten auftreten als in anderen HPG's.

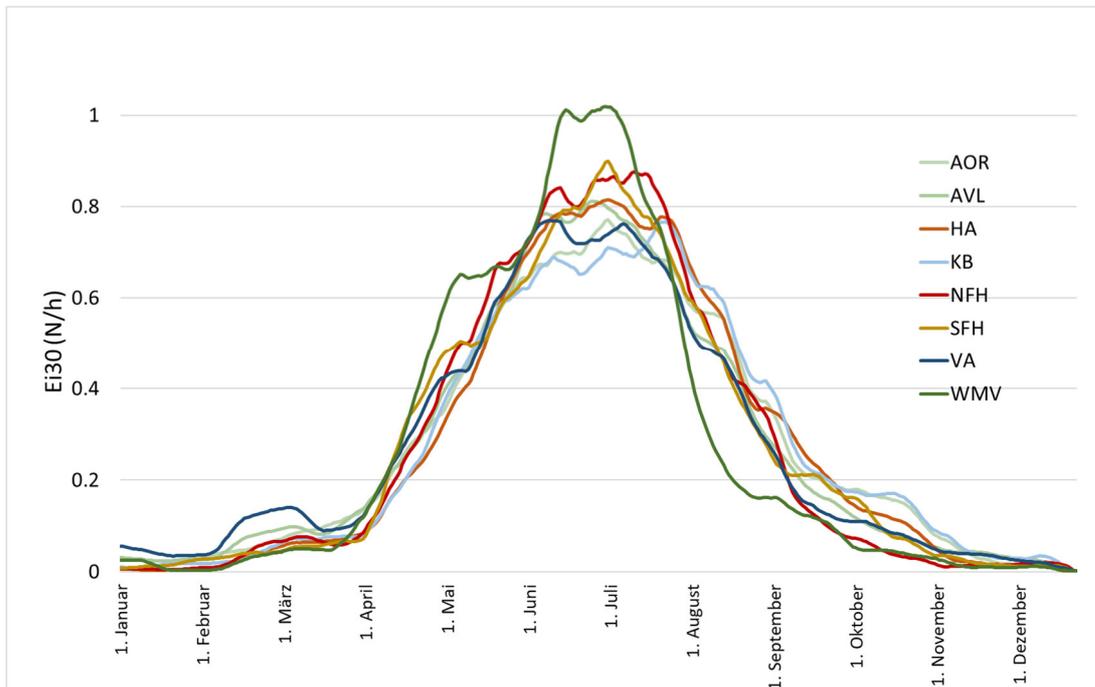


Abbildung 14: Jahresverteilung der Erosivität der Niederschläge der acht Hauptproduktionsgebiete (HPG) Österreichs

4.3 K-Faktoren

Die Bewertung der Erodibilität des Bodens (K-Faktor) für die R₂SLE erfolgte im Wesentlichen über den Schluffgehalt und Steingehalt des Oberbodens (Gleichung

$$K\text{-Faktor} = 0.0086 \text{ Schluffgehalt (\%)} \quad (29).$$

Eine regionale Darstellung der Bodenerodibilitäten zeigt Abbildung 15. Tabelle 10 stellt die mittleren flächengewichteten K-Faktoren für die verschiedenen HPG dar. Allgemein zeigt sich, dass größere Flächenanteile mit hohen K-Faktoren vor allem im Nordöstlichen Flach- und Hügelland, dem Alpenvorland und bestimmten Teilen des Südöstlichen Flach- und Hügellandes auftreten (siehe Anhang B). Aber auch in den übrigen HPG gibt es regionale „Hot spots“, wie aus den regionalen Verteilungen der K-Faktoren (Anhang B) der verschiedenen HPG ersichtlich wird.

Tabelle 10: Mittlere (Arithmetisches Mittel MW und Median ME) sowie minimale und maximale Werte der K-Faktoren in den verschiedenen Hauptproduktionsgebieten Österreichs. Arithmetisches Mittel (MW) sowie die Standardabweichung des arithmetischen Mittels (SD) wurden flächengewichtet ermittelt. SL = Schlag

	Ø SL- Größe [ha]	Anz. SL	Flächen SL [km²]	Min	Max	MW	SD	ME
Alpenostrand	1,19	55.589	661	0,01	0,77	0,2	0,15	0,15
Alpenvorland	1,69	195.569	3.312	0,01	0,87	0,47	0,18	0,5
Hochalpen	0,74	22.289	164	0,01	0,75	0,29	0,17	0,27
Kärntner Becken	1,66	25.626	426	0,01	0,75	0,20	0,14	0,19
Nö. Flach- u. Hügelland	1,65	314.414	5.184	0,01	0,84	0,43	0,19	0,44
Sö. Flach- u. Hügelland	0,95	150.047	1433	0,01	0,73	0,41	0,15	0,43
Voralpen	1,07	12.067	129	0,01	0,71	0,28	0,17	0,28
Wald- und Mühlviertel	1,04	196.422	2.042	0,01	0,79	0,21	0,14	0,19

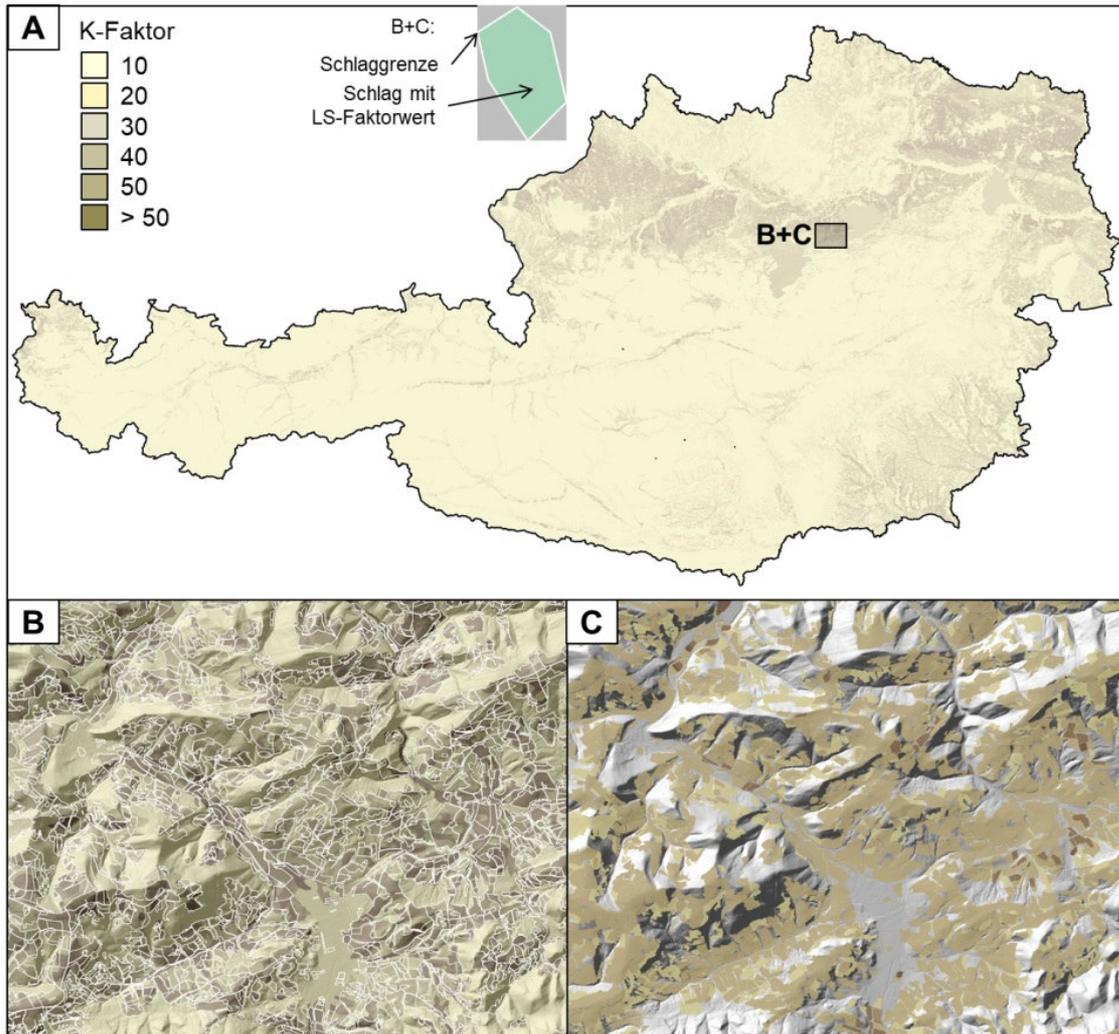


Abbildung 15: Bodenerodibilitäten (K-Faktoren) der österreichischen Böden, dargestellt als K-Faktor x 100

4.4 L-S Faktor

Der kombinierte LS-Faktor repräsentiert die topographischen Eigenschaften der Oberfläche für jeden einzelnen Schlag und setzt sich aus dem Hanglängen- (L-Faktor) und dem Hangneigungsfaktor (S-Faktor) zusammen. Die Berechnung beider Faktoren basiert auf dem Digitalen Geländemodell (DGM) Österreichs mit 10 m x 10 m Rasterzellenauflösung. Die Hanglängen wurden allein auf die landwirtschaftlichen Schläge bezogen und somit nur die Rasterzellen des DGM berücksichtigt, welche innerhalb der einzelnen Schlaggrenzen liegen (Abbildung 16).

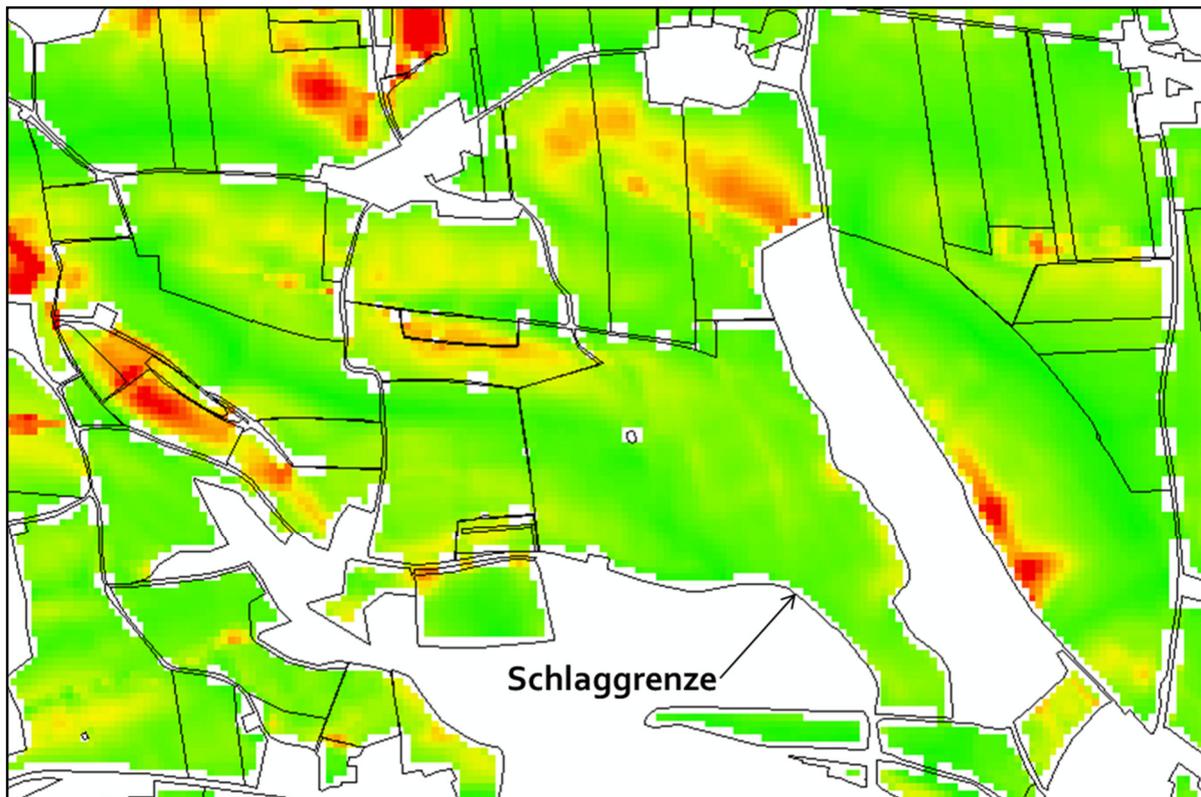


Abbildung 16: Beispiel der LS-Faktor-Berechnung auf Rasterbasis. Weiße Flächen stellen Gebiete dar, die bei der Berechnung der LS-Faktoren nicht berücksichtigt wurden. Grün: Rasterzellen mit niedrigen LS-Faktoren, Gelb bis Rot: Rasterzellen mit mittleren bis hohen LS-Faktorwerten.

Das spezifische Untersuchungsgebiet wurde zunächst auf Basis des hydrologisch korrigierten DGM berechnet. Die hydrologische Korrektur wurde mittels des Fill-Sink-Algorithmus von Planchon und Darboux (2002) durchgeführt, da diese Methode gerade für große Gebiete und hohe Rasterauflösung sehr robust ist.

Die Werte des spezifischen Einzugsgebietes wurden unter Berücksichtigung der konkaven Wölbungen in den Unterhangbereichen (vgl. Griffin et al., 1988) gewichtet. L- und S-Faktor werden dann durch die Formeln von Desmet und Govers (1996) und Nearing et al. (1997) berechnet und anschließend multipliziert. Die landwirtschaftlichen Schläge, welche als Polygondaten vorliegen, werden mit dem LS-Raster überlagert und für jeden Schlag ein mittlerer LS-Faktor berechnet. Die Polygondaten der Schläge werden dann mit den berechneten, mittleren LS-Faktorwerten verknüpft, so dass der LS-Faktor ebenfalls für jeden Schlag als Polygondatensatz vorliegt (vgl. Abbildung 17).

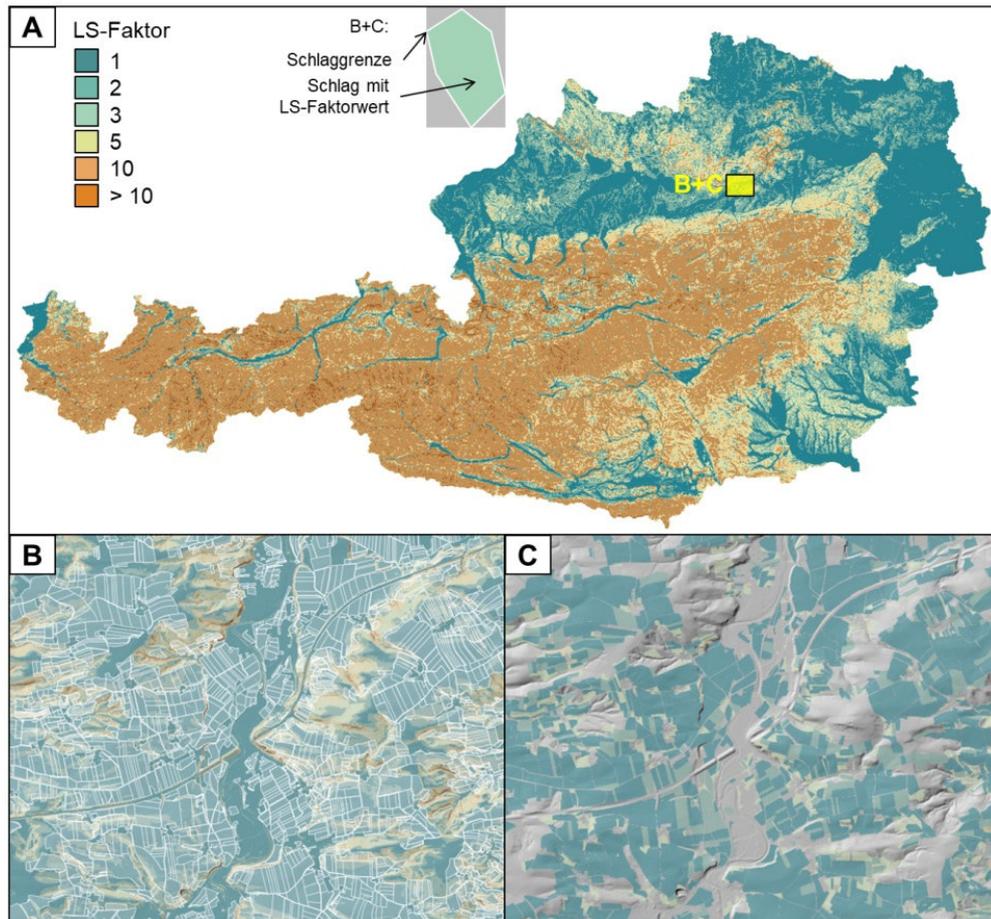


Abbildung 17: Verteilung der LS-Faktoren berechnet für Österreich (A) und einen Teibereich in NÖ (B+C). Die LS-Faktorwerte aus den Rasterdaten werden mit den Schlägen als Polygon-Datensatz überlagert (C)

Die Berechnung des LS-Faktors lieferte einen Mittelwert (MW) für ganz Österreich von 3,87 und eine Standardabweichung (SA) von 3,78. Panagos et al. (2015) berechneten den LS-Faktor für gesamt Europa und geben für Österreich einen MW von 5,20 und eine SA von 5,91 an. Ein wesentlicher Grund für die Differenzen in MW und SA ergibt sich vermutlich durch die Verwendung unterschiedlicher Rasterauflösungen (25 m x 25 m DTM verwendet in der Studie von Panagos et al., 2015), es darf aber auch vermutet werden, dass unterschiedliche Auswertungsalgorithmen verwendet wurden.

Die Methode von Desmet und Govers (1996) ist ein etabliertes Verfahren zur Berechnung des L-Faktors und in der Lage, topographische Eigenheiten, die innerhalb von Flächen auftreten können, zu berücksichtigen (siehe Formel 30). Des Weiteren besteht dadurch die Möglichkeit, die Berechnung des L-Faktors auf sehr große Gebiete rasterbasiert durchzuführen und den einzelnen Schlägen jeweils einen repräsentativen L-Faktor-Wert zuzuordnen.

Zur Begrenzung des L-Faktors wurden Bereiche, die eine Hangneigung von unter 2,86° aufweisen, aus der Berechnung ausgeschlossen. Da das R² SLE-Modell nicht repräsentativ für Hanglängen über 350 m und große Hangneigungen ist, wurde der kombinierte LS-Faktor auf 30 limitiert. Dies betrifft insbesondere Schläge an Alpenhängen, die meist nur als Grünland genutzt werden.

Die L- und S-Faktoren wurden schlussendlich zum kombinierten LS-Faktor multipliziert und jedem Schlag ein einzelner Wert zugeordnet. Dieser errechnet sich durch den Mittelwert aller LS-Faktor-Werte innerhalb des jeweiligen Schlages. Tabelle 11 gibt einen Überblick über statistische Kennwerte der LS-Faktoren in den einzelnen landwirtschaftlichen Hauptproduktionsgebieten.

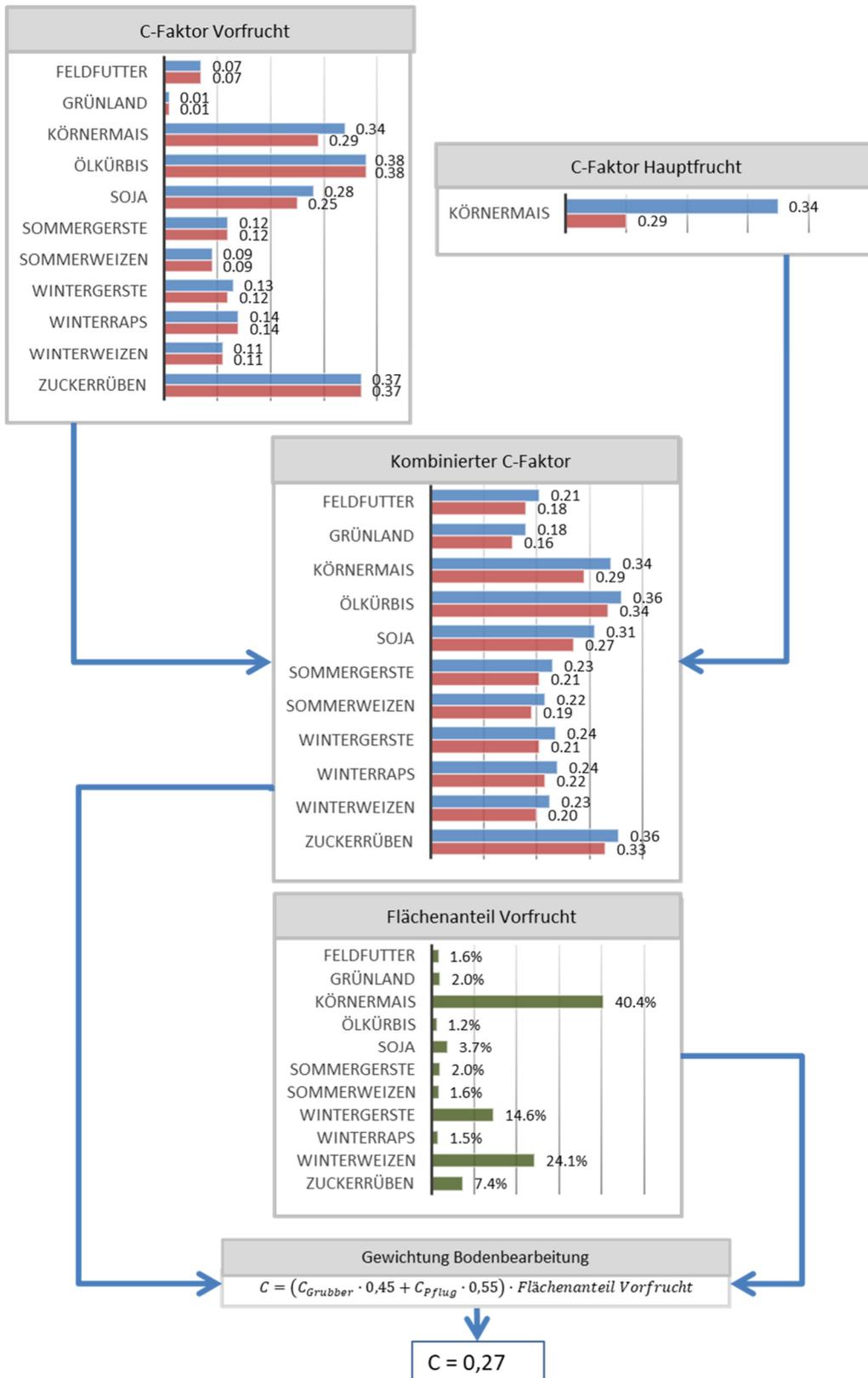
Tabelle 11: Mittlere (Median, ME) sowie extremwertbereinigte minimale und maximale Werte (Min, Max) der LS-Faktoren in den verschiedenen Hauptproduktionsgebieten Österreichs. Arithmetisches Mittel (MW) sowie die Standardabweichung des arithmetischen Mittels (SD) wurden flächengewichtet ermittelt. SL = Schlag

	Ø SL-Größe [ha]	Anz. SL	Flächen SL [km ²]	Min	Max	MW	SD	ME
Alpenostrand	1,19	55.589	661	0,04	24,0	3,1	2,9	2,1
Alpenvorland	1,69	195.569	3312	0,03	23,7	1,6	1,6	1,0
Hochalpen	0,74	22.289	164	0,03	24,0	1,8	2,92	0,8
Kärntner Becken	1,66	25.626	426	0,06	24,0	1,3	1,8	0,7
Nö. Flach- u. Hügelland	1,65	314.414	5184	0,03	17,9	1,0	1,2	0,7
Sö. Flach- u. Hügelland	0,95	150.047	1433	0,03	21,2	1,5	1,7	0,8
Voralpen	1,07	12.067	129	0,06	17,9	2,3	2,3	1,5
Wald- und Mühlviertel	1,04	196.422	2042	0,04	19,0	1,9	1,7	1,5

4.5 C-Faktor der RUSLE

Für die Berechnung der Management Faktoren (C-Faktor) wurden alle in INVEKOS angeführten Feldfrüchte bestimmten Referenzkulturen zugeteilt (siehe dazu 1. Zwischenbericht zum Projekt ErosAT). In die Berechnung integriert waren nicht nur die im betreffenden Jahr angebauten Feldfrüchte, sondern auch die Feldfrüchte des Vorjahres. Diese wurde deswegen durchgeführt, um eventuelle Vorfruchtwirkungen erfassen zu können und die Bedeutung der Fruchtfolge – vor allem im Vergleich konventionell-biologisch und für die korrekte Bewertung von Mulch/Direktsaatverfahren – einordnen zu können. Die verwendeten C-Faktoren stellen also einen Mittelwert einer 2-jährigen Fruchtfolge dar. Eine Ausdehnung der Fruchtfolgen auf weitere Jahre ist technisch zwar machbar, allerdings war bereits eine zweijährige Identifikation von Feldstücken unter den derzeitigen Bedingungen der Datenbankstruktur von INVEKOS schwierig zu realisieren, da die jeweiligen Zuordnungsschlüssel unter Umständen jahresweise variieren.

Zusätzlich zur zweijährigen Bewertung der Fruchtfolge wurde auch die Bodenbearbeitung als Kriterium in den Berechnungsvorgang mit aufgenommen. Die dazu notwendigen Informationen wurden aus diversen Arbeitskreisen der Landwirtschaftskammern, Befragungen einzelner Experten und der Agrarstrukturerhebung 2016 gewonnen. Details dazu finden sich im 1. Zwischenbericht zum Projekt ErosAT. Dieselben Informationsquellen wurden auch dazu verwendet, regionsspezifische Anbau- und Erntetermine, sowie typische Bodenbearbeitungsmaßnahmen für die jeweiligen HPG zu identifizieren. Alle Informationen wurden sowohl für konventionell als auch biologisch wirtschaftende Betriebe getrennt erhoben. Als Beispiel für den Berechnungsvorgang dienen



Abbildung

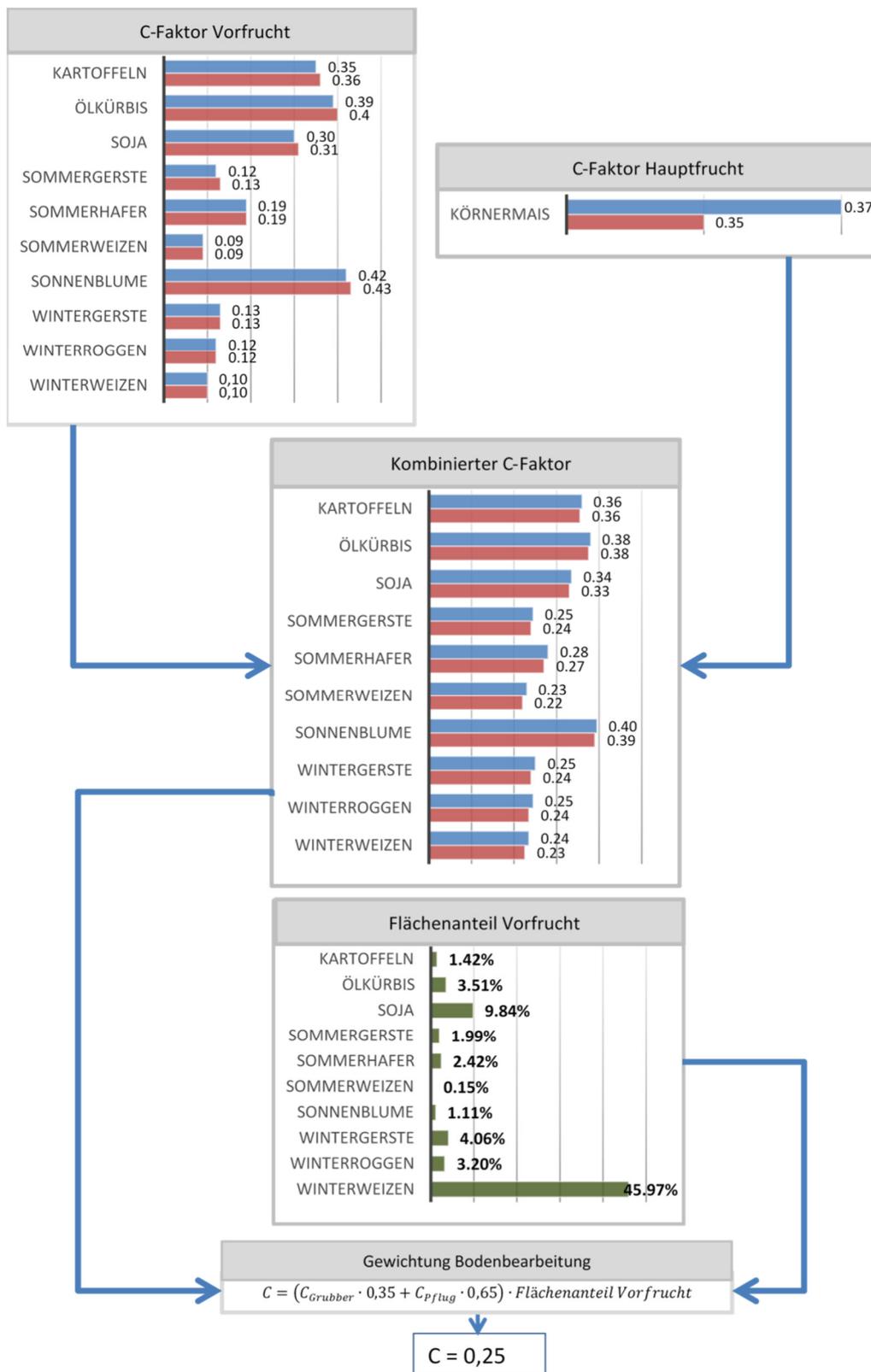


Abbildung 19. Sie stellen die Berechnung des C-Faktors am Beispiel von Körnermais für konventionell (

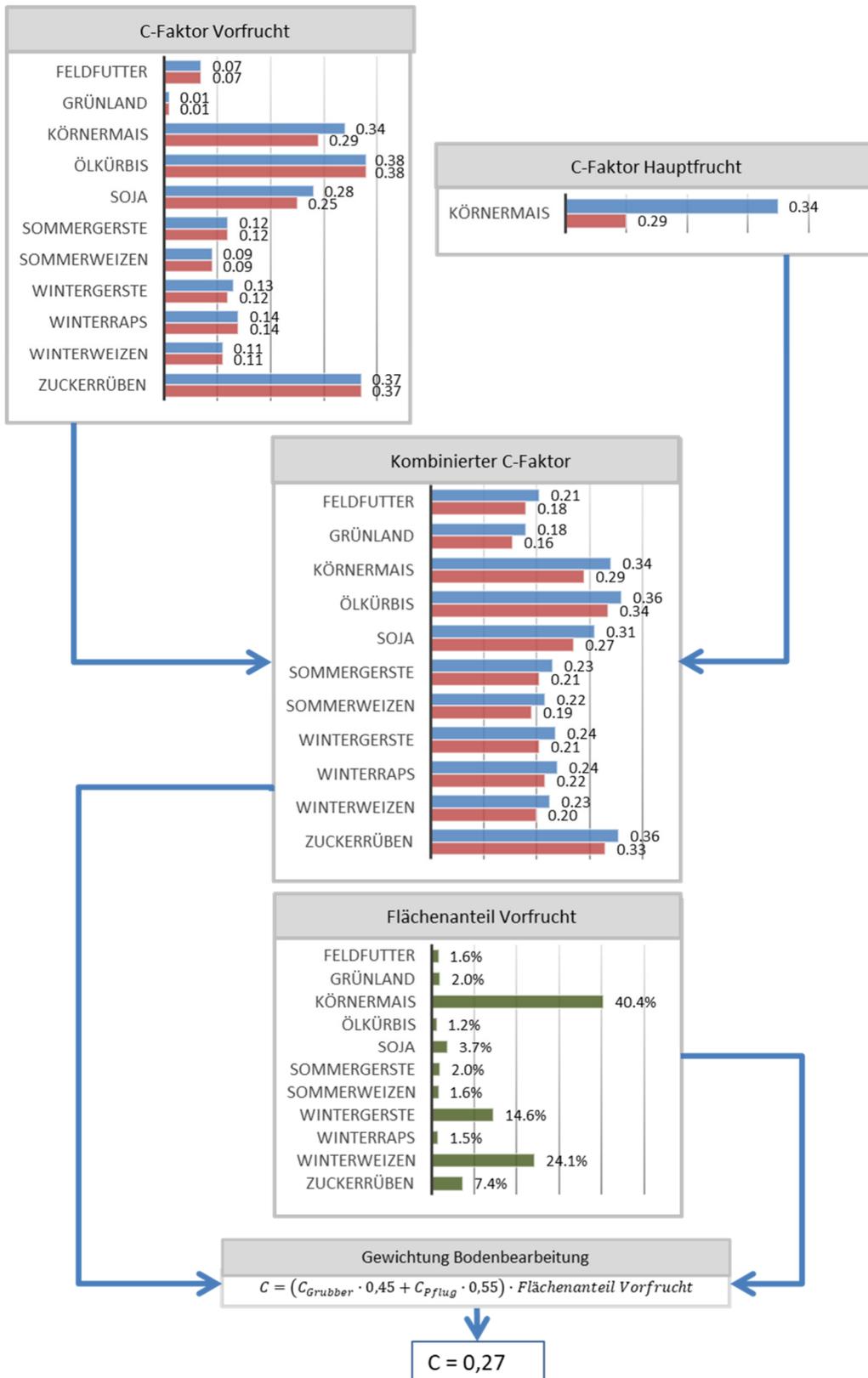


Abbildung 18) und biologisch (

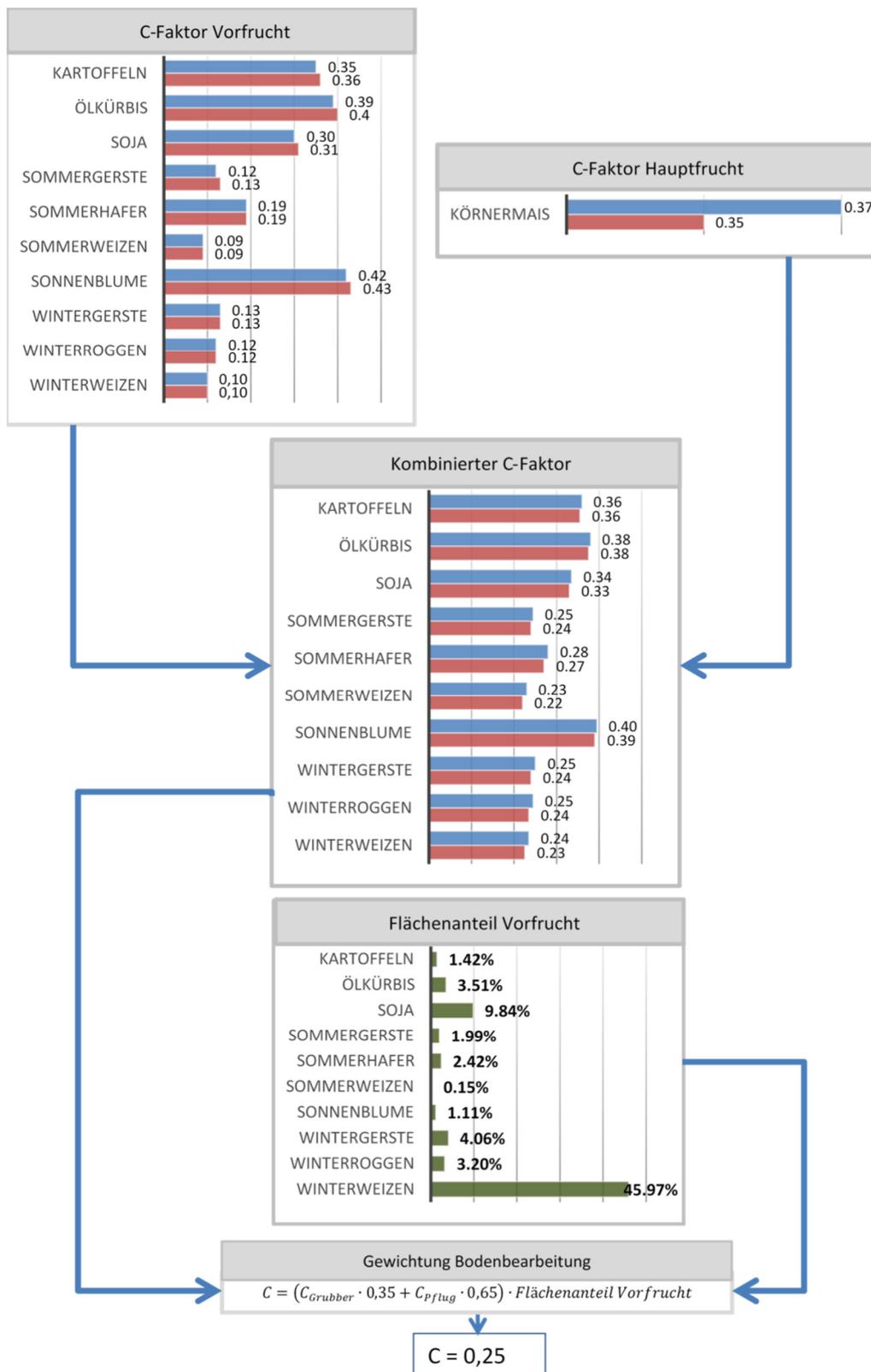


Abbildung 19) wirtschaftende Betriebe für das HPG Wald- und Mühlviertel dar. Daraus wird ersichtlich, dass die Höhe des C-Faktors sich aus mehreren Berechnungsschritten zusammensetzt:

- a) einzelne C-Faktoren der Hauptfrucht
- b) einzelne C-Faktoren der Vorfrüchte
- c) beide Berechnungen werden jeweils für Primärbodenbearbeitung Pflug und Grubber durchgeführt
- d) daraus ergibt sich ein kombinierter C-Faktor für einzelne Hauptfrucht –Vorfrucht Kombinationen
- e) dieser wird über den Flächenanteil der Vorfrucht und der Primärbodenbearbeitungen gewichtet, woraus sich
- f) die endgültige C-Faktor Bewertung für Körnermais im HPG WMV ergibt.

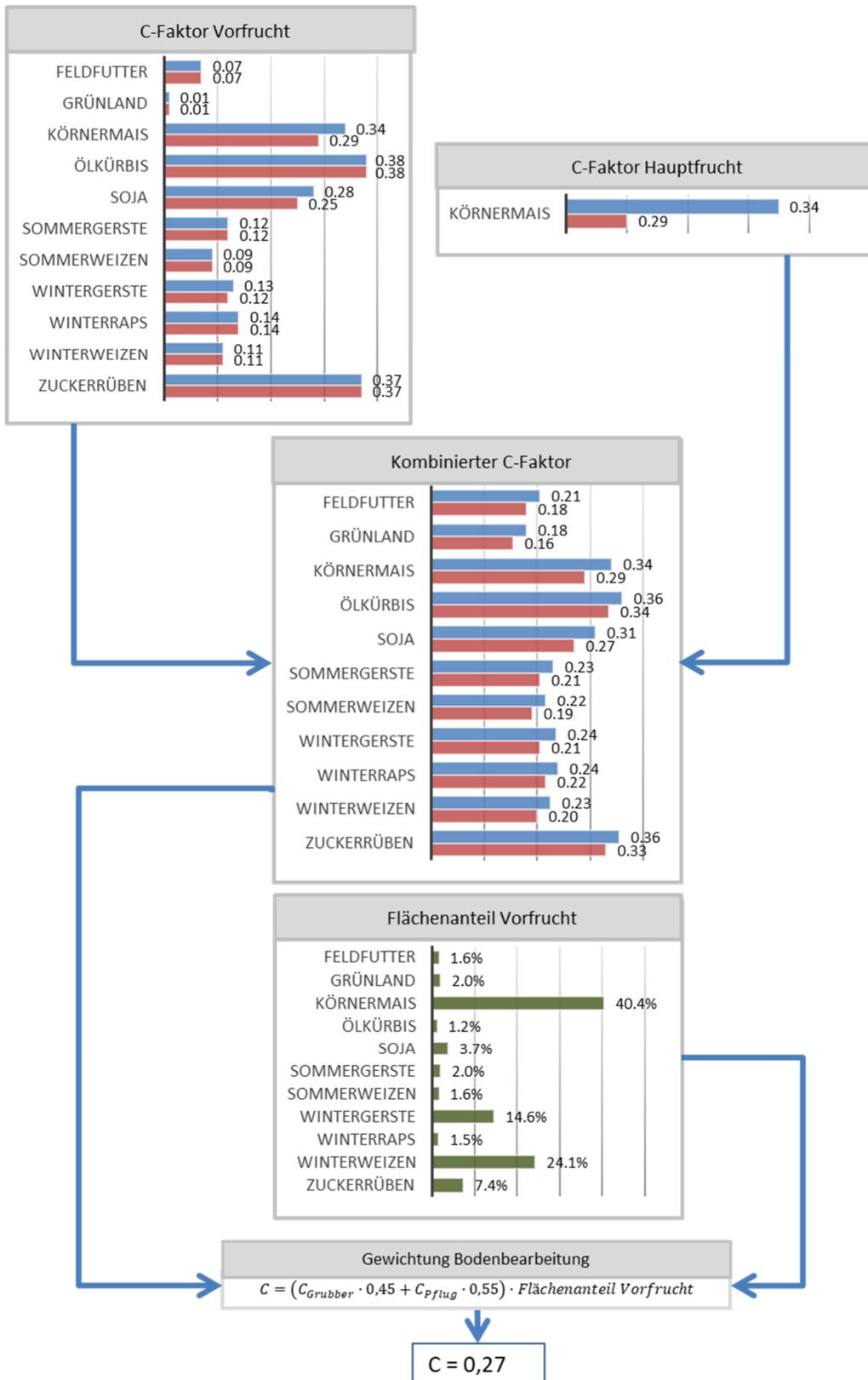


Abbildung 18: Berechnung des C-Faktors am Beispiel Körnermais, konventionelle Wirtschaftsweise im HPG WMV (blau = Pflug, rot = Grubber)

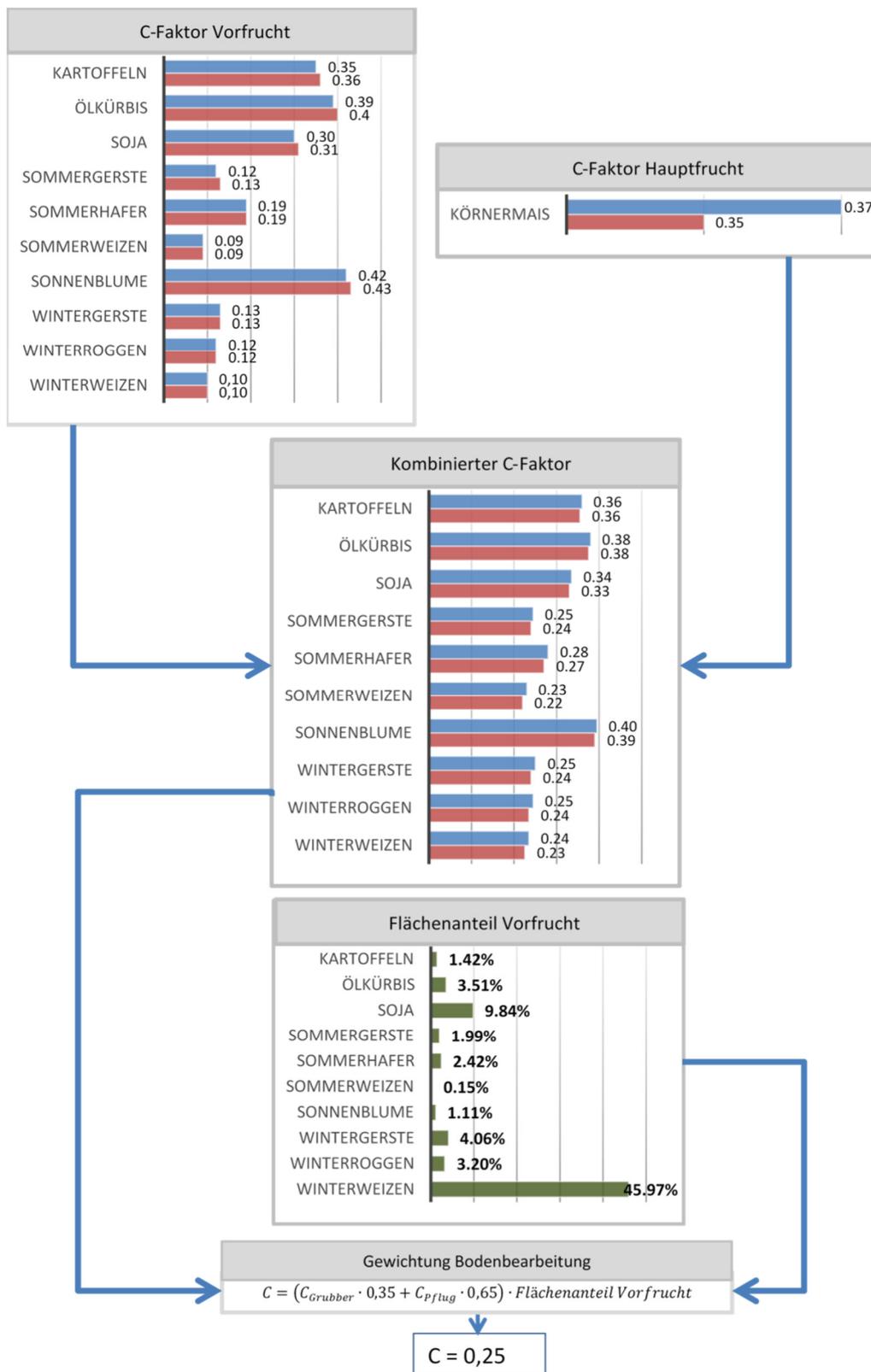


Abbildung 19: Berechnung des C-Faktors am Beispiel Körnermais, biologische Wirtschaftsweise im HPG WMV (blau = Pflug, rot = Grubber)

Als Konsequenz dieses Bewertungsschemas ergibt sich, dass C-Faktoren für gleiche Feldfrüchte sowohl innerhalb gleicher HPG (z.B. im Vergleich von biologischer Bewirtschaftung und konventioneller Bewirtschaftung) als auch zwischen HPG unterschiedliche Werte annehmen können. Tabelle 12 gibt einen Überblick zu mittleren flächengewichteten C-Faktoren in den verschiedenen HPG. Diese beziehen sich auf alle ackerbaulich genutzten Flächen außer Grünland. Grünland hat aufgrund seiner dauerhaften Bodenbedeckung einen sehr niedrigen C-Faktor von 0.01. Wie ersichtlich, weisen die HPG Südöstliches Flach- und Hügelland und Kärntner Becken sowie Alpenvorland die höchsten flächengewichteten mittleren C-Faktoren auf, die niedrigsten C-Faktoren finden sich im Wald- und Mühlviertel. Die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt dann am Beispiel einiger Feldfrüchte den Effekt der unterschiedlichen Primärbodenbearbeitungen für konventionell bewirtschaftete Flächen. Hier wurde das Mittel für alle HPG errechnet. Im Fall der konventionell bewirtschafteten Flächen zeigt sich durchgehend eine Verringerung des C-Faktors in geringem Ausmaß (entsprechend ungefähr einer Verringerung des Bodenabtrags um 5%) durch den Einsatz des Grubbers anstelle des Pflugs.

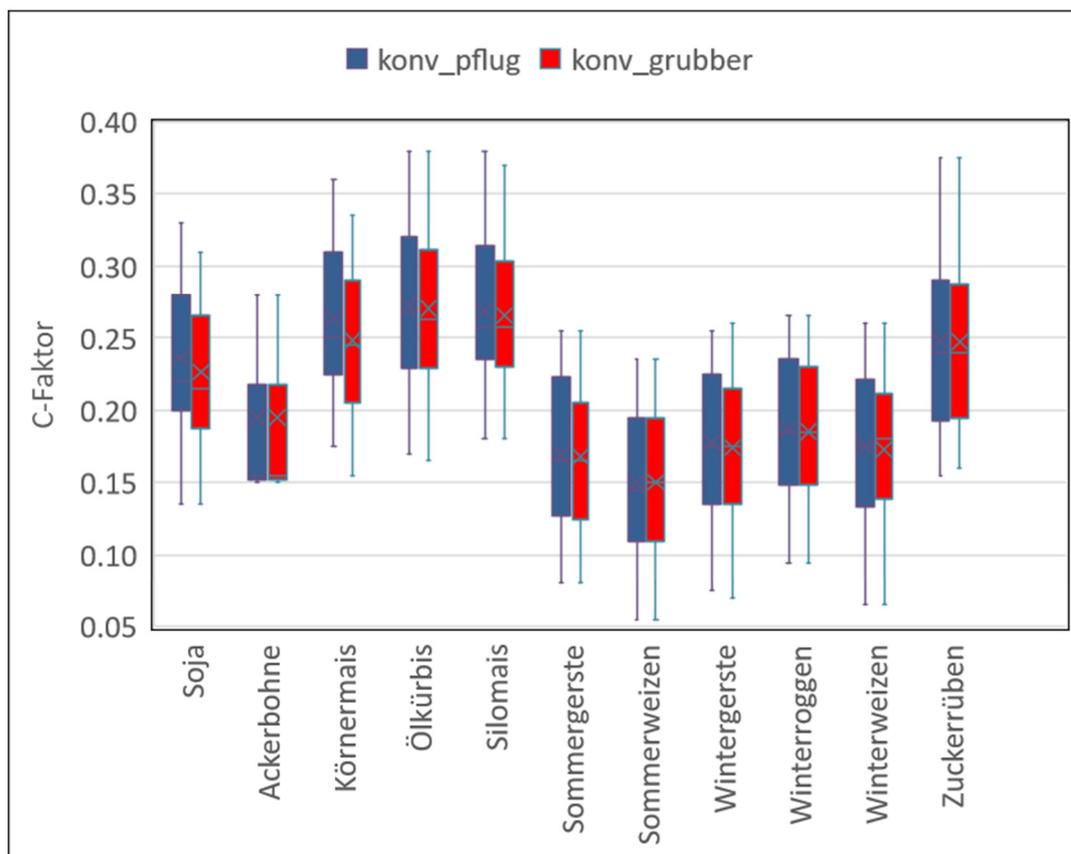


Abbildung 20: C-Faktoren für ausgewählte Feldfrüchte für konventionelle Bewirtschaftung im Vergleich der Primärbodenbearbeitungen Pflug (konv_pflug) und Grubber (konv_grubber).

Tabelle 12: Mittlere sowie minimale und maximale Werte der C-Faktoren der landwirtschaftlich genutzten Flächen (ausgenommen Grünland) in den verschiedenen Hauptproduktionsgebieten Österreichs. SL = Schlag, ME =Median; Arithmetisches Mittel (MW) sowie die Standardabweichung des arithmetischen Mittels (SD) wurden flächengewichtet ermittelt.

	Ø SL-Größe	Anz. SL	Flächen SL	Min	Max	MW	SD	ME
	[ha]	-	[km ²]	-	-	-	-	-
Alpenostrand	1,2	55.589	661	0,01	0,25	0,12	0,06	0,13
Alpenvorland	1,7	195.569	3.312	0,01	0,23	0,12	0,06	0,13
Hochalpen	0,7	22.289	164	0,01	0,27	0,12	0,06	0,11
Kärntner Becken	1,7	25.626	426	0,01	0,26	0,14	0,06	0,16
Nö. Flach- u. Hügelland	1,7	314.414	5.184	0,01	0,24	0,10	0,06	0,12
Sö. Flach- u. Hügelland	1,0	150.047	1.433	0,01	0,27	0,16	0,06	0,18
Voralpen	1,1	12.067	129	0,01	0,25	0,12	0,06	0,14
Wald- und Mühlviertel	1,0	196.422	2.042	0,01	0,22	0,10	0,05	0,10

5 Berechnete Bodenabträge

Tabelle 13 gibt einen Überblick zu den flächengewichteten Bodenabträgen in den einzelnen HPG und Bundesländern für das Jahr 2018. In diese Berechnung wurden nur Ackerflächen einbezogen. Ebenfalls in die Berechnung einbezogen wurden die Effekte der Mulchsaat und der Biologischen Wirtschaftsweise sowie die Effekte der Maßnahme „Begrünung“.

Tabelle 14 stellt den berechneten Bodenabtrag aller landwirtschaftlich genutzten Flächen (Acker, Grünland, Weinbau, Obstbau, Weinbau) dar. Im Vergleich der Jahre 2016 und 2018 zeigen sich nur geringe Unterschiede mit einer geringen Tendenz der Verringerung des Bodenabtrags von 2016 auf 2018. Die Auswertungen der nächsten Jahre werden zeigen, ob sich diese Tendenz fortsetzt, oder hier zufällige Schwankungen zwischen einzelnen beobachteten Jahren stattfinden. Aufgrund der nur geringen Unterschiede im Vergleich der Jahre 2016 und 2018 wurde auf weitere vergleichende Darstellungen der Jahre 2016 und 2018 verzichtet.

Zur Auswertung der durchschnittlichen Bodenabträge kann festgestellt werden, dass die wesentlichen Problemgebiete zum Bodenabtrag im niederösterreichischen und oberösterreichischen Alpenvorland, sowie im südöstlichen Flach- und Hügelland der Steiermark liegen. Die für das HPG Voralpen ausgewiesenen Bodenabträge sind zwar von ihrem Betrag her hoch, betreffen aber nur geringe Flächenanteile. Da hier allerdings nur Durchschnittswerte angegeben werden, wird im Wesentlichen das großflächige Erosionsrisiko abgebildet. Die räumliche Verteilung des Erosionsrisikos in den verschiedenen HPG und Bundesländern zeigen die Karten des Bodenabtrags im Anhang E dieses Berichts. Daraus wird deutlich, dass für den Bodenabtrag kritische Flächen in allen HPG zu finden sind. Dies wird auch aus der Aufstellung der Flächen mit einem Bodenabtrag $> 11 \text{ t/ha/a}$ ersichtlich. Insgesamt sind rund 213.000 ha Ackerland mit einem aktuellen Bodenabtrag von mehr als 11 t/ha/a ausgewiesen, was einem Flächenanteil von 16% der Ackerfläche entspricht. Im Vergleich der

Tabelle 13 und Tabelle 14 zeigt sich natürlich der positive Effekt der Einbeziehung von Grünlandflächen in die Gesamtkalkulation. Aufgrund des geringen Bodenabtrags (Management Faktor von 0,01 bei Dauergrünland) reduzieren sich auch die durchschnittlichen Bodenabträge für die jeweiligen HPG im Verhältnis des Anteils von Grünland an der jeweiligen bewirtschafteten Gesamtfläche. Insgesamt betrug für das Jahr 2018 der durchschnittlich errechnete Bodenabtrag aller landwirtschaftlich genutzten Flächen 3,9 t/ha/Jahr. Um den Beitrag einzelner Erosionsfaktoren zum Erosionsgeschehen darzustellen wurden die mittleren Einzelfaktoren standardisiert und als relative Abweichungen zum jeweils mittleren Erosionsfaktor dargestellt (Abbildung 21).

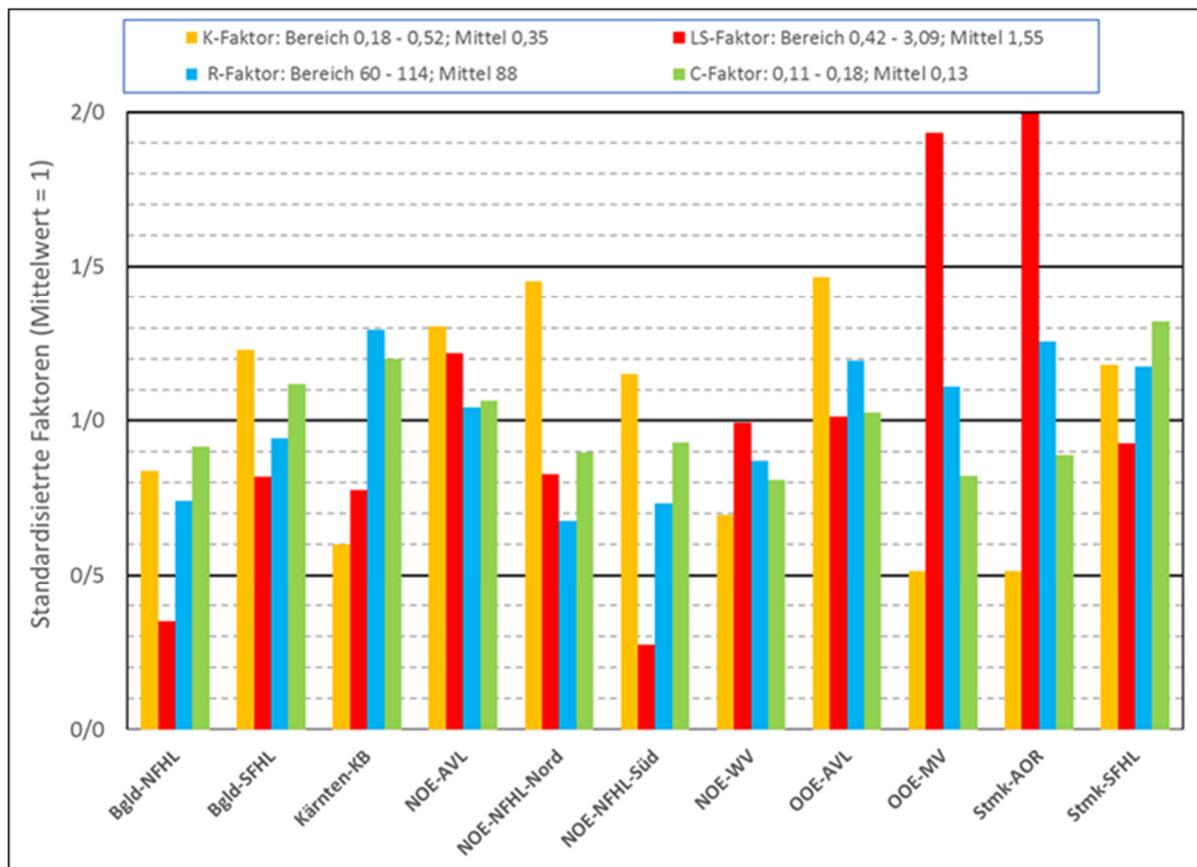


Abbildung 21: Mittlere standardisierte Faktoren (K-, LS-, R- und C-Faktor) in den wichtigsten Ackerbauregionen

Wie Abbildung 21 zeigt, liegt in Ebenen im Nordosten der LS-Faktor (Hangneigung und –länge) nur bei etwa 30% des Mittels, sodass primär daher höhere Bodenabträge nicht vorkommen. In

den Regionen mit den höchsten Bodenabträgen liegen alle Faktoren im Bereich des Mittels und deutlich um 20-40% darüber. Die Kenntnis der jeweiligen Erosionsgefährdung der einzelnen Schläge ist Voraussetzung dafür, dass die Maßnahmen gezielt und somit effektiv und effizient umgesetzt werden. Die potentielle Erosionsgefährdung steht nun für jede Einzelfläche zur Verfügung, durch die angepasste Bewirtschaftung inkl. Nutzungsart und Feldfrucht, sind Verminderungen des Bodenabtrages um mehr als 50% erzielbar.

Tabelle 13: Gesamter Bodenabtrag, Fläche, mittlere Erosion und Flächenanteile über 11 t/ha/a in den verschiedenen HPG und BL (Bewirtschaftungsdaten 2018)¹

Region	Bodenabtrag	Fläche	Erosion	Flächen > 11 t/ha
-	t	ha	t/ha/a	ha (%)
ooe_VA	29.012	2.288	12,7	838 (37%)
ooe_AVL	2.484.644	227.040	10,9	84.193 (37%)
noe_AVL	970.016	91.173	10,6	31.459 (35%)
stm_SFH	951.714	98.968	9,6	27.511 (28%)
sbg_VA	183	20	9,3	4 (19%)
noe_VA	85.542	9.546	9,0	2.231 (23%)
noe_A ² R	102.715	15.054	6,8	2.696 (18%)
bgl_A ² R	61.556	9.606	6,4	1.715 (18%)
bgl_SFH	251.303	42.960	5,9	6.843 (16%)
sbg_AVL	16.517	2.977	5,6	390 (13%)
stm_A ² R	142.409	26.109	5,5	3.397 (13%)
vbg_VA	1.337	248	5,4	14 (6%)
ooe_WMV	307.367	58.625	5,2	6.986 (12%)
sbg_HA	9.212	1.848	5,0	218 (12%)
noe_NFH_N	1.200.934	253.736	4,7	30.062 (12%)
trl_HA	30.706	6.953	4,4	648 (9%)
ktn_A ² R	54.400	13.143	4,1	1.185 (9%)
ktn_KB	168.226	41.301	4,1	3.868 (9%)
vbg_HA	341	109	3,1	3 (3%)
stm_HA	4.124	1.374	3,0	53 (4%)

Region	Bodenabtrag	Fläche	Erosion	Flächen > 11 t/ha
-	t	ha	t/ha/a	ha (%)
noe_WMV	396.904	137.957	2,9	3.678 (3%)
vbg_AVL	6.031	2.193	2,8	29 (1%)
ktn_HA	10.490	4.777	2,2	94 (2%)
noe_NFH_S	244.401	159.982	1,5	3.720 (2%)
wien_NFH	5.681	3.732	1,5	8 (0%)
bgl_NFH	147.745	103.712	1,4	879 (1%)
Österreich	7.683.509	1.315.430	5,8	212.723 (16%)

¹Das Ergebnis stellt ein flächengewichtetes Mittel unter Einbeziehung der Maßnahmen „Biologische Wirtschaftsweise“, „Begrünung von Ackerflächen – Zwischenfruchtanbau“ und „Mulch/Direktsaat“ dar. Die Flächenanteile mit einem Bodenabtrag über 11 t/ha/a sind gesondert ausgewiesen.

Tabelle 14: Gesamter Bodenabtrag, Fläche, mittlere Erosion und Flächenanteile über 11 t/ha/a in den verschiedenen HPG und Bundesländern Österreichs im Vergleich der Jahre 2016 und 2018

Region	2016 Bodenabtrag	2016 Fläche	2016 Erosion	2018 Bodenabtrag	2018 Fläche	2018 Erosion
-	t	ha	t/ha/a	t	ha	t/ha/a
noe_AVL	1.010.679	120.319	8,4	1.008.515	120.222	8,4
ooe_AVL	2.569.572	307.375	8,4	2.553.412	307.396	8,3
stm_SFH	1.128.275	141.182	8,0	1.094.756	141.053	7,8
bgl_A R	60.684	10.594	5,7	62.396	11.371	5,5
bgl_SFH	249.880	46.216	5,4	258.166	48.929	5,3
noe_NFH_N	1.322.335	279.148	4,7	1.310.596	279.588	4,7
noe_A R	111.324	26.170	4,3	110.338	26.208	4,2
vbg_VA	46.642	13.811	3,4	46.413	13.716	3,4
ooe_VA	131.163	42.481	3,1	130.624	42.631	3,1
ktn_KB	190.301	70.193	2,7	187.613	70.019	2,7
noe_VA	233.044	85.492	2,7	230.874	85.676	2,7
sbg_VA	39.659	15.662	2,5	39.568	15.676	2,5
vbg_HA	34.986	13.855	2,5	34.651	13.772	2,5
ooe_WMV	348.973	147.921	2,4	347.593	147.886	2,4
noe_WMV	410.715	183.391	2,2	412.676	183.007	2,3
wien_NFH	8.537	3.447	2,5	10.145	4.808	2,1
stm_A R	235.966	118.872	2,0	227.024	118.993	1,9
ktn_A R	94.169	56.418	1,7	93.064	57.030	1,6
noe_NFH_S	251.005	165.729	1,5	256.162	168.628	1,5
bgl_NFH	156.598	113.376	1,4	164.438	120.236	1,4
trl_HA	146.957	106.979	1,4	143.578	104.906	1,4
sbg_HA	73.939	57.125	1,3	73.158	55.809	1,3
sbg_AVL	39.464	31.397	1,3	39.512	31.656	1,2
vbg_AVL	13.768	11.999	1,1	13.648	11.857	1,2
ktn_HA	24.909	28.870	0,9	24.755	28.958	0,9
stm_HA	40.287	52.635	0,8	40.281	52.815	0,8
Österreich	8.973.835	2.250.666	4,0	8.913.961	2.262.857	3,9

Das Ergebnis stellt ein flächengewichtetes Mittel aller landwirtschaftlich genutzten Flächen (Acker, Grünland, Weinbau, Obstbau) unter Einbeziehung der Maßnahmen „Biologische Wirtschaftsweise“, „Begrünung von Ackerflächen – Zwischenfruchtanbau“ und „Mulch/Direktsaat“ dar.

6 Maßnahmenbewertung

In den folgenden Kapiteln wird die Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen bewertet. Dabei werden immer zwei wesentliche Unterscheidungskriterien dargestellt. Einerseits ist dies die potentielle Wirksamkeit einer Maßnahme. Sie gibt Auskunft darüber, wie effektiv die Maßnahme ist, wenn sie auf einer Fläche angewendet werden würde. Dies kann durch die Änderung des C-Faktors bei Anwendung der Maßnahme dargestellt werden. Die aktuelle (tatsächliche) Wirkung einer Maßnahme hängt aber nicht nur von ihrer potentiellen Wirksamkeit ab, sondern vom Ausmaß ihrer Anwendung. Dazu gehören auch Fruchtfolgeeffekte. Dies wird z.B. bei der Maßnahme biologische Bewirtschaftung deutlich, wo die C-Faktoren der Einzelfrüchte wegen zusätzlicher Bodenbearbeitung zur Unkrautregulierung durchwegs höhere Werte aufweisen, als die vergleichbaren C-Faktoren bei konventioneller Bewirtschaftung. Trotzdem wird letztendlich für biologisch bewirtschaftete Flächen ein geringerer Bodenabtrag berechnet, weil hier stark geänderte Fruchtfolgen eingesetzt werden, die weniger erosionsanfällig sind. Dies zur Erklärung des Unterschiedes zwischen potentieller und aktueller Wirksamkeit von Maßnahmen.

6.1 Maßnahme „Mulch- und Direktsaat (inkl. Strip-Till)“

6.2 Potentielle Wirksamkeit

Die potentielle Wirksamkeit dieser Maßnahme schwankt in Abhängigkeit der untersuchten Feldfrucht, der Region (HPG) und des Verhältnisses Grubbereinsatz/Pflugeinsatz, wie bereits dargestellt. Die mittlere Effektivität über alle HPG, Feldfrüchte und Bodenbearbeitungsvarianten liegt dabei für konventionell bewirtschaftete Flächen in einem Bereich zwischen 50 - 60%, d.h. Mulchsaat reduziert den Bodenabtrag in dieser Größenordnung. Für biologisch bewirtschaftete Flächen ergeben sich niedrigere potentielle Effektivitäten im Bereich von 30 - 40% Reduktion. Insgesamt sind hier allerdings große Schwankungen möglich, weil Flächen mit Direktsaat den Bodenabtrag wesentlich effektiver reduzieren im Vergleich zu Mulchsaat oder auch Strip Till. Die derzeitige Maßnahmenausweisung lässt eine getrennte Beurteilung dieser Maßnahmen allerdings nicht zu. Außerdem hängt die tatsächliche Wirkung der Maßnahme Mulchsaat von der Qualität der Bodenbedeckung auf den derart genutzten Flächen ab. In dieser Arbeit wurden dabei günstige Verhältnisse der Bodenbedeckung angenommen, die Realität zeigt allerdings, dass in der Mehrzahl der Fälle die Bodenbedeckung bei

Mulchsaatverfahren sehr mangelhaft ist. In Zukunft sollten daher Mulch- und Direktsaat separate Maßnahmen darstellen.

6.3 Aktuelle Wirksamkeit

In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Tabelle 16 sind die berechneten Auswirkungen der Maßnahme Mulch- und Direktsaat (inkl. Strip-Till) in den verschiedenen HPG dargestellt (im Folgenden nur noch Mulchsaat bzw. MS genannt). Die HPG wurden nochmals nach Bundesländern gesplittet. Außerdem wurde eine Aufteilung der Bewertung zwischen konventionell und biologisch bewirtschafteten Flächen vorgenommen.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. zeigt den Bodenabtrag der biologisch bewirtschafteten Flächen mit und ohne Mulchsaat. Dabei stellt der Parameter **MS** - den Bodenabtrag dar unter der Annahme, dass alle Flächen ohne Mulchsaat bewirtschaftet wurden und **MS+** stellt den mittleren Bodenabtrag der gesamten biologisch bewirtschafteten Fläche mit Berücksichtigung der Mulchsaat auf den betroffenen Flächen dar.

Die gleiche Art der Auswertung zeigt für die konventionell bewirtschafteten Flächen (Tabelle 16) in den Bundesländern/HPG, die einen größeren Flächenanteil mit der Maßnahme MS belegt haben, einen deutlicheren Rückgang der Bodenerosion. Dies betrifft vor allem das Oö. Alpenvorland und das Nö. Alpenvorland.

Die höchsten Bodenabträge wurden sowohl für biologisch als auch konventionell bewirtschaftete Flächen in den HPG AVL und SFH berechnet, die deutlich höhere durchschnittliche Bodenabträge im Vergleich zu den anderen HPG aufweisen. Dies zeigt sich auch bei der Auswertung der Feldstücke mit Bodenabträgen > 11 t/ha/a. Für die HPG AVL und SFH liegen die Flächenanteile dieser Feldstücke für biologische Wirtschaftsweise zwischen 21% und 31%, für die konventionelle Wirtschaftsweise zwischen 28% und 38%. Im Vergleich dazu liegen die Flächenanteile dieser Feldstücke für die anderen HPG deutlich darunter. Dieser Vergleich der biologisch und der konventionell bewirtschafteten Flächen zeigt, dass die biologisch bewirtschafteten Feldstücke einen wesentlich geringeren Flächenanteil mit >11t/ha/a aufweisen.

Da die Gesamtteilnahme der biologisch wirtschaftenden Betriebe an der Mulchsaat-Maßnahme sehr gering ist, ergeben sich für den durchschnittlichen Bodenabtrag in den verschiedenen HPG keine oder nur ein geringe Unterschiede, wenn man den Effekt der Maßnahme MS in Vergleich zu den Flächen ohne MS setzt (Indikator MS- versus MS+).

Tabelle 15: Auswirkung von Mulchsaat (MS) auf den Bodenabtrag der Ackerflächen mit biologischer Bewirtschaftung in den verschiedenen Bundesländern und HPG (2018). Die Flächen mit einem Bodenabtrag über 11 t/ha sind gesondert ausgewiesen. Dargestellt werden flächengewichtete Ergebnisse. **MS -**: Bodenabtrag unter der Annahme, dass alle Flächen ohne Mulchsaat bewirtschaftet wurden **MS +**: Durchschnittlicher Bodenabtrag der gesamten biologisch bewirtschafteten Fläche je Region mit Mulchsaat auf den betroffenen Flächen

Region	Fläche (ohne MS/mit MS)	Bodenabtrag MS -	Bodenabtrag MS+	Fläche MS - > 11 t/ha	Fläche MS+ > 11 t/ha
-	ha	t/ha/a	t/ha/a	ha (%)	ha (%)
vbg_VA	20/0	15,9	15,9	2 (13%)	2 (13%)
sbg_VA	7/0	11,1	11,1	2 (25%)	2 (25%)
ooe_VA	259/0	10,6	10,6	93 (36%)	93 (36%)
ooe_AVL	19.000/677	9,2	9,1	6.056 (31%)	6.018 (31%)
noe_AVL	5.767/223	8,5	8,4	1.643 (27%)	1.629 (27%)
stm_SFH	4.003/276	7,2	7,0	944 (22%)	907 (21%)
noe_VA	1.596/29	6,5	6,5	278 (17%)	278 (17%)
bgl_SFH	6.569/822	6,0	5,8	1.189 (16%)	1.144 (15%)
bgl_A ² R	3.156/75	5,8	5,7	461 (14%)	454 (14%)
vbg_HA	7/0	5,6	5,6	1 (8%)	1 (8%)
noe_A ² R	2.735/19	5,6	5,6	332 (12%)	332 (12%)
sbg_HA	1.318/0	5,1	5,1	168 (13%)	168 (13%)
stm_A ² R	4.706/0	4,8	4,8	541 (11%)	541 (11%)
noe_NFH_N	36.686/1.399	4,3	4,1	3.674 (10%)	3.450 (9%)
sbg_AVL	506/0	4,2	4,2	28 (6%)	28 (6%)
ktn_A ² R	3.275/7	3,8	3,8	251 (8%)	251 (8%)
trl_HA	741/0	3,5	3,5	47 (6%)	47 (6%)
ktn_KB	6.338/25	3,4	3,4	440 (7%)	437 (7%)
ooe_WMV	12.172/10	3,2	3,2	474 (4%)	474 (4%)
stm_HA	172/0	2,8	2,8	5 (3%)	5 (3%)
vbg_AVL	187/0	2,3	2,3	3 (2%)	3 (2%)
noe_WMV	39.181/167	2,3	2,3	393 (1%)	392 (1%)
ktn_HA	802/0	2,1	2,1	15 (2%)	15 (2%)

Region	Fläche (ohne MS/mit MS)	Bodenabtrag MS -	Bodenabtrag MS+	Fläche MS - > 11 t/ha	Fläche MS+ > 11 t/ha
-	ha	t/ha/a	t/ha/a	ha (%)	ha (%)
wien_NFH	790/11	1,6	1,6	0 (0%)	0 (0%)
noe_NFH_S	29.694/2.881	1,3	1,2	316 (1%)	241 (1%)
bgl_NFH	34.426/3.796	1,3	1,3	297 (1%)	264 (1%)
Österreich	214.112/10.418	3,6	3,5	17.655 (8%)	17.179 (8%)

Tabelle 16: Auswirkung von Mulchsaat (MS) auf den Bodenabtrag der Flächen mit konventioneller Bewirtschaftung in den verschiedenen Bundesländern und HPG (2018). Die Flächen mit einem Bodenabtrag über 11 t/ha sind gesondert ausgewiesen. Dargestellt werden flächengewichtete Ergebnisse. **MS -**: Bodenabtrag unter der Annahme, dass alle Flächen ohne Mulchsaat bewirtschaftet wurden **MS +**: Durchschnittlicher Bodenabtrag der gesamten konventionell bewirtschafteten Fläche je Region mit Mulchsaat auf den betroffenen Flächen

Region	Fläche (ohne MS/mit MS)	Bodenabtrag MS -	Bodenabtrag MS+	Fläche > 11 t/ha MS -	Fläche > 11 t/ha MS+
-	ha	t/ha/a	t/ha/a	ha (%)	ha (%)
ooe_VA	1.950/79	13,1	12,9	760 (37%)	745 (37%)
ooe_AVL	180.099/27.264	12,2	11,1	86.571 (42%)	78.175 (38%)
noe_AVL	74.814/10.369	11,7	10,8	32.880 (39%)	29.830 (35%)
stm_SFH	90.543/4.147	9,9	9,7	26.984 (28%)	26.604 (28%)
noe_VA	7.589/332	9,7	9,5	2.010 (25%)	1.954 (25%)
sbg_VA	13/0	8,3	8,3	2 (16%)	2 (16%)
noe_A R	12.069/231	7,2	7,1	2.405 (20%)	2.365 (19%)
bgl_A R	5.992/384	7,0	6,7	1.388 (22%)	1.261 (20%)
bgl_SFH	31.801/3.768	6,2	5,9	6.125 (17%)	5.699 (16%)
ooe_WMV	44.650/1.793	6,0	5,8	6.989 (15%)	6.512 (14%)
sbg_AVL	2.424/47	5,9	5,8	362 (15%)	362 (15%)
stm_A R	21.296/107	5,6	5,6	2.868 (13%)	2.857 (13%)
noe_NFH_N	188.908/26.742	5,3	4,8	31.435 (15%)	26.612 (12%)
sbg_HA	530/0	4,8	4,8	50 (9%)	50 (9%)
trl_HA	6.212/0	4,5	4,5	601 (10%)	601 (10%)
vbg_VA	224/4	4,5	4,5	11 (5%)	11 (5%)
ktn_A R	9.740/120	4,3	4,2	937 (10%)	934 (9%)
ktn_KB	34.028/909	4,2	4,2	3.469 (10%)	3.431 (10%)
noe_WMV	96.853/1.756	3,2	3,1	3.414 (3%)	3.286 (3%)
stm_HA	1.202/0	3,0	3,0	47 (4%)	47 (4%)
vbg_HA	101/0	3,0	3,0	3 (3%)	3 (3%)
vbg_AVL	2.000/7	2,8	2,8	26 (1%)	26 (1%)
ktn_HA	3.967/8	2,2	2,2	78 (2%)	78 (2%)

Region	Fläche (ohne MS/mit MS)	Bodenabtrag MS -	Bodenabtrag MS+	Fläche > 11 t/ha MS -	Fläche > 11 t/ha MS+
-	ha	t/ha/a	t/ha/a	ha (%)	ha (%)
noe_NFH_S	110.472/16.935	1,8	1,6	4.363 (3%)	3.479 (3%)
bgl_NFH	60.083/5.407	1,6	1,5	736 (1%)	615 (1%)
wien_NFH	2.767/164	1,6	1,5	7 (0%)	7 (0%)
Österreich	990.327/100.572	6,8	6,3	214.521 (20%)	195.545 (18%)

Es stellt sich die Frage, ob die Anwendung der Maßnahme MS auf den Flächen mit einer hohen Minderungswirkung des Bodenabtrags erfolgt. Die Antwort dazu liefern die Abbildung 22 und

Abbildung 23. Sie stellen einen Vergleich des potentiellen Abtragsrisikos (also ohne Anwendung von Erosionsschutzmaßnahmen) auf Feldstücken mit MS Anwendung und solchen ohne MS Anwendung her. Wiederum wurde zwischen biologisch und konventionell wirtschaftenden Betrieben unterschieden. Die Hauptproduktionsgebiete ohne bzw. mit nur geringem Flächenanteil an Mulchsaatflächen wurden nicht in die Abbildungen aufgenommen. Der Vergleich zwischen diesen Varianten zeigt, dass das potentielle Erosionsrisiko auf den Feldstücken, auf denen MS tatsächlich angewendet worden war wesentlich höher liegt, als auf Flächen, auf denen keine Anwendung von MS erfolgte. Allerdings trägt auch die Auflage, dass Mulch- und Direktsaat nur bei erosionsgefährdeten Feldfrüchte als Maßnahme angeboten wird, zu der höheren potentiellen Erosionsgefährdung bei, Feldfutterbauflächen wie Kleegras fallen in die Kategorie ohne Mulchsaat.

Dies wurde sowohl für die Feldstücke mit biologischer Wirtschaftsweise als auch für die konventionell bewirtschafteten Flächen festgestellt, für die biologisch bewirtschafteten Flächen ist dieser Zusammenhang allerdings weniger deutlich ausgeprägt. Dies liegt einerseits an der geringen Zahl der Flächen, die biologisch und mit MS bewirtschaftet werden, so dass die Ergebnisse mit höheren jährlichen Schwankungen behaftet sind. Vor allem wirkt sich aber der geringere Unterschied zwischen den C-Faktoren mit und ohne MS bei biologischer Bewirtschaftung aus. Ein ähnliches Bild zeigt auch Abbildung 24, die den Anteil der Flächen mit einem Bodenabtrag > 11 t/ha/a auf Flächen mit und ohne MS darstellt. In diesem Fall wurden die biologischen und konventionell bewirtschafteten Flächen zusammen betrachtet.

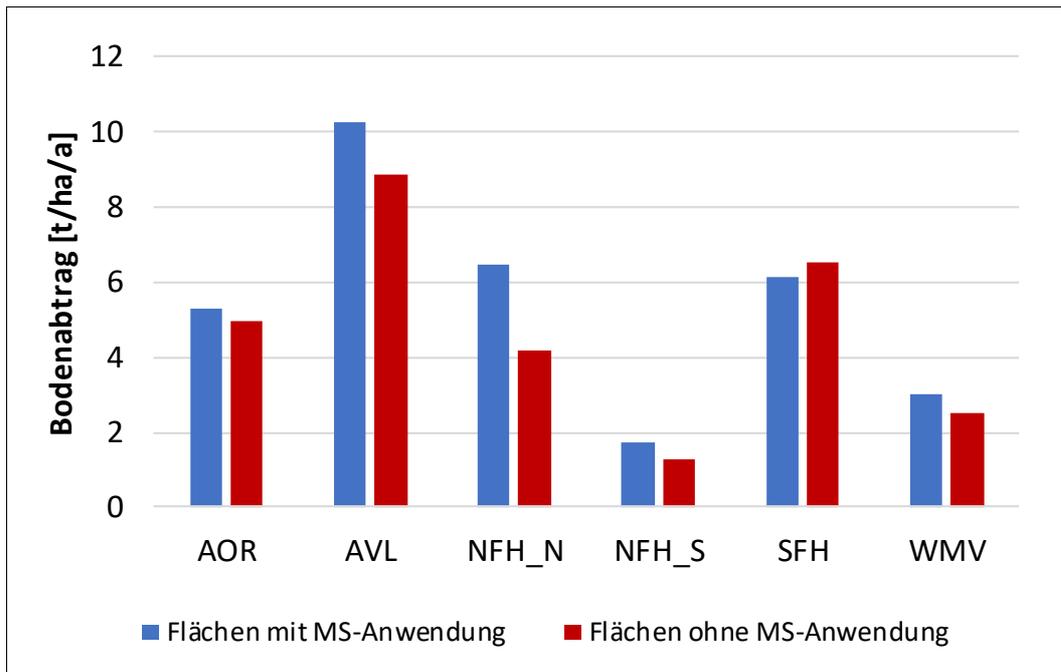


Abbildung 22: Vergleich des potentiellen Bodenabtrags auf Ackerflächen mit und ohne Anwendung von Mulchsaat bei biologischer Bewirtschaftung. HPG ohne wesentliche Flächenanteile werden nicht dargestellt

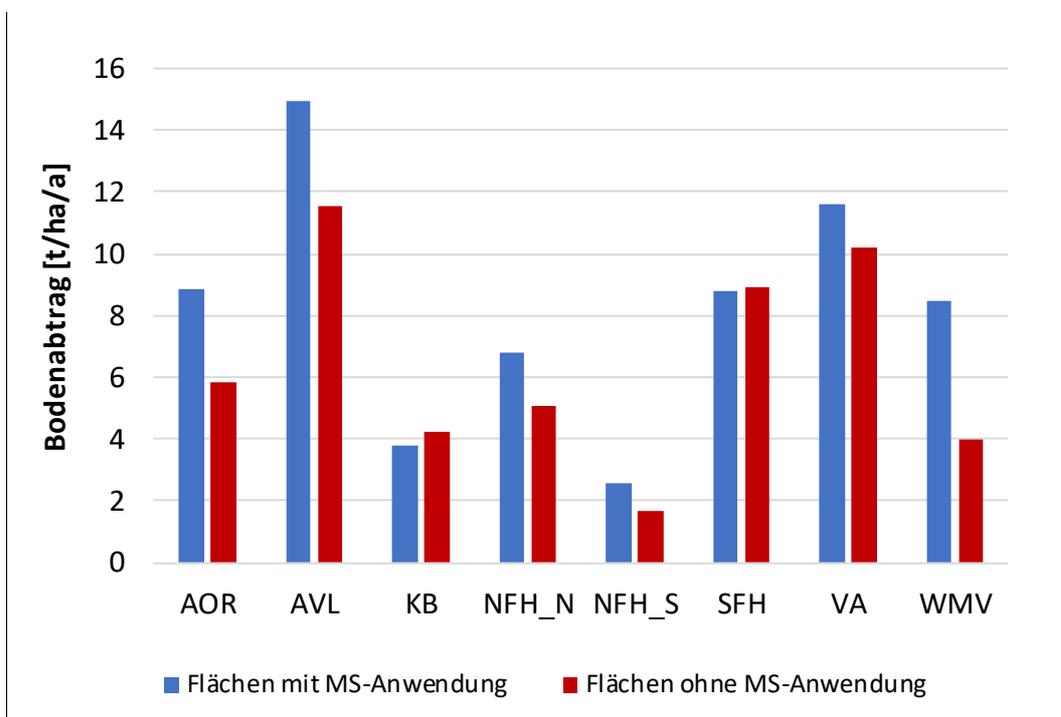


Abbildung 23: Vergleich des potentiellen Bodenabtrags auf Ackerflächen mit und ohne Anwendung von Mulchsaat bei konventioneller Bewirtschaftung. HPG ohne wesentliche Flächenanteile werden nicht dargestellt

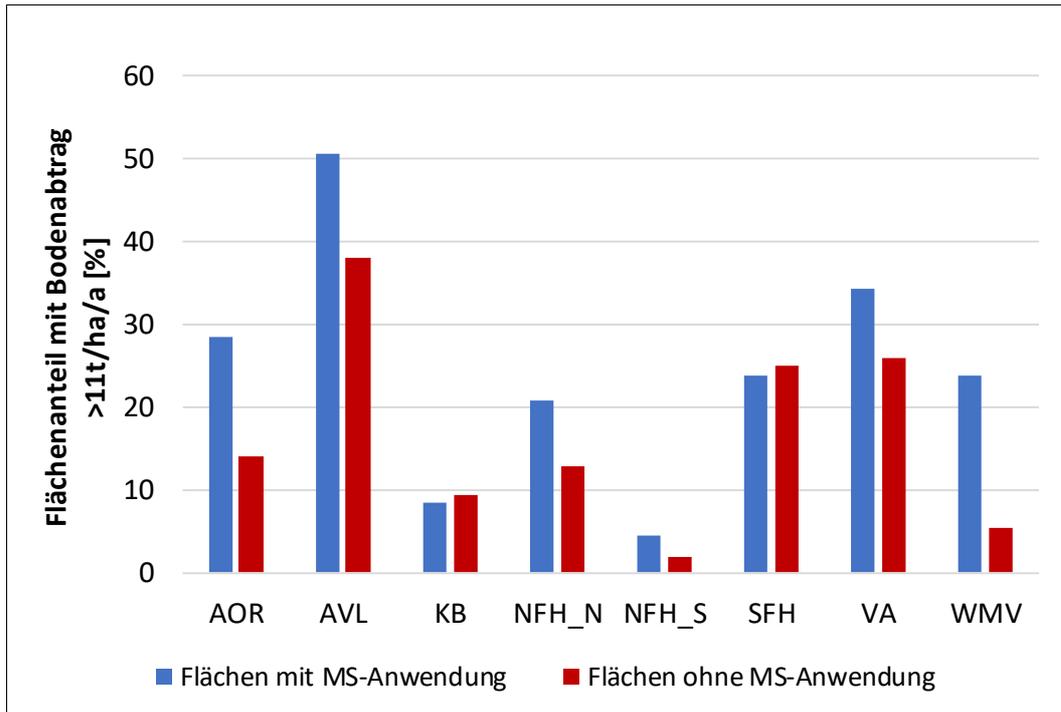


Abbildung 24: Vergleich des Ackerflächenanteils mit einem potentiellen Bodenabtrag > 11 t/ha/a zwischen den Flächen mit und ohne Mulchsaat unabhängig von der Bewirtschaftung, HPG ohne wesentliche Flächenanteile werden nicht dargestellt

6.4 Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“

6.4.1 Potentielle Wirksamkeit

Eine Gegenüberstellung der C-Faktoren für einzelne Feldfrüchte zeigt eine durchschnittliche schlechtere Bewertung in einer Größenordnung von ca. 10% über alle HPG, Feldfrüchte und Managementvarianten. Dies erklärt sich aus der Wirkung mehrerer zusätzlicher Bodenbearbeitungen (Hacken) bei biologischer Bewirtschaftung.

6.4.2 Aktuelle Wirksamkeit

Um die Maßnahme „Biologische Wirtschaftsweise“ in ihrer aktuellen Wirksamkeit zu evaluieren, wurden die durchschnittlichen Bodenabträge aller Ackerflächen mit biologischer Wirtschaftsweise den Bodenabträgen auf konventionell bewirtschafteten Flächen gegenübergestellt.

Es zeigt sich, dass die biologisch bewirtschafteten Flächen durchwegs einen geringeren Bodenabtrag aufweisen. Hintergrund dazu sind nicht die C-Faktoren der Einzelfrüchte (siehe potentielle Wirksamkeit), sondern eine unterschiedliche Fruchtfolge mit einem geringeren Anteil erosionsgefährdeter Feldfrüchte. Siehe dazu auch Abbildung 19 und **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**²⁰. Dies führt auch zu höheren prozentuellen Flächenanteilen mit Bodenabträgen >11 t/ha/a bei den konventionell bewirtschafteten Flächen. Für diese Berechnung wurde das Nordöstliche Flach- und Hügelland in NÖ in einen nördlichen Teil (Kleinproduktionsgebiete Wachau, Westl. Weinviertel, östliches Waldviertel, Laaer Bucht, Hollabrunn-Mistelbacher Gebiet, östliches Weinviertel,) und einen südlichen Teil (Kleinproduktionsgebiete Marchfeld, Wiener Becken, Baden-Gumpoldskirchen, Steinfeld, Herzogenburg- Tulln- Stockerauer Gebiet) geteilt, um das durch den Naturraum wesentlichen Unterschied dieser Region besser zu reflektieren. Während z.B. der Anteil der Flächen mit einem Bodenabtrag > 11 t/ha/a im HPG Nö_NFH_Nord bei den biologisch bewirtschafteten Flächen bei 10% liegt, sind es bei den konventionell bewirtschafteten Flächen 15%. Im Vergleich dazu ist der relative Anteil dieser Flächen für das HPG Nö_NFH_Süd wesentlich ähnlicher (1% vs. 4%).

Tabelle 17: Vergleich des Bodenabtrags zwischen konventionell bewirtschafteten und biologisch bewirtschafteten Flächen (2018). Berechnet wurde ein mittlerer Bodenabtrag inklusive aller Maßnahmen. Die Flächen mit einem Bodenabtrag über 11 t/ha sind gesondert ausgewiesen.

Region	Bodenabtrag	Fläche	Betriebsart	bio / konv	Flächen > 11 t/ha
-	t	ha	-	t/ha/a	ha (%)
bgl_A ² R	19.206	3.231	bio	5,9	489 (15%)
bgl_A ² R	45.793	6.376	kon	7,2	1.429 (22%)
bgl_NFH	52.731	38.222	bio	1,4	335 (1%)
bgl_NFH	108.820	65.490	kon	1,7	816 (1%)
bgl_SFH	45.773	7.391	bio	6,2	1.252 (17%)
bgl_SFH	225.111	35.569	kon	6,3	6.307 (18%)
ktn_A ² R	12.609	3.282	bio	3,8	251 (8%)
ktn_A ² R	42.369	9.861	kon	4,3	951 (10%)
ktn_HA	1.689	802	bio	2,1	15 (2%)
ktn_HA	8.867	3.975	kon	2,2	78 (2%)

Region	Bodenabtrag	Fläche	Betriebsart	bio / konv	Flächen > 11 t/ha
-	t	ha	-	t/ha/a	ha (%)
ktn_KB	21.864	6.364	bio	3,4	441 (7%)
ktn_KB	149.917	34.937	kon	4,3	3.532 (10%)
noe_A ² R	15.571	2.754	bio	5,7	332 (12%)
noe_A ² R	88.561	12.300	kon	7,2	2.426 (20%)
noe_AVL	51.767	5.991	bio	8,6	1.671 (28%)
noe_AVL	1.023.235	85.183	kon	12,0	33.522 (39%)
noe_VA	10.627	1.625	bio	6,5	278 (17%)
noe_VA	77.793	7.921	kon	9,8	2.038 (26%)
noe_WMV	89.911	39.348	bio	2,3	409 (1%)
noe_WMV	317.677	98.609	kon	3,2	3.514 (4%)
noe_NFH_N	166.371	38.086	bio	4,4	3.853 (10%)
noe_NFH_N	1.173.557	215.650	kon	5,4	32.946 (15%)
noe_NFH_S	42.229	32.575	bio	1,3	338 (1%)
noe_NFH_S	240.606	127.407	kon	1,9	4.624 (4%)
ooe_AVL	183.383	19.677	bio	9,3	6.099 (31%)
ooe_AVL	2.596.249	207.363	kon	12,5	88.079 (42%)
ooe_VA	2.758	259	bio	10,7	93 (36%)
ooe_VA	27.071	2.029	kon	13,3	762 (38%)
ooe_WMV	39.391	12.182	bio	3,2	476 (4%)
ooe_WMV	283.945	46.443	kon	6,1	7.163 (15%)
sbg_AVL	2.154	506	bio	4,3	28 (6%)
sbg_AVL	14.729	2.471	kon	6,0	363 (15%)
sbg_HA	6.677	1.318	bio	5,1	168 (13%)
sbg_HA	2.538	530	kon	4,8	50 (9%)
sbg_VA	74	7	bio	11,1	2 (25%)
sbg_VA	109	13	kon	8,3	2 (16%)
stm_A ² R	22.597	4.706	bio	4,8	541 (11%)
stm_A ² R	121.020	21.403	kon	5,7	2.897 (14%)
stm_HA	477	172	bio	2,8	5 (3%)

Region	Bodenabtrag	Fläche	Betriebsart	bio / konv	Flächen > 11 t/ha
-	t	ha	-	t/ha/a	ha (%)
stm_HA	3.654	1.202	kon	3,0	47 (4%)
stm_SFH	31.415	4.279	bio	7,3	955 (22%)
stm_SFH	949.780	94.689	kon	10,0	27.156 (29%)
trl_HA	2.630	741	bio	3,5	47 (6%)
trl_HA	28.329	6.212	kon	4,6	612 (10%)
vbg_AVL	434	187	bio	2,3	3 (2%)
vbg_AVL	5.691	2.006	kon	2,8	26 (1%)
vbg_HA	40	7	bio	5,6	1 (8%)
vbg_HA	303	101	kon	3,0	3 (3%)
vbg_VA	311	20	bio	15,9	2 (13%)
vbg_VA	1.035	228	kon	4,5	11 (5%)
wien_NFH	1.316	802	bio	1,6	0 (0%)
wien_NFH	4.645	2.931	kon	1,6	7 (0%)
Österreich	824.005	224.531	bio	3,7	18.086 (8%)
Österreich	7.541.404	1.090.900	kon	6,9	219.363 (20%)

Durch den überdurchschnittlichen Anteil der Bioackerfläche in den ebenen Gebieten im Nordburgenland und im südl. Teil des NFHL in NÖ resultiert der große Unterschied bei der Auswertung über ganz Österreich, direkte Vergleiche der mittleren Bodenabträge sind daher nur auf regionaler Ebene plausibel und relevant.

6.5 Maßnahme „Begrünung“

6.5.1 Potentielle Wirksamkeit

Die Maßnahme „Begrünung von Ackerflächen -Zwischenfruchtanbau“ bietet verschiedene Varianten an, die sich im Hinblick auf einen möglichen Erosionsschutz vor Allem bezüglich ihres Anbau- und Ernteterminpunktes unterscheiden. Von den 6 derzeit angebotenen Varianten kann bei 3 Varianten ein Erntetermin der Gründüngung im Herbst ab 15.10. mit einem verpflichtenden nachfolgendem Anbau von Wintergetreide oder ab 15. 11 erfolgen, bei 3

Varianten erfolgt der Umbruch nach dem Winter frühestens ab 15.2, 1.3. oder 21.3. Aus den 6 Varianten wurden zwei Varianten ausgewählt, um den Effekt eines Umbruchs vor Jahresende bzw. nach Jahresende zu berechnen, es wurden dabei Kombinationen aus Variante 4 und 6, bzw. Variante 2 und 3 gewählt, wobei die Auswahl nach dem Gesichtspunkt einer maximal langen Anbauperiode erfolgte. Die Änderung des Erosionsrisikos wurde durch die Änderung des Managementfaktors (C-Faktor) erreicht. Es zeigte sich, dass die Auswirkung einer Begrünung auf den C-Faktor abhängig von der gewählten Vorfrucht im Bereich von 12-13 % Reduktion zum entsprechenden C-Faktor ohne Begrünung liegen, und zwar unabhängig vom Umbruch im Herbst oder ab Mitte Februar. Grund dafür ist die geringe Erosivität der Niederschläge in den Wintermonaten, die nur zu einem geringen Teil am Erosionsgeschehen eines Jahres beitragen (siehe auch Abbildung 14/15). Die Wirkung des Termins des Begrünungsumbruchs ist in

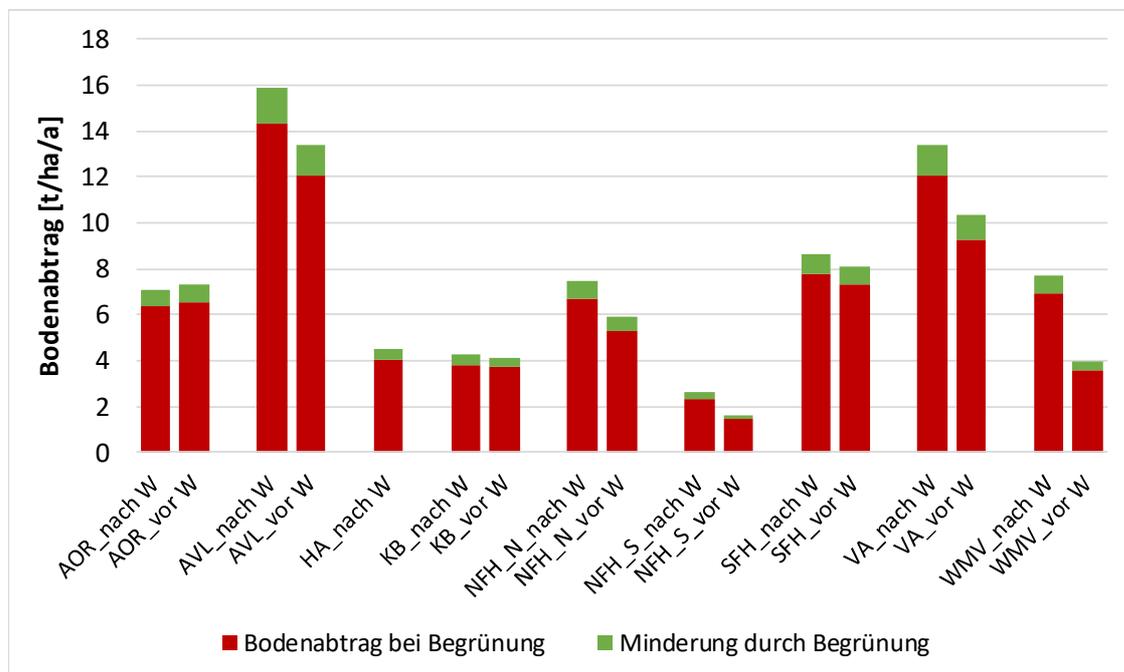


Abbildung 25 dargestellt und bestätigt die geringe Wirksamkeit einer Begrünungsvariante ohne anschließende Mulchsaat, und zwar unabhängig vom Umbruchszeitpunkt.

6.5.2 Aktuelle Wirksamkeit

Basierend auf der mittleren errechneten Reduktion des C-Faktors wurde daher für alle Ackerflächen und HPG eine Berechnung des Bodenabtrag mit und ohne Begrünung durchgeführt. Dabei wurde wieder eine Aufteilung in konventionelle bzw. biologische Wirtschaftsweise vorgenommen. Wie aus Tabelle 18 und Tabelle 19 ersichtlich, ändert sich der Bodenabtrag mit oder ohne Begrünung kaum. Grund dafür ist die flächengewichtete Darstellung der Ergebnisse und vor allem auch der Umstand, dass Flächen mit Begrünung eine

andere Fruchtfolge aufweisen, die wesentlich weniger Bodenabtrag verursacht, als Flächen, die begrünt werden, z.B. Flächen unter Wintergetreide.

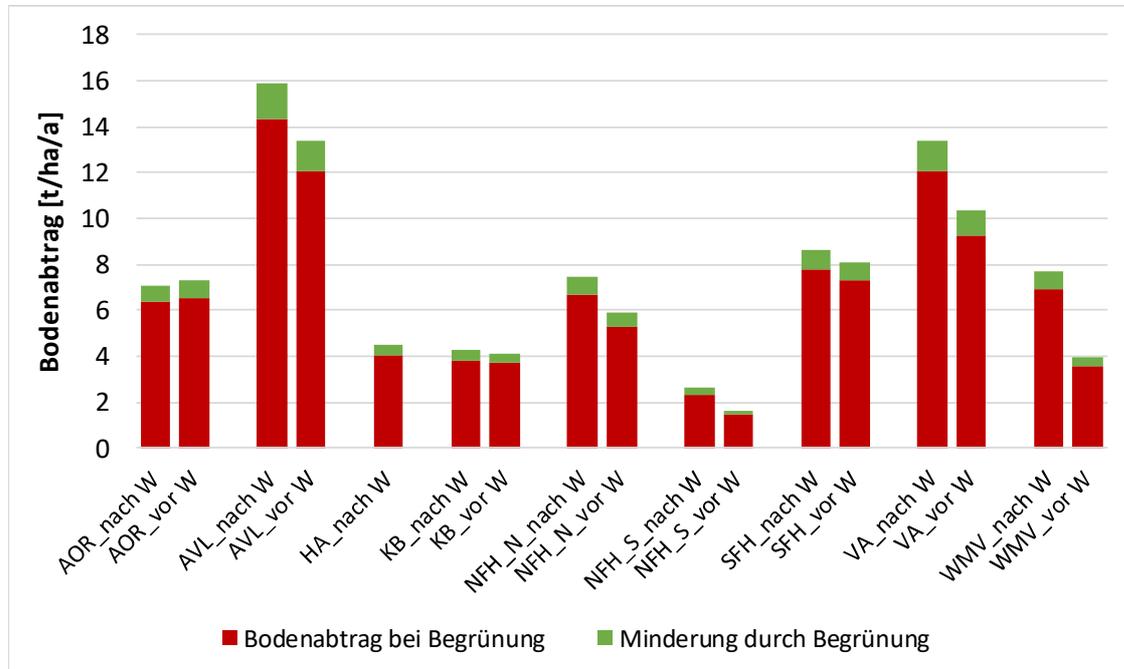


Abbildung 25: Reduktion des Bodenabtrags der Maßnahme Begrünung für die Varianten „Bruch vor dem Winter“ und „Bruch nach dem Winter“ für jene Flächen der HPG, auf denen eine Begrünung angebaut wurde; Gemeinsame Auswertung für biologisch und konventionell bewirtschaftete Flächen

Tabelle 18: Auswirkung von Begrünung auf den Bodenabtrag der Flächen mit biologischer Bewirtschaftung in den verschiedenen Bundesländern und HPG. Die Flächen mit einem Bodenabtrag über 11 t/ha sind gesondert ausgewiesen. Dargestellt werden flächengewichtete Ergebnisse.

B+ : Durchschnittlicher Bodenabtrag der gesamten Fläche je Region mit Berücksichtigung der Begrünung
B- : Bodenabtrag unter der Annahme, dass alle Flächen ohne Begrünung bewirtschaftet wurden
Fläche : jeweils Fläche ohne Begrünung/Fläche mit Begrünung

Region	Fläche ohne/mit Begrünung	B -	B+	Flächen > 11 t/ha B -	Flächen > 11 t/ha B +
-	ha	t/ha/a	t/ha/a	ha (%)	ha (%)
bgl_A R	2.534/696	5,9	5,8	489 (15%)	461 (14%)
bgl_NFH	28.825/9.396	1,4	1,3	335 (1%)	297 (1%)

Region	Fläche ohne/mit Begrünung	B -	B+	Flächen > 11 t/ha B -	Flächen > 11 t/ha B +
-	ha	t/ha/a	t/ha/a	ha (%)	ha (%)
bgl_SFH	5.386/2.005	6,2	6,0	1.252 (17%)	1.189 (16%)
ktn_A ² R	3.223/60	3,8	3,8	251 (8%)	251 (8%)
ktn_HA	802	2,1	2,1	15 (2%)	15 (2%)
ktn_KB	5.898/465	3,4	3,4	441 (7%)	440 (7%)
noe_A ² R	2.653/101	5,7	5,6	332 (12%)	332 (12%)
noe_AVL	5.234/757	8,6	8,5	1.671 (28%)	1.643 (27%)
noe_VA	1.510/116	6,5	6,5	278 (17%)	278 (17%)
noe_WMV	36.042/3.306	2,3	2,3	409 (1%)	393 (1%)
noe_NFH_N	31.973/6.113	4,4	4,3	3.853 (10%)	3.674 (10%)
noe_NFH_S	26.186/6.389	1,3	1,3	338 (1%)	316 (1%)
ooe_AVL	17.995/1.681	9,3	9,2	6.099 (31%)	6.056 (31%)
ooe_VA	254/5	10,7	10,6	93 (36%)	93 (36%)
ooe_WMV	11.980/202	3,2	3,2	476 (4%)	474 (4%)
sbg_AVL	495/11	4,3	4,2	28 (6%)	28 (6%)
sbg_HA	1.318	5,1	5,1	168 (13%)	168 (13%)
sbg_VA	7	11,1	11,1	2 (25%)	2 (25%)
stm_A ² R	4.684/21	4,8	4,8	541 (11%)	541 (11%)
stm_HA	172	2,8	2,8	5 (3%)	5 (3%)
stm_SFH	3.607/672	7,3	7,2	955 (22%)	944 (22%)
trl_HA	705/36	3,5	3,5	47 (6%)	47 (6%)
vbg_AVL	178/9	2,3	2,3	3 (2%)	3 (2%)
vbg_HA	7	5,6	5,6	1 (8%)	1 (8%)
vbg_VA	20	15,9	15,9	2 (13%)	2 (13%)
wien_NFH	759/43	1,6	1,6	0 (0%)	0 (0%)
Österreich	192.446/32.085	3,7	3,6	18.086 (8%)	17.655 (8%)

Tabelle 19: Auswirkung von Begrünung auf den Bodenabtrag der Flächen mit konventioneller Bewirtschaftung in den verschiedenen Bundesländern und HPG. Die Flächen mit einem Bodenabtrag über 11 t/ha sind gesondert ausgewiesen. Dargestellt werden flächengewichtete Ergebnisse.

B+ : Durchschnittlicher Bodenabtrag der gesamten Fläche je Region mit Berücksichtigung der Begrünung

B- : Bodenabtrag unter der Annahme, dass alle Flächen ohne Begrünung bewirtschaftet wurden

Fläche : jeweils Fläche ohne Begrünung/Fläche mit Begrünung

Region	Fläche	B -	B +	Fl. > 11 t/ha MS -	Fl. > 11 t/ha MS
-	ha	t/ha/a	t/ha/a	ha (%)	ha (%)
bgl_A ² R	5.327/1.049	7,2	7,0	1.429 (22%)	1.388 (22%)
bgl_NFH	52.358/13.132	1,7	1,6	816 (1%)	736 (1%)
bgl_SFH	27.349/8.220	6,3	6,2	6.307 (18%)	6.125 (17%)
ktn_A ² R	9.031/830	4,3	4,3	951 (10%)	937 (10%)
ktn_HA	3.838/137	2,2	2,2	78 (2%)	78 (2%)
ktn_KB	30.444/4.494	4,3	4,2	3.532 (10%)	3.469 (10%)
noe_A ² R	11.807/493	7,2	7,2	2.426 (20%)	2.405 (20%)
noe_AVL	66.019/19.164	12,0	11,7	33.522 (39%)	32.880 (39%)
noe_VA	6.962/958	9,8	9,7	2.038 (26%)	2.010 (25%)
noe_WMV	84.802/13.807	3,2	3,2	3.514 (4%)	3.414 (3%)
noe_NFH_N	172.172/43.478	5,4	5,3	32.946 (15%)	31.435 (15%)
noe_NFH_S	98.538/28.869	1,9	1,8	4.624 (4%)	4.363 (3%)
ooe_AVL	167.313/40.051	12,5	12,2	88.079 (42%)	86.571 (42%)
ooe_VA	1.811/219	13,3	13,1	762 (38%)	760 (37%)
ooe_WMV	41.350/5.093	6,1	6,0	7.163 (15%)	6.989 (15%)
sbg_AVL	2.177/294	6,0	5,9	363 (15%)	362 (15%)
sbg_HA	523/7	4,8	4,8	50 (9%)	50 (9%)
sbg_VA	13	8,3	8,3	2 (16%)	2 (16%)
stm_A ² R	20.208/1.196	5,7	5,6	2.897 (14%)	2.868 (13%)
stm_HA	1.189/12	3,0	3,0	47 (4%)	47 (4%)
stm_SFH	85.230/9.459	10,0	9,9	27.156 (29%)	26.984 (28%)
trl_HA	5.755/457	4,6	4,5	612 (10%)	601 (10%)

Region	Fläche	B -	B +	Fl. > 11 t/ha MS -	Fl. > 11 t/ha MS
-	ha	t/ha/a	t/ha/a	ha (%)	ha (%)
vbg_AVL	1.769/237	2,8	2,8	26 (1%)	26 (1%)
vbg_HA	93/9	3,0	3,0	3 (3%)	3 (3%)
vbg_VA	221/7	4,5	4,5	11 (5%)	11 (5%)
wien_NFH	2.660/270	1,6	1,6	7 (0%)	7 (0%)
Österreich	898.959/191.941	6,9	6,8	219.363 (20%)	214.521 (20%)

6.6 Maßnahme Erosionsschutz im Weinbau

6.6.1 Potentielle Wirksamkeit

Für die Berechnung der Wirksamkeit der Erosionsschutzmaßnahmen für Wein wurden 3 Varianten durchgeführt, 1) keine Begrünung, 2) Begrünung nur im Winterhalbjahr (bis 30.4.) entsprechend der Variante A der ÖPFL Maßnahme und 3) ganzjährige Begrünung. Für die Maßnahme Winterbegrünung wurde dabei angenommen, dass die Betriebe nach dem Einbruchzeitpunkt nicht - wie in der Maßnahme erlaubt – die Fahrgassen komplett umbrechen, sondern nur dann, wenn es aus verschiedenen Gründen (Wasserkonkurrenz, andere Managementgründe) für sie angezeigt ist. Dies gibt nach unserer Meinung die realen Managementbedingungen realitätsnäher wider, wie auch verschiedene Arbeiten zum Einbruchverhalten im österreichischen Weinbau zeigen (Brixel und Krug, 2018; Thielke, 2017). Diese praxisnahe Auswertung führt zu einer sehr günstigen Bewertung der Maßnahme „Winterbegrünung“, die allerdings nicht auf den Vorgaben des ÖPFL Programmes beruht. So ändert sich der Managementfaktor der RFL SLE (der diesen Effekt beschreibt) von 0,32 (ohne Begrünung) zu 0,29 (Winterbegrünung laut ÖPFL und danach kompletter Einbruch der Fahrgassen, weiter zu 0,11 (Winterbegrünung laut ÖPFL und danach realitätsnahes Verhalten mit Einbruch bei Bedarf) und schließlich zu 0,03 (ganzjährige Begrünung). Mit diesen Faktoren wäre ein Bodenabtrag zu multiplizieren, um die Wirkung der einzelnen Maßnahmen auf einem bestimmten Feldstück zu quantifizieren, d.h. dass ein Bodenabtrag von 30 t/ha/a sich zu 25 t/ha/a (laut ÖPFL), zu 10,8 t/ha/a (laut ÖPFL plus realitätsnaher Einbruchverhalten) zu 4,2 t/ha/a (ganzjährige Begrünung) reduzieren würde.

6.6.2 Aktuelle Wirksamkeit

Nachdem nur geringe Unterschiede für die ermittelten C-Faktoren der verschiedenen HPG mit Weinbau errechnet wurden, wurden die für die aktuelle Bewertung verwendeten C-Faktorwerte für alle HPG gemittelt. Wie sich aus

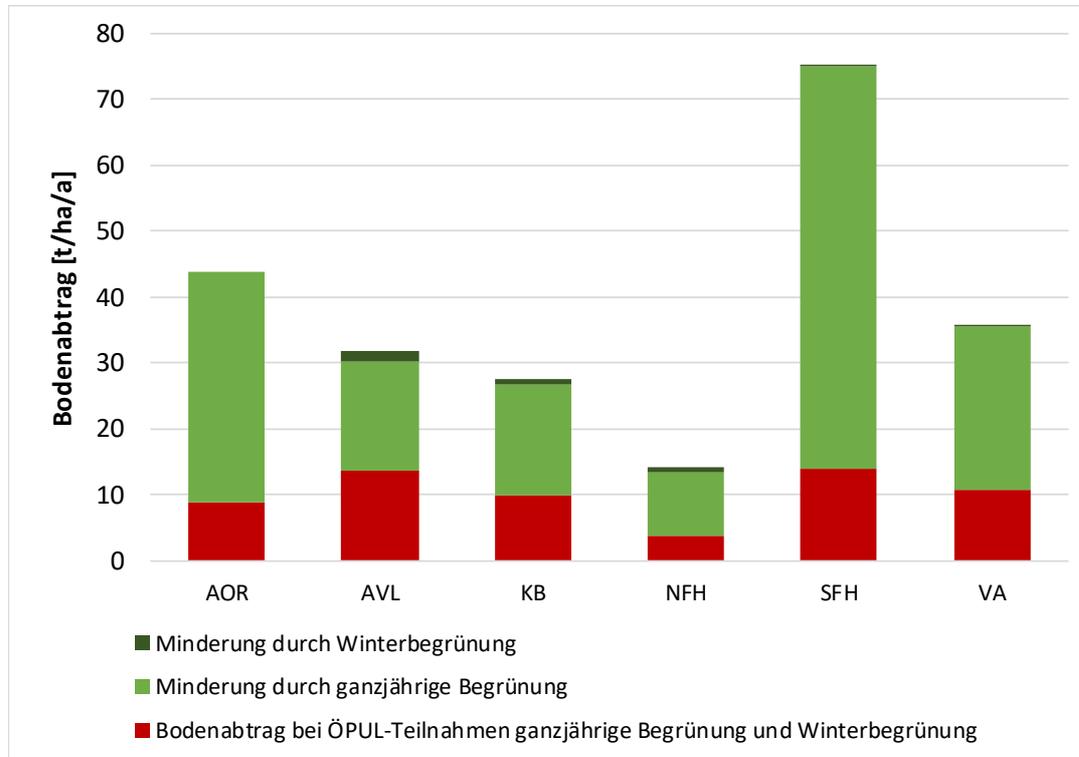


Abbildung 26 und Tabelle 20 darstellt, können im Weinbau wesentliche Reduktionen des Bodenabtrags erreicht werden. Dies ist vor Allem auf die Maßnahme „Ganzjährige Begrünung“ zurückzuführen, die sowohl von ihrer potentiellen Effektivität als auch der Teilnahmerate her wesentlich zu dieser Reduktion beiträgt. Die Maßnahme „Winterbegrünung“ ist in ihrer realitätsnahen Variante ebenfalls potentiell effektiv, allerdings sind die Teilnahmeraten sehr gering. In der Variante der Winterbegrünung, die laut ÖPUL vorgesehen ist (kompletter Einbruch der Fahrgassen nach dem 30.4.) ist die Maßnahme auch potentiell wenig wirksam.

In einer Reihe von HPG liegen recht große Bodenabträge vor, die im wesentlichen daraus resultieren, dass ein Teil der Flächen nicht an den ÖPUL Maßnahmen teilnimmt. Es kann allerdings angenommen werden, dass die im INVEKOS ausgewiesenen Flächen, die nicht am Erosionsschutz teilnehmen, keineswegs ganzjährig keine Bodenbedeckung aufweisen, sondern aus anderen Gründen nicht an dieser Maßnahme teilnehmen. Dies gilt gesichert für das steirische SFHL, aber in anderen HPG, die nicht unter Wassermangel leiden kann mit Sicherheit eine ganzjährige Begrünung der Weinflächen angenommen werden. Dies betrifft vor Allem „exotische“ Flächen mit sehr geringem Flächenanteil, z.B. die HPG Nö VA, Oö AVL, Vbg_HA und ähnliche Gebiete. Auch in anderen Regionen werden betriebliche

Bodenbedeckungen vorgenommen, die nicht den Vorgaben des ÖP²L entsprechen bzw. die sich nicht an die konkreten Vorgaben orientieren wollen. Mit dem hohen Anteil ganzjährig begrünter Weinbauflächen, auch im Nordosten, liegt im Nordburgenland die Verminderung des potentiellen Bodenabtrages durch den Erosionsschutz bei 65% und im Nordostl. Flach- und Hügellands in NÖ bei 75%. Des wegen sind die in

Tabelle 20 dargestellten Bodenabträge zwar in der Logik der Modellanwendung korrekt, entsprechen aber für die genannten HPG sicher nicht der Realität.

Tabelle 20: Auswirkung von Erosionsschutzmaßnahmen (MN) laut ÖP²L (ganzjährige Begrünung oder Begrünung ausschließlich während des Winters) auf den Bodenabtrag der Weinflächen in den verschiedenen Bundesländern und HPG. Dargestellt werden flächengewichtete Ergebnisse.

Region	Bodenabtrag	Fläche	Art Erosionsschutz	Erosion ohne MN	Erosion	Erosion inkl. aller MN
-	t	ha	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a
bgl_A ² R	4	0,4	keine Begrünung	9,8	9,8	9,8
bgl_NFH	11.133	4.785	keine Begrünung		2,3	
bgl_NFH	2.566	3.721	ganzjährig begrünt	4,3	0,7	1,5
bgl_NFH	2.161	2.342	Winterbegrünung		0,9	
bgl_SFH	2.039	134	keine Begrünung		15,2	
bgl_SFH	466	201	ganzjährig begrünt	21,4	2,3	7,4
bgl_SFH	70	12	Winterbegrünung		5,6	
ktn_A ² R	14	1	keine Begrünung		13,9	
ktn_A ² R	5	2	ganzjährig begrünt	19,6	2,0	5,7
ktn_HA	16	1	keine Begrünung	19,7	19,7	19,7
ktn_KB	794	28	keine Begrünung		28,4	
ktn_KB	164	69	ganzjährig begrünt	27,5	2,4	10,0
ktn_KB	34	3	Winterbegrünung		12,0	
noe_AVL	280	19	keine Begrünung		15,1	
noe_AVL	40	20	ganzjährig begrünt	19,7	2,1	8,2
noe_AVL	37	5	Winterbegrünung		7,1	
noe_NFH	75.154	5.515	keine Begrünung		13,6	
noe_NFH	32.213	18.123	ganzjährig begrünt	18,2	1,8	4,6
noe_NFH	8.986	1.881	Winterbegrünung		4,8	
noe_VA	714	37	keine Begrünung		19,4	
noe_VA	214	49	ganzjährig begrünt	35,8	4,4	10,7
noe_VA	1	1	Winterbegrünung		0,9	
noe_WMV	68	4	keine Begrünung		16,2	
noe_WMV	68	36	ganzjährig begrünt	20,5	1,9	3,5
noe_WMV	13	2	Winterbegrünung		5,4	
ooe_AVL	736	21	keine Begrünung	44,2	34,5	20,1

Region	Bodenabtrag	Fläche	Art Erosionsschutz	Erosion ohne MN	Erosion	Erosion inkl. aller MN
-	t	ha	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a
ooe_AVL	97	20	ganzjährig begrünt		4,8	
ooe_AVL	13	1	Winterbegrünung		25,0	
ooe_WMV	4	1	keine Begrünung		7,2	
ooe_WMV	27	5	ganzjährig begrünt	42,3	5,1	6,4
ooe_WMV	33	4	Winterbegrünung		8,2	
stm_A R	1.474	49	keine Begrünung		29,9	
stm_A R	929	218	ganzjährig begrünt	44,2	4,3	9,0
stm_SFH	33.878	660	keine Begrünung		51,3	
stm_SFH	27.538	3.625	ganzjährig begrünt	79,3	7,6	14,3
trl_HA	20	2	keine Begrünung		11,8	
trl_HA	3	0,3	ganzjährig begrünt	29,2	12,6	11,9
vbg_AVL	1	0,2	keine Begrünung		5,1	
vbg_AVL	7	2	ganzjährig begrünt	29,3	2,9	3,2
vbg_AVL	1	0,1	Winterbegrünung		5,3	
vbg_HA	5	0,5	ganzjährig begrünt		11,2	
vbg_HA	0	0,1	Winterbegrünung	100,1	2,2	24,5
vbg_HA	11	0,1	keine Begrünung		91,1	
vbg_VA	2	1	Winterbegrünung	9,0	2,6	2,6
wien_NFH	3.320	139	keine Begrünung		23,9	
wien_NFH	804	372	ganzjährig begrünt	23,9	2,2	8,0
wien_NFH	122	19	Winterbegrünung		6,5	
Österreich	129.661	11.396	keine Begrünung		11,4	
Österreich	65.147	26.465	ganzjährig begrünt	21,2	2,5	4,9
Österreich	11.473	4.271	Winterbegrünung		2,7	

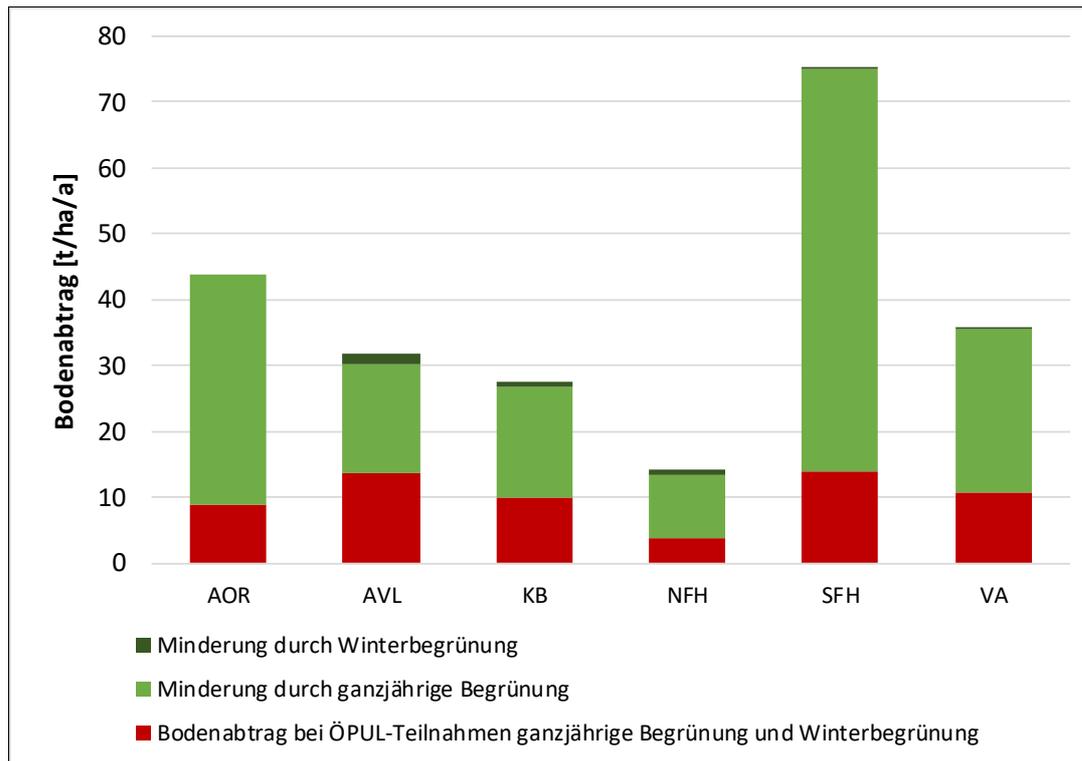


Abbildung 26: Verminderung der mittleren Erosion im Weinbau durch die Maßnahmen Winterbegrünung und ganzjährige Begrünung für HPG mit wesentlichem Weinbauanteil

6.7 Maßnahme Erosionsschutz im Obstbau

6.7.1 Potentielle Wirksamkeit

Für den Erosionsschutz im Obstbau wird im ÖPUL die Maßnahme „Ganzjährige Begrünung“ vorgeschlagen. Die Bewertung dieser Maßnahme erfolgte in gleicher Weise wie für die Maßnahme „Ganzjährige Begrünung im Weinbau“ (Managementfaktor 0.05). Wie Tabelle 21 und Abbildung 27 zeigen, reduziert die Maßnahme den Bodenabtrag in Obstbauflächen sehr effektiv. Sie ist nicht nur potentiell sehr wirksam, sondern aufgrund der hohen Teilnehmerate auch aktuell.

Tabelle 21: Auswirkung von Erosionsschutzmaßnahmen (MN) laut ÖP²L (ganzjährige Begrünung) auf den Bodenabtrag der Obstflächen in den verschiedenen Bundesländern und HPG. Dargestellt werden flächengewichtete Ergebnisse.

Region	Bodenabtrag	Fläche	Erosionsschutz	Bodenabtrag ohne MN	Erosion	Bodenabtrag inkl. MN
-	t	ha	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a
bgl_A ² R	38	24	keine Begrünung	1,6	1,6	1,5
bgl_A ² R	1	2	ganzjährig begrünt		0,7	
bgl_NFH	240	167	keine Begrünung	1,2	1,4	0,7
bgl_NFH	162	444	ganzjährig begrünt		0,4	
bgl_SFH	326	39	keine Begrünung	15,4	8,4	5,4
bgl_SFH	1.655	328	ganzjährig begrünt		5,0	
ktn_A ² R	4	2	keine Begrünung	4,6	2,3	1,7
ktn_A ² R	11	7	ganzjährig begrünt		1,6	
ktn_HA	12	2	keine Begrünung	5,0	5,0	5,0
ktn_KB	115	33	keine Begrünung	4,7	3,5	2,5
ktn_KB	82	47	ganzjährig begrünt		1,7	
noe_A ² R	46	4	keine Begrünung	4,6	10,2	3,2
noe_A ² R	11	13	ganzjährig begrünt		0,8	
noe_AVL	1.026	128	keine Begrünung	9,4	8,0	4,7
noe_AVL	814	261	ganzjährig begrünt		3,1	
noe_NFH	1.398	541	keine Begrünung	4,0	2,6	1,8
noe_NFH	1.987	1.388	ganzjährig begrünt		1,4	
noe_VA	467	34	keine Begrünung	13,5	13,7	10,1
noe_VA	84	21	ganzjährig begrünt		4,1	
noe_WMV	155	72	keine Begrünung	3,4	2,2	1,8
noe_WMV	147	99	ganzjährig begrünt		1,5	
ooe_AVL	2.439	338	keine Begrünung	11,9	7,2	5,3
ooe_AVL	3.241	740	ganzjährig begrünt		4,4	
ooe_VA	0	0	keine Begrünung	0,1	0,1	0,1
ooe_WMV	399	123	keine Begrünung	5,4	3,3	2,8
ooe_WMV	327	136	ganzjährig begrünt		2,4	

Region	Bodenabtrag	Fläche	Erosionsschutz	Bodenabtrag ohne MN	Erosion	Bodenabtrag inkl. MN
-	t	ha	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a
sbg_AVL	6	1	keine Begrünung	2,5	4,8	2,0
sbg_AVL	1	2	ganzjährig begrünt		0,4	
sbg_HA	3	2	keine Begrünung	5,0	1,4	1,7
sbg_HA	19	10	ganzjährig begrünt		1,8	
stm_A ² R	456	81	keine Begrünung	11,4	5,6	3,9
stm_A ² R	2.766	737	ganzjährig begrünt		3,8	
stm_HA	0	0	keine Begrünung	13,4	8,4	4,2
stm_HA	10	2	ganzjährig begrünt		4,2	
stm_SFH	8.327	681	keine Begrünung	16,8	12,2	5,9
stm_SFH	43.503	8.138	ganzjährig begrünt		5,3	
trl_HA	202	35	keine Begrünung	6,2	5,7	2,9
trl_HA	228	115	ganzjährig begrünt		2,0	
vbg_AVL	63	8	keine Begrünung	3,9	7,6	2,1
vbg_AVL	36	38	ganzjährig begrünt		0,9	
vbg_HA	1	0	keine Begrünung	1,8	1,8	1,8
vbg_VA	29	2	keine Begrünung	6,6	12,7	4,5
vbg_VA	8	6	ganzjährig begrünt		1,3	
wien_NFH	6	24	Winterbegrünung	1,2	0,3	0,7
wien_NFH	11	2	ganzjährig begrünt		4,9	
Österreich	15.751	2.318	keine Begrünung	13,0	6,8	4,8
Österreich	55.104	12.539	ganzjährig begrünt		4,4	

Im Obstbau sind Flächen ohne jegliche Bodenbedeckung selten: Es ist auch hier anzunehmen, dass weniger als die ermittelten 15% der Obstbaufäche einen offenen, extrem erosionsanfälligen Boden aufweisen. Die Betriebe wenden ein flexibleres Bodenbewirtschaftungsmanagement an oder nehmen aus anderen Gründen nicht an der Maßnahme teil. Die Verminderung des potentiellen Bodenabtrages um 63% ist daher als gesicherte Untergrenze für den erfolgten Erosionsschutz anzunehmen.

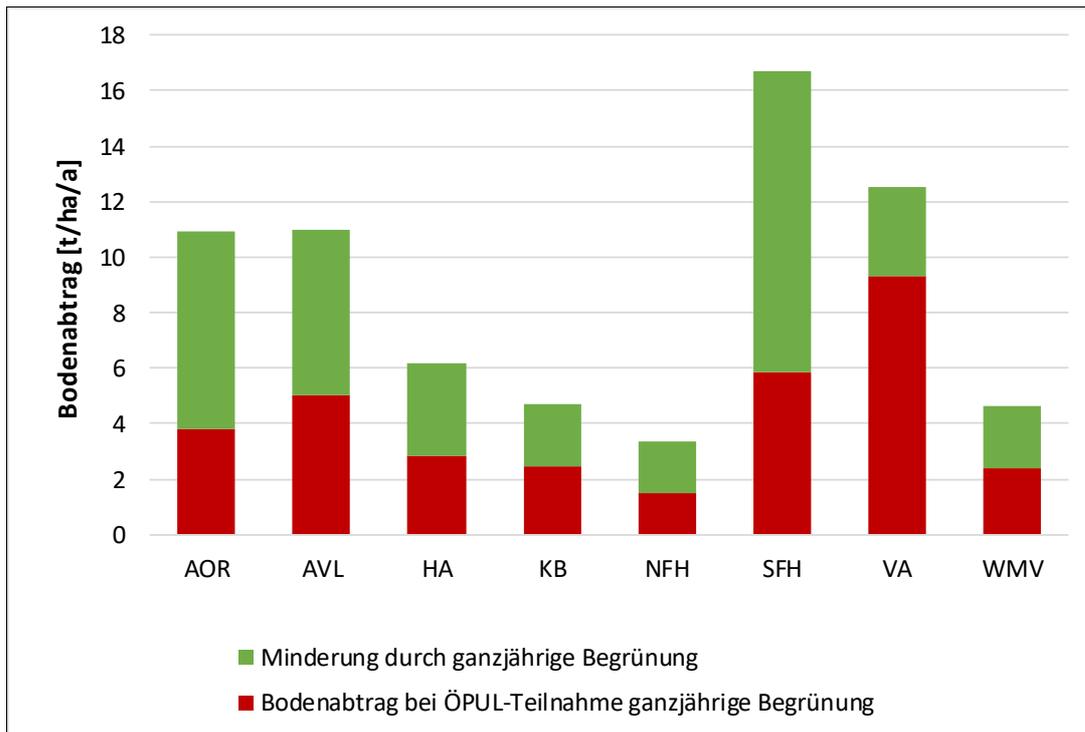


Abbildung 27: Verminderung der mittleren Erosion im Obstbau durch die Maßnahme ganzjährige Begrünung für HPG mit wesentlichem Obstbauanteil

7 Limits und Beschränkungen des Modellansatzes

7.1 Anteile der erfassten Schläge an der Gesamtfläche

Wie bereits in Kapitel 2.4 erläutert, liegen den Modellberechnungen Rasterdaten mit einer Zellengröße von 10 m x 10 m zugrunde. Bei der Attribuierung der R₂SLE-Faktorenwerte (R-, K- und LS-Faktoren) ist der Mittelpunkt einer Rasterzelle ausschlaggebend für die Zuordnung der Faktorenwerte zum jeweiligen Schlag-Polygon. Aufgrund der geringen Größe einiger Schläge kann es sein, dass sich diese gänzlich zwischen den Rasterzellenmittelpunkten befinden und somit dem Schlag keine R₂SLE-Faktorenwerte zugeordnet werden können. Dies betrifft insbesondere Schläge mit Randstreifencharakter, Gartenbautunnel (wenn als jeweils als einzelner Schlag deklariert), sowie Polygon-Artefakte im räumlichen Datensatz.

Obwohl alle Eingangsdatensätze soweit möglich auf Fehler und Unvollständigkeiten geprüft wurden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass nicht erfasste Schläge bei der Modellierung auf Unstimmigkeiten in den Ausgangsdatensätzen zurückzuführen sind. Nichtsdestotrotz ist mit etwa 90 % der Anteil der erfassten Schläge an der Gesamtfläche bei unserem nationalen Modellansatz ein durchaus akzeptabler Wert. Bedingt durch die geringe Häufigkeit einzelner Kombinationen aus Hauptfrucht und ÖP₂L-Maßnahme (z.B. Mulch- und Direktsaat) wurden keine C-Faktoren berechnet und somit bei der späteren Berechnung des Bodenabtrags nicht berücksichtigt. Trotz der Tatsache, dass einige Schläge nicht bei der Berechnung berücksichtigt wurden, stellt ein Anteil von etwa 90 % aller Schläge Österreichs eine repräsentative Grundgesamtheit unserer Analysen dar, zumal bei der Berechnung zweier verschiedener Fruchtfolgenjahre (2015/2016 und 2017/2018) die Grundgesamtheit der insgesamt berechneten Schläge wahrscheinlich über 90 % liegt.

7.2 Repräsentativität der berechneten Modellfaktoren

Aufgrund einer Anzahl von 171 Stationen mit qualitativ wertvollen Niederschlags- und Temperaturdaten mit guter zeitlicher Auflösung sowie gleichmäßigen räumlichen Verteilung kann von einer akzeptablen Repräsentativität der Stationsdaten zur Entwicklung des Regressionsmodell des R-Faktors ausgegangen werden.

Da die errechneten K-Faktor-Werte auf Bodendaten der Österreichischen Bodenkartierung basieren, sind Ungenauigkeiten bei der Berechnung der K-Faktor-Werte unvermeidlich. Eine neue, flächendeckende Aufnahme von Bodenproben und Analyse entsprechender

Bodentexturwerte mit anschließender Regionalisierung würde sehr wahrscheinlich zu genaueren, flächendeckenden K-Faktor-Werten führen. Trotz einer guten räumlichen Repräsentativität der Österreichischen Bodenkartierung und somit der ermittelten K-Faktor-Werte, ergibt sich dennoch mit oben genannten methodischen Vorgehen Potenziale zur Verbesserung der ermittelten K-Faktoren.

Da nicht alle Kombinationen von Hauptfrüchten und ÖP_L-Maßnahme abgedeckt sind (siehe 9.1.2), besteht auch keine absolute Repräsentativität der berechneten C-Faktor-Werte. Ein Verbesserungspotenzial bei der Berechnung der C-Faktoren ergibt sich darüber hinaus wenn vierjährige statt zweijährige Fruchtfolgen berücksichtigt würden.

Da die relativ groben Rasterauflösungen (10 m x 10 m) zu Limitationen bei der Berechnung der LS-Faktoren bzw. deren Genauigkeit führen, würde die Verwendung besser aufgelöster Raster zu einer höheren Genauigkeit der LS-Faktoren führen. Im Allgemeinen werden allerdings die LS-Faktoren mit der Methode von Desmet und Govers (1996) tendenziell überschätzt. Ein Vergleich mit Hangvermessungen in drei repräsentativen Einzugsgebieten ins Niederösterreich hat gezeigt, dass die LS-Faktoren um etwa 20 % überschätzt werden. Aus diesem Grund wurden die errechneten LS-Faktoren-Werte um 20 % reduziert.

Durch den Mangel an Informationen in den Ausgangsdatensätzen wurde ein P-Faktor, welcher eine potenzielle Abtragsminderung der Bewirtschaftungsrichtung berücksichtigt (P = 1: Bewirtschaftung entlang des Hanges; P = 0.5: Bewirtschaftung quer zum Hang), bei der Berechnung der Bodenabträge vernachlässigt. Allerdings wird in Österreich durchaus auf einigen Schlägen eine Bewirtschaftung quer zum Hang gewählt, um potenzielle Bodenabträge zu minimieren. Die Berücksichtigung eines P-Faktors bei der R_{USLE}-Modellierung durch geeignete Informationen in den Ausgangsdatensätzen würde demnach zu einer Verringerung der modellierten Bodenabträge und zu einer erhöhten Repräsentativität der Modellergebnisse führen. Wie groß die Berücksichtigung eines P-Faktors auf den absoluten Bodenabtrag für alle Schläge in Österreich auswirken würde, kann jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nur sehr schwer abgeschätzt werden.

7.3 Aussagekraft der RUSLE

Durch die wie im vorherigen Kapitel beschriebenen Limitationen der Repräsentativität der einzelnen Faktoren ergibt sich eine entsprechend verminderte Aussagekraft bzw. Abweichungen der mit R_{USLE} modellierten Bodenabträge.

Im Modell werden ausschließlich Bodenabträge erfasst, die nur innerhalb eines Schlages mobilisiert werden, d.h. Bodenmaterial, welches innerhalb eines Schlages zwar erodiert wird aber auf dem selbigen wieder abgelagert wird. Die RUSLE vermag demnach nicht, den absoluten Sedimentinput in Gewässer abzubilden, sondern zeigt das gesamte erodierte Bodenmaterial der berücksichtigten Schläge. Einige Studien zeigten bereits, dass die RUSLE stark dazu tendiert, die modellierten Bodenabträge zu überschätzen (Fernández et al., 2010; Karamesouti et al., 2016; Fernández und Vega, 2016). Entsprechend sind nicht zwingend die absoluten Bodenabtragswerte zu berücksichtigen, sondern viel mehr die relativen Bodenabträge bzw. die Unterschiede in den berechneten Bodenabtragswerten zwischen einzelnen Feldfrüchten und ÖPUL-Maßnahmen. In diesem Sinne stellt die Anwendung der RUSLE eine sehr gute (wenn nicht gar einzig mögliche) Methode dar, mit sehr hoher räumlicher Genauigkeit Bodenabtragswerte für alle INVEKOS-Schläge in ganz Österreich zu berechnen.

7.3.1 Ungenauigkeiten durch den Ausgangsdatensatz

Wie bereits in Kapitel 2.4 erläutert, liegen den Modellberechnungen Rasterdaten mit einer Zellengröße von 10 m x 10 m zugrunde. Bei der Attribuierung der RUSLE-Faktorenwerte (R-, K- und LS-Faktoren) ist der Mittelpunkt einer Rasterzelle ausschlaggebend für die Zuordnung der Faktorenwerte zum jeweiligen Schlag-Polygon. Aufgrund der geringen Größe einiger Schläge kann es sein, dass sich diese gänzlich zwischen den Rasterzellenmittelpunkten befinden und somit dem Schlag keine RUSLE-Faktorenwerte zugeordnet werden können. Dies betrifft insbesondere Schläge mit Randstreifencharakter, Gartenbautunnel (wenn jeweils als einzelner Schlag deklariert), sowie Polygon-Artefakte im räumlichen Datensatz.

Obwohl alle Eingangsdatensätze soweit möglich auf Fehler und Unvollständigkeiten geprüft wurden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass nicht erfasste Schläge bei der Modellierung auf Unstimmigkeiten in den Ausgangsdatensätzen zurückzuführen sind. Nichtsdestotrotz ist mit etwa 90 % der Anteil der erfassten Schläge an der Gesamtfläche bei unserem nationalen Modellansatz ein durchaus akzeptabler Wert.

7.3.2 Seltene Kombinationen aus Feldfrucht und ÖPUL-Maßnahme

Bedingt durch die geringe Häufigkeit einzelner Kombinationen aus Hauptfrucht und ÖPUL-Maßnahme (z.B. Mulch- und Direktsaat) wurden keine C-Faktoren berechnet und somit bei der späteren Berechnung des Bodenabtrags nicht berücksichtigt.

Durch den Mangel an Informationen in den Ausgangsdatensätzen wurde ein P-Faktor, welcher eine potenzielle Abtragsminderung der Bewirtschaftungsrichtung berücksichtigt (P = 1: Bewirtschaftung entlang des Hanges; P = 0.5: Bewirtschaftung quer zum Hang), bei der Berechnung der Bodenabträge vernachlässigt. Allerdings wird in Österreich durchaus auf einigen Schlägen eine Bewirtschaftung quer zum Hang gewählt, um potenzielle Bodenabträge zu minimieren. Die Berücksichtigung eines P-Faktors bei der R₂SLE-Modellierung durch geeignete Informationen in den Ausgangsdatensätzen würde demnach zu einer Verringerung der modellierten Bodenabträge und zu einer erhöhten Repräsentativität der Modellergebnisse führen. Wie groß die Berücksichtigung eines P-Faktors auf den absoluten Bodenabtrag für alle Schläge in Österreich auswirken würde, kann jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nur sehr schwer abgeschätzt werden.

8 Geschätzte Corg-Verluste bei Berücksichtigung der Einschränkungen des Modellansatzes

Für das Jahr 2018 wurden für das Ackerland insgesamt ein Bodenabtrag von 7,683 Mill. Tonnen mittels R₂SLE errechnet (Tab. 1). Die Bodenerosion durch Wasser und der daraus resultierende Bodenabtrag führt auch zu Verlusten von organischem Kohlenstoff (Humus), insbesondere von den stark hängigen Ackerflächen. Im weniger steilen Gelände bzw. auf dem darunterliegenden weitgehend ebenen Flächen am Unterhang wird ein Großteil des erodierten Bodenmaterials wieder abgelagert, und führt dort zu Nährstoff- und Humuseinträgen; nur ein vergleichsweise geringer Anteil wird über die Bäche und Flüsse aus dem Einzugsgebiet verfrachtet.

Aus österr. Messungen ist bekannt, dass nur ein Bruchteil des erodierten Bodenmaterials, aufgrund von Messungen des Abflusses und der Sedimentkonzentrationen im Vorfluter, aus dem Einzugsgebiet weg transportiert wird (Strauss 2007). Unter der vereinfachten Annahme, dass 95% des Bodenabtrags auf tieferliegenden landw. Nutzflächen wieder sedimentiert werden, ergeben sich etwa 384.000 t pro Jahr an Bodenverlagerungen in Oberflächen-gewässer bzw. auf Flächen außerhalb der landw. Nutzflächen. Durch Mulch- und Direktsaat wurde diese Menge um 25.300 t und durch Begrünungen von Ackerflächen um 8.800 t vermindert.

Es wird bei Wind- und Wassererosion die leichtere Bodenfraktion abgetragen. Der Anreicherungs-faktor (Enrichment Ratio: Verhältnis des Kohlenstoffgehalts im erodierten

Material zum im Boden vorliegenden Kohlenstoffgehalt) liegt bei Winderosion über 5, bei vom Wasser erodiertem Material bei eher kurzen Hanglängen bis 25 m bei 3 bis 5. Weil eine weitere Verfrachtung für den Austrag in die Vorfluter anzunehmen ist, wurde für die folgenden vorsichtigen Abschätzungen mit einem Anreicherungsfaktor von 2 gerechnet.

Unter der Annahme des mittleren Humusgehaltes (Median) in den Hauptproduktionsgebieten laut der Auswertung von Baumgarten et al. (2011) ergeben sich somit insgesamt Corg-Verluste von etwa 12.500 Tonnen pro Jahr. Durch Begrünung konnte dieser Verlust um knapp 300 t Corg und durch Mulch- und Direktsaat um über 800 t Corg vermindert werden.

Laut BA (2019) werden durch die humusfördernden Maßnahmen im ÖPZL in den Jahren 2007 bis 2014 etwa 115.000 t Kohlenstoff pro Jahr auf Ackerland gespeichert. Aktuell wird die Kohlenstoff speichernde Wirkung des ÖPZL auf etwa 70.000 t Kohlenstoff pro Jahr angegeben. Die vereinfachten, mit großer Unsicherheit behafteten Abschätzungen zeigen, dass die Corg-Verluste durch Wassererosion ein Ausmaß erreichen, das in den Berechnungen betreffend der Corg-Pools bei den Landnutzungsänderungen zu nicht zu vernachlässigen sein wird. Die Bedeutung des Erosionsschutzes zum Humusaufbau oder zumindest zur Stabilisierung des Humuspools wird dadurch grob quantifizierbar.

9 Literatur

Acutis M., Perego A., Bernardoni E., Rinaldi M., 2010, AQUATER Software as a DSS for Irrigation Management in Semi-Arid Mediterranean Areas, *Ital. J. Agron.*, 5, 205-215.

Adu M. O., Sparkes D. L., Parmar A. Yawson D. O. 2011, 'Stay Green' in Wheat: Comparative Study of Modern Bread Wheat and Ancient Wheat Cultivars. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 6, 9, ISSN 1990-6145, 16-24.

Amanullah, Hidayatullah, Amanullah J., Stewart B.A., 2013. Growth Dynamics and Leaf Characteristics in Oats (*AVENA SATIVA L.*) Differ at Excessive Nitrogen and Phosphorus Application. *Pak. J. Bot.*, 45, 3, 853-863.

Andrieu B., Allirand J.M., Jaggard K., 1997. Ground cover and leaf area index of maize and sugar beet crops. *Agronomie*, 17, 315-321.

Andruszczak S., Kwiecińska-Poppe E., Kraska P., Pałys E., 2012., The influence of some plant protection chemical means on leaf area and their tip angle of some winter spelt wheat varieties (*Triticum aestivum ssp. spelta L.*). Institute of Plant Protection – National Research Institute, *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 52, 1, 163-166, ISSN 1427-4337.

AquaCrop, 2017. AquaCrop –FAO crop-water productivity model to simulate yield response to water. AquaCrop training handbooks.

Babli, M., 2007. Effect of Organics and Biofertilizer on Productivity Potential in Carrot (*Daucus carota L.*). Master Thesis, University of Agricultural Sciences, Dharwad.

Baron V. S., Najda H. G., Salmont D. F., Pearen J. R., Dickl A. C., 1993, Cropping systems for spring and winter cereals under simulated pasture: Sward structure, *Can. J. Plant Sci.*

Bannayan M, Mortazagoldani, Mohammad R N., 2017: Growth Analysis of Pumpkin (*Cucurbita pepo L.*) Under Various Management Practices and Temperature Regimes. *Agri Res & Tech: Open Access J.*, 11, 1, DOI: 10.19080/ARTOAJ.2017.11.555801 005.

Böhm K., 2012. Bestandesentwicklung, Ertragsstruktur sowie Stickstoff und Strahlungsaufnahme verschiedener Kulturarten bei Aussaat im Herbst- und im Frühjahr. Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

Brixel, E., Krug, L., 2018: Weinbauerosionsschutzmaßnahmen im nordöstlichen Weinviertel. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

Brown E.H., Huth I. N., Holzworth P.D., Teixeira I.E., Zyskowski H. R., Hargreaves N.G.J., Moot J. D., 2014: Plant Modelling Framework: Software for building and running crop models on the APSIM platform*; *Environmental Modelling & Software*, 62, 385-398.

Danalatos Ng., Kosmas Cs., Driessen Pm., Yassoglou N., 1994. The change in the specific leaf area of maize grown under Mediterranean conditions. *Agronomie, EDP Sciences*, 14, 7, 433-443.

Demarez V., Duthoit S., Baret F., Weiss M., Dedieu G., 2008: Estimation of leaf area and clumping indexes of crops with hemispherical photographs. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148, 644-655, 10.1016/j.agrformet.2007.11.015. ird-00421578.

Desmet, P.J.J., Govers, G. 1996. A GIS procedure for automatically calculating the R₂SLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of soil and water conservation*, 51, 5, 427-433.

Ellen J., 1993, Growth, yield and composition of four winter cereals. I. Biomass, grain yield and yield formation. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 41, 153-165.

Eremeev V., Jõudu J., Lääniste P., Mäeorg E., Makke A., Talgre L., Lauringson E., Raave H., Noormets M., 2008: Consequences of pre-planting treatments of potato seed tubers on leaf area index formation. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 58, 236-244.

European Commission, 2018: Directorate-General for Agriculture and Rural Development – Unit C.4, Guidelines. Assessing RDP achievements and impacts in 2019, Brussels.

Feichtinger, F., 1998: STOTRASIM – Ein Modell zur Simulation der Stickstoffdynamik in der ungesättigten Zone eines Ackerstandortes. *Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft*, 7, 14-41.

Fernández, C., Vega, J. A., 2016: Evaluation of R₂SLE and PESERA models for predicting soil erosion losses in the first year after wildfire in NW Spain. *Geoderma*, 273, 64-72.

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

Giannoulis K.D, Archontoulis S.V., Bastiaans L., Struik P.C., Danalatos N.G., 2008: Potential growth and seed yield of sunflower as affected by sowing time, irrigation and N-fertilization in central Greece. *International Conference on Agricultural Engineering/ Agriculture & Biosystems Engineering for a Sustainable World*, 2008-06-23/2008-06-25 11 S.

Goyal A., Das D.K., Sehgal V.K., Vashisth A, Mukharjee J., Pradhan S., Singh J., 2015: Relationship of Thermal Indices with Biophysical Parameters and Seed Yield of Oilseed Brassica Cultivars Sown in Two Different Row Directions. *Journal of Agricultural Physics*, 15 1, 38-44, ISSN 0973-032X.

Griffin, M.L., Beasley, D.B., Fletcher, J.J., Foster, G.R. 1988: Estimating soil loss on topographically non-uniformed field and farm units. *Journal of Soil and Water Conservation* 43,4, 326-331.

Groß S., 2011: Einfluss von Bodentemperatur auf Wachstum und Entwicklung von Sommergerste. *Bakk. Arbeit*, Universität Hohenheim.

Hiebl J., Frei C., 2016: Daily temperature grids for Austria since 1961—concept, creation and applicability. *Theoretical and Applied Climatology* 124, 161–178, doi:10.1007/s00704-015-1411-4

Hiebl J., Frei C., 2018: Daily precipitation grids for Austria since 1961—development and evaluation of a spatial dataset for hydro-climatic monitoring and modelling. *Theoretical and Applied Climatology* 132, 327–345, doi:10.1007/s00704-017-2093-x

Hirose T., 2005: Review: Development of the Monsi–Saeki Theory on Canopy Structure and Function. *Annals of Botany* 95, 483–494, doi:10.1093/aob/mci047.

Hisao, T.C., Hemg, L., Steduto, P., Rojas-Lara, B., Raes, D., Fereres, E., 2009: AquaCrop – The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: III. Parametrization and Testing for Maize. *Agronomy Journal*, 101, 3, 448-459.

Ionescu N., Penescu A., Ionescu S. G., 2014: Influence of Sowing Time on the Expression of Barley and Wheat Plants Physiology. *AgroLife Scientific Journal*, 3, 2, 45-50. ISSN 2285-5718.

Jiahui H., Xiaodong S., Zhen Z., Chuanwen W., Weiwei L., Jingfeng H., Yaoliang C., 2016: Estimating Leaf Area Index of Winter Oilseed Rape using High Spatial Resolution Satellite Data. Conference Paper July 2016, DOI: 10.1109/Agro-Geoinformatics.757-768.

Jovanovic N.Z., Annandale J.G., 2000: Crop growth model parameters of 19 summer vegetable cultivars for use in mechanistic irrigation scheduling models. *Water SA*, 26, 1, ISSN 0378-4738.

Lemaire S., Maupas F., Cournède P. H., de Reffye P., 2008: A Morphogenetic Crop Model for Sugar-Beet (*Beta vulgaris* L.) International Symposium in Crop Modeling, Nanjing.

Lukombo Lukeba J.C., Vumilia R. K., Nkongolo K. C. K.*, Mwabila M. L., Tsumbu M., 2013: Growth and Leaf Area Index Simulation in Maize (*Zea mays* L.) under Small-Scale Farm Conditions in a Sub-Saharan African Region. *American Journal of Plant Sciences*, 4, 575-583.

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

Klimek-Kopyra A., Kulig B., Oleksy A., Zajac T., 2015: Agronomic performance of naked oat (*Avena nuda* L.) and faba bean intercropping. *Chilean Journal of Agricultural Research* 75(2), 168-173

Martin R. J., 1986, Growth of sugar beet crops in Canterbury, New Zealand, *Journal of Agricultural Research*, 29:3, 391-400, DOI: 10.1080/00288233.1986.10423491. BYC England, 2018, Beet Yield Challenge.

Martini M.Y, McKenzie B.A., Moot D.J., Hill G.D., de Ruiter J.M., 2009: Dry matter accumulation of oats sown at five different sowing dates. *Agronomy New Zealand* 39, 71-80.

Narayanan S., Aiken R. M, Vara Prasad P. V., Xin Z., Paul G., Yu J., 2014: A Simple Quantitative Model to Predict Leaf Area Index in Sorghum. *Agronomy Journal*, 106, 1, 219-226.

Nearing, M. A. 1997: A single, continuous function for slope steepness influence on soil loss. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 3, 917-919.

Nielsen D., Miceli-Garcia J. J, Lyon D. J., 2012: Canopy Cover and Leaf Area Index Relationships for Wheat, Triticale, and Corn. *Agronomy Journal*, 104, 6, 1569-1573.

Nguy-Robertson A., Anatoly Gitelson A., Peng Y., Andrés Viña A., Arkebauer T., Rundquist D., 2012: Green Leaf Area Index Estimation in Maize and Soybean: Combining Vegetation Indices to Achieve Maximal Sensitivity. *Agronomy Journal*, 104, 5, 1336-1347.

Nguy-Robertson A. L., Peng Y., Gitelson A. A., Arkebauer T. J., Pimstein A., Herrmann I., Karnieli A., Rundquist D.C., Bonfil D. J., 2014: Estimating green LAI in four crops: Potential of determining optimal spectral bands for a universal algorithm. *Agricultural and Forest Meteorology* 192–193, 140–148.

Okeke C.G, Oluka S.I., Oduma O, 2016: Effect of Tillage and Staking on the production of fluted Pumpkin. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 5, 2, 54-61.

Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K. 2015: A new European slope length and steepness factor (LS-Factor) for modeling soil erosion by water. *Geosciences*, 5, 2, 117-126.

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

Pitol Lucas D. D., Heldwein A. B., Hinnah F. D., Maldaner I. C., Loose L. H., 2015: Estimation of leaf area index in the sunflower as a function of thermal time. *Rev. Ciênc. Agron.*, 46, 2, 404-411, <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150020>.

Planchon, O., Darboux, F. 2002: A fast, simple and versatile algorithm to fill the depressions of digital elevation models. *Catena*, 46, 2-3, 159-176.

Prabhakara K., Hively W.D., McCarty G.W., 2015: Evaluating the relationship between biomass, percent groundcover and remote sensing indices across six winter cover crop fields in Maryland, United States. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 39, 2015, 88–102.

Ramirez-Garcia J., Almendros P., Quemada M., 2012: Ground cover and leaf area index relationship in a grass, legume and crucifer crop. *Plant Soil Environ.*, 58, 8, 385–390.

Ramirez-Garcia J., 2014: Evaluation of Cover Crops Based on Characteristics of Nitrogen Use, and Aerial and Root Growth. Tesis Doctoral, Universidad Politecnica de Madrid.

Reid J. B., English J. M., 2000: Potential Yield in Carrots (*Daucus carota* L.): Theory, Test, and an Application. *Annals of Botany* 85, 593-605.

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

Scott R.K., Stokes D.T., McWilliam Sc., Spink J.H., Clare R.W., 1999: Yield Improvement through Canopy Management. Proc. 10th Int. Rapeseed Congress, Canberra, Australia.

Sieling K., Bottcher M., Kage H., 2016: Canopy traits in rye, triticale and wheat under varying N supply. *Agronomy Research* 14, 4, 1467–1485.

Siloriya P. N., Rathi G. S., and Meena V. D., 2014: Relative performance of oat (*Avena sativa* L.) varieties for their growth and seed yield. *African Journal of Agricultural* Vol. 9, 3, 425-431.

Soleymani A., Shahrajabian M.H., 2017. Effects on Planting Dates and Row Distance on Sugar Content, Root Yield and Solar Radiation Absorption in Sugar Beet at Different Plant densities. *Romanian Agricultural Research*, No. 34, www.incda-fundulea.ro , Print ISSN 1222-4227; Online ISSN 2067-5720.

Strandberg J., 2001: Monitoring Growth and development of Carrot on Organic Soils in Florida, *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 114, 307-312.

Suojala T., 2000: Growth of and partitioning between shoot and storage root of carrot in a northern climate. *Agricultural and Food Science in Finland*, 9, 49-59.

Stenitzer, E. ,1988: SIMWASER – Ein numerisches Modell zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes und des Pflanzenertrages eines Standortes. Mitteilung Nr. 31, Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, 3252 Petzenkirchen.

Strauss, P., K. Auerswald, E. Klaghofer und W.E.H. Blum, 1995: Erosivität von Niederschlägen: Ein Vergleich Österreich - Bayern. *Z. für Kulturtechnik und Landentwicklung*, 36, 6, 304-308.

Strauss, P., 2007: Flächenhafter Bodenabtrag durch Wasser. *Hydrologischer Atlas Österreichs*, BMLFUW, 3. Lieferung, 8.2. ISBN: 3-85437-250-7.

Theurer J. C., 1979: Growth Patterns in Sugarbeet Production. *Journal of the A.S.S.B.T.*, 20, 4, 333-367.

Thielke, T., 2017: Heterogeneity of C-Factors in Vineyards of Eastern Austria. Unveröffentlichte Masterarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

SDA, 1996: Predicting Soil Erosion by Water: a Guide to Conservation Planning with the revised Universal Soil loss equation (USLE). Agriculture Handbook 703.

Van Gaelen, 2016: Evaluating agricultural management from field to catchment scale. Development of a parsimonious agro-hydrological model. Thesis September 2016, 245. DOI: 10.13140/RG.2.2.27145.85608.

Vermunt P., 2016: Canopy interception mapping using field measurements and high-resolution airborne imagery, case study for a region in Vorarlberg, Austria. MSc Thesis, Faculty of Geosciences, Department of Physical Geography, Utrecht University.

WPA und BAW, 2009: Evaluierung des Programmes LE07-13 „Abschätzung des Bodenabtrags in Österreich und Integration der Daten in die INVEKOS Datenbank, Endbericht, BMLFUW, Zahl BMLFUW LE.1.3.7/0016-II/5/2009.

Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978: Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. No. 537.

Zhang, H.M., Yang, Q.K., Li, R., Liu, Q.R., 2012: Research on the estimation of slope length in distributed watershed erosion. Journal of Hydraulic Engineering 43, 4, 437-444.

10 Anhang

Anhang A – Räumliche Verteilung der R-Faktoren in den HPG

Die Abbildung 28 bis Abbildung 33 stellen die räumliche Verteilung der R-Faktoren (in N/h) für alle Hauptproduktionsgebiete dar. Dabei wurde keine geschlossene flächige Darstellung gewählt, sondern es werden nur die von den weiteren Erosionsberechnungen im Rahmen der ÖP²L Auswertungen betroffenen Parzellen dargestellt.

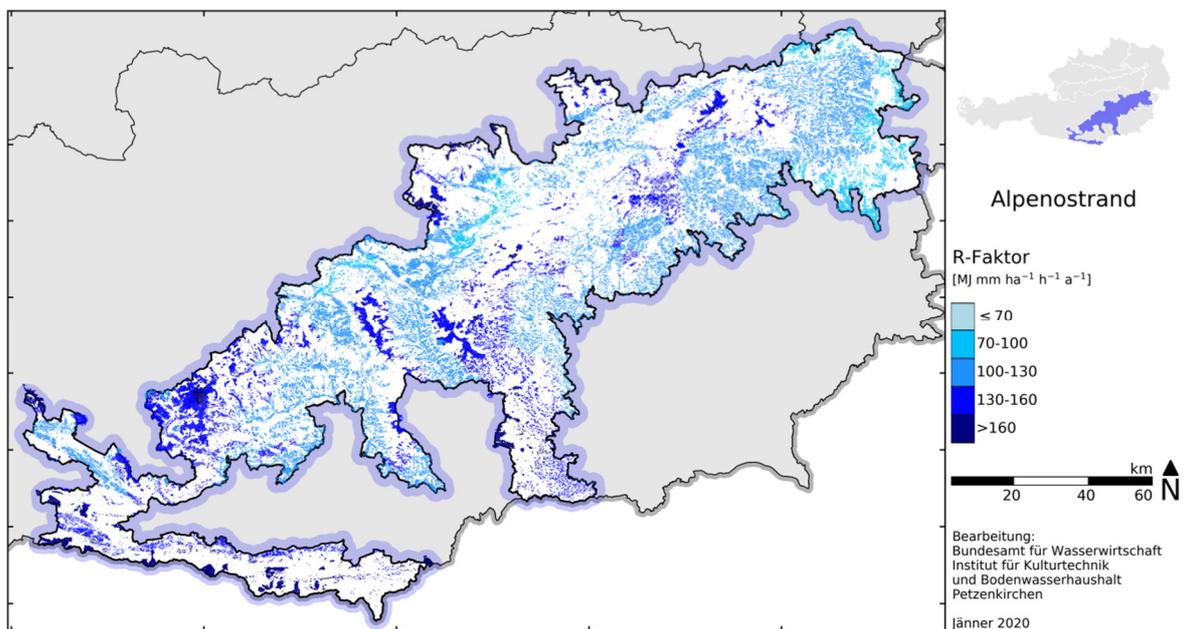


Abbildung 28: Räumliche Verteilung des R-Faktors im HPG Alpenostrand

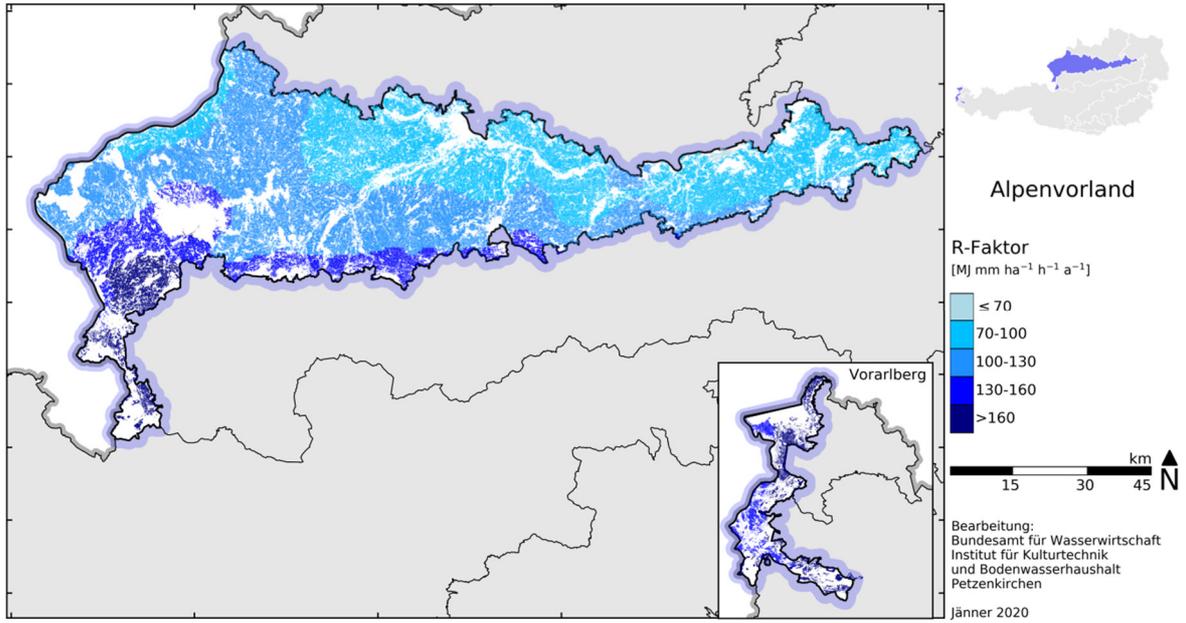


Abbildung 29: Räumliche Verteilung des R-Faktors im HPG Alpenvorland

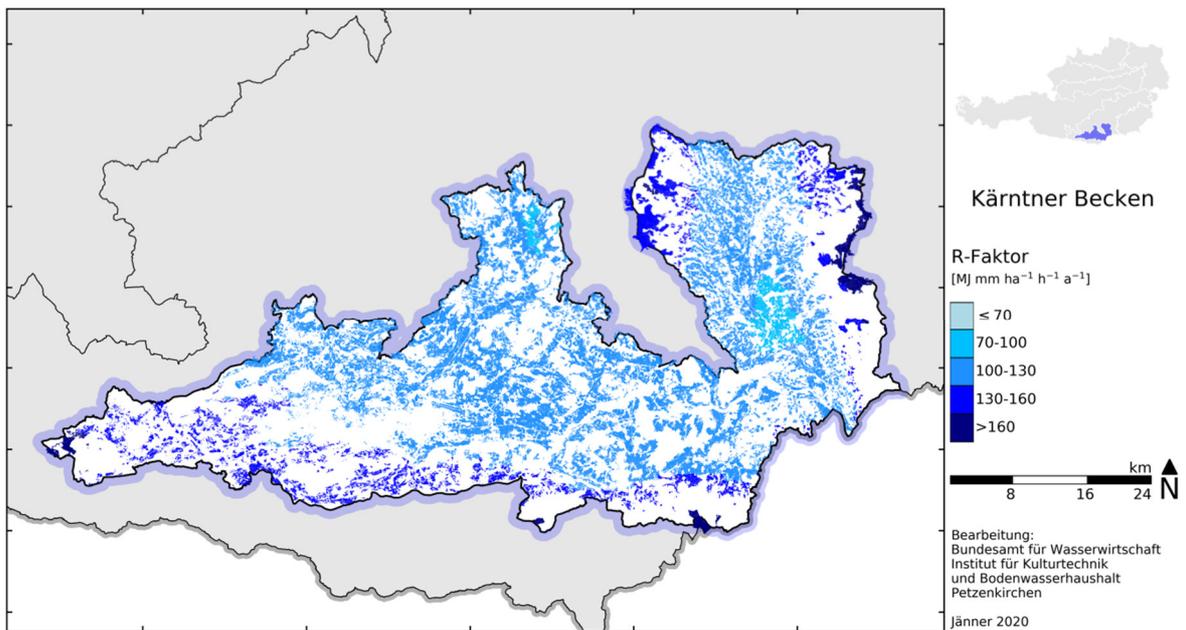


Abbildung 30: Räumliche Verteilung des R-Faktors im HPG Kärntner Becken

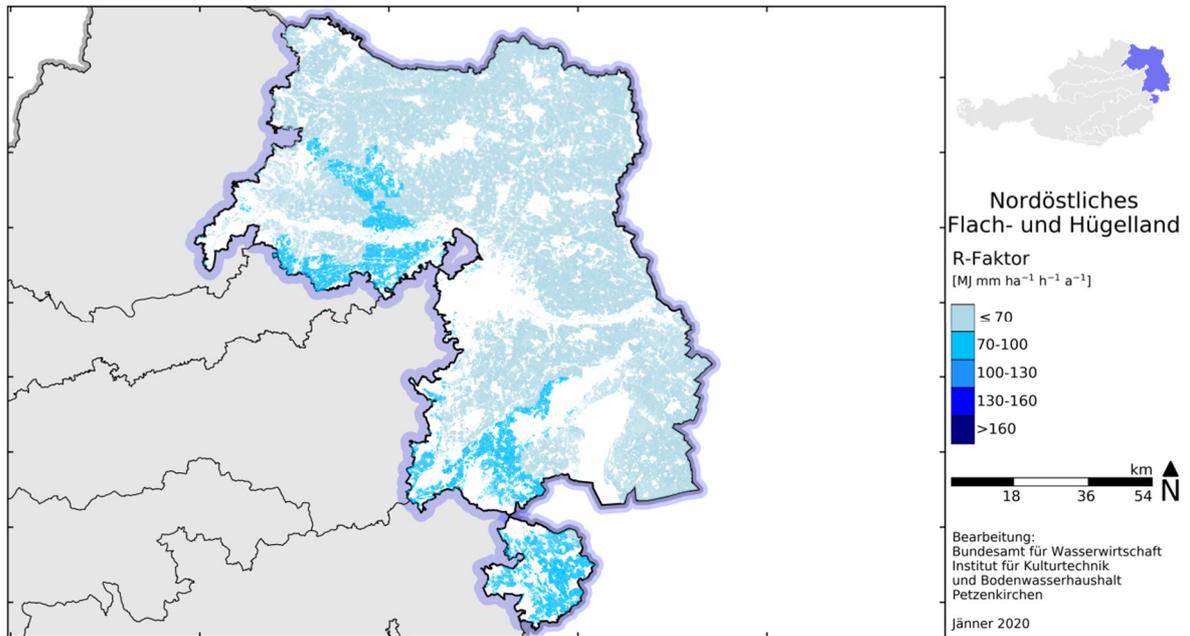


Abbildung 31: Räumliche Verteilung des R-Faktors im HPG Nordöstliches Flach- und Hügelland

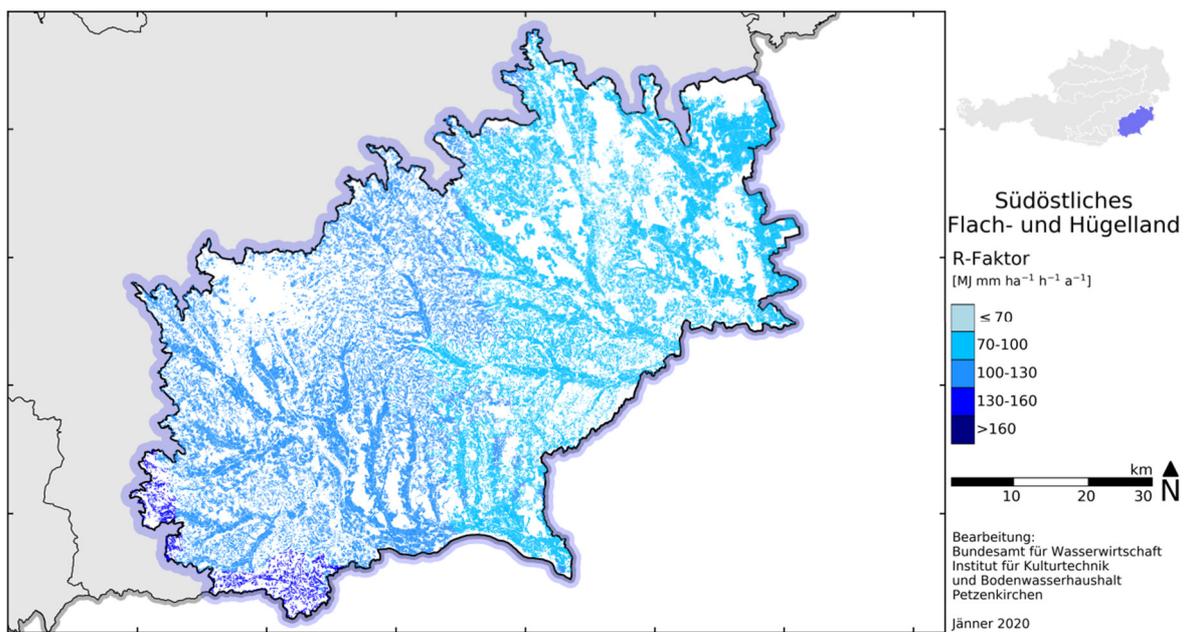


Abbildung 32: Räumliche Verteilung des R-Faktors im HPG Südöstliches Flach- und Hügelland

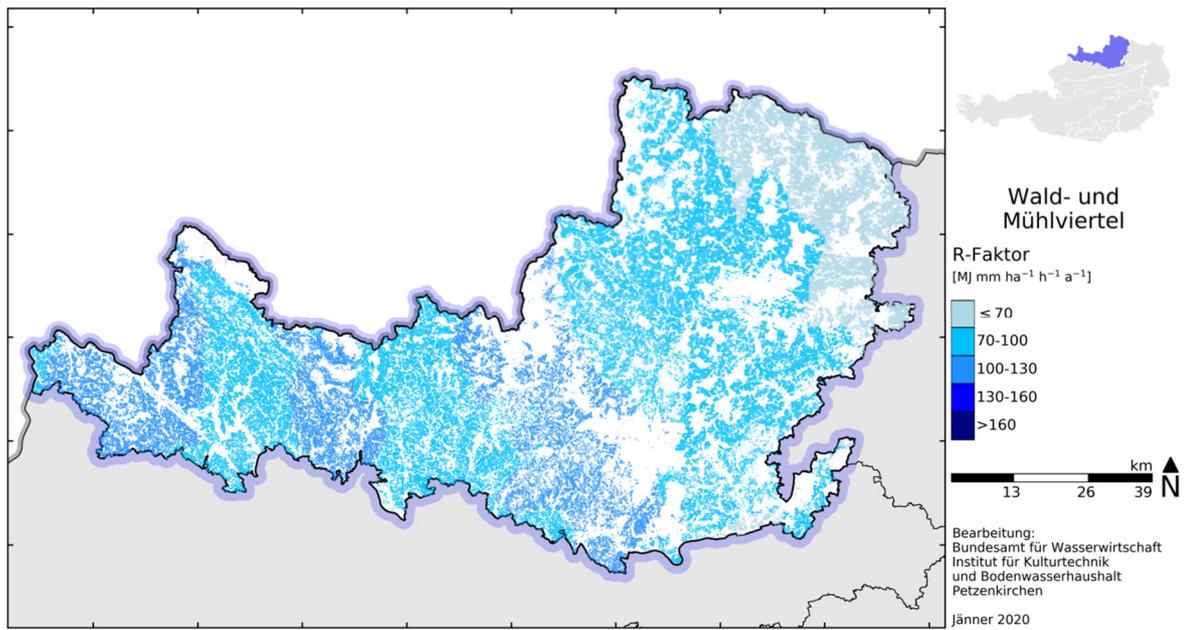


Abbildung 33: Räumliche Verteilung des R-Faktors im HPG Wald- und Mühlviertel

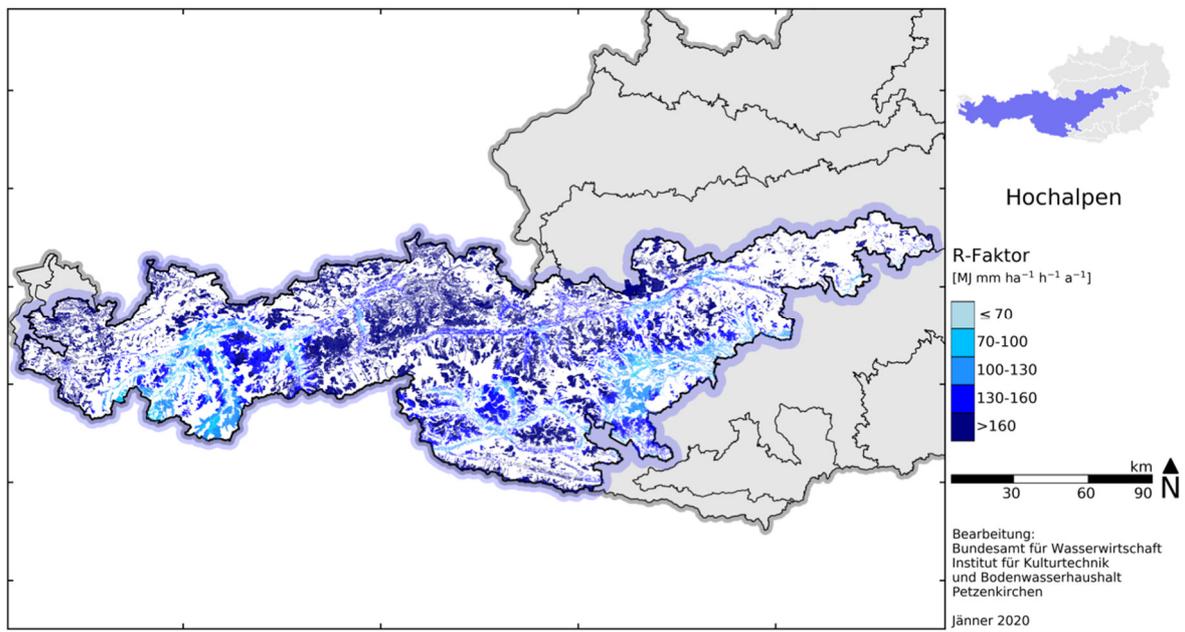


Abbildung 34: Räumliche Verteilung des R-Faktors im HPG Hochalpen

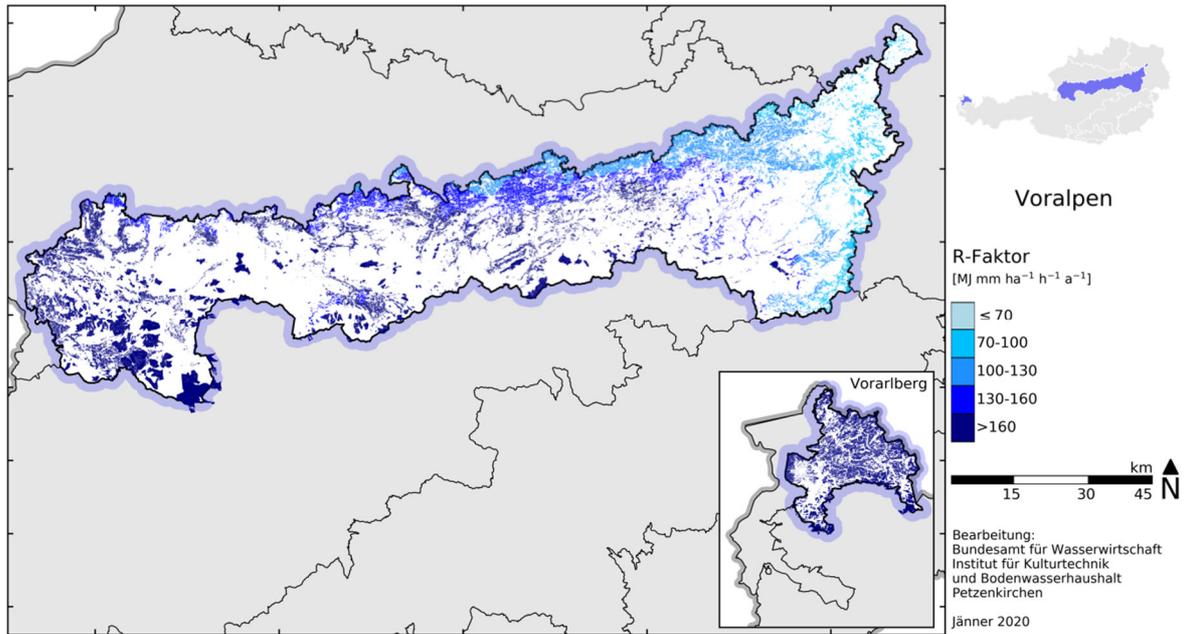


Abbildung 35: Räumliche Verteilung des R-Faktors im HPG Voralpen

Anhang B – Räumliche Verteilung der K-Faktoren in den HPG

Die Abbildung 36 bis Abbildung 41 stellen die räumliche Verteilung der K-Faktoren (in $(t \cdot ha \cdot hr) / (ha \cdot MJ \cdot mm)$) für alle Hauptproduktionsgebiete dar. Dabei wurde keine geschlossene flächige Darstellung gewählt, sondern es werden nur die von den weiteren Erosionsberechnungen im Rahmen der ÖP_L Auswertungen betroffenen Parzellen dargestellt.

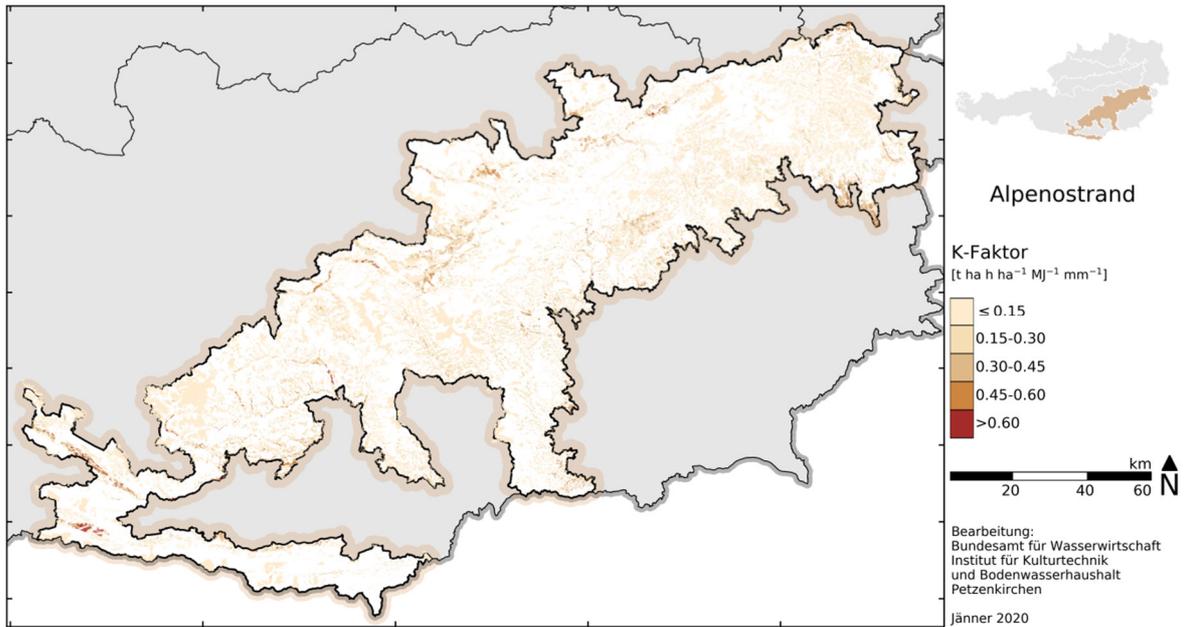


Abbildung 36: Räumliche Verteilung des K-Faktors im HPG Alpenostrand

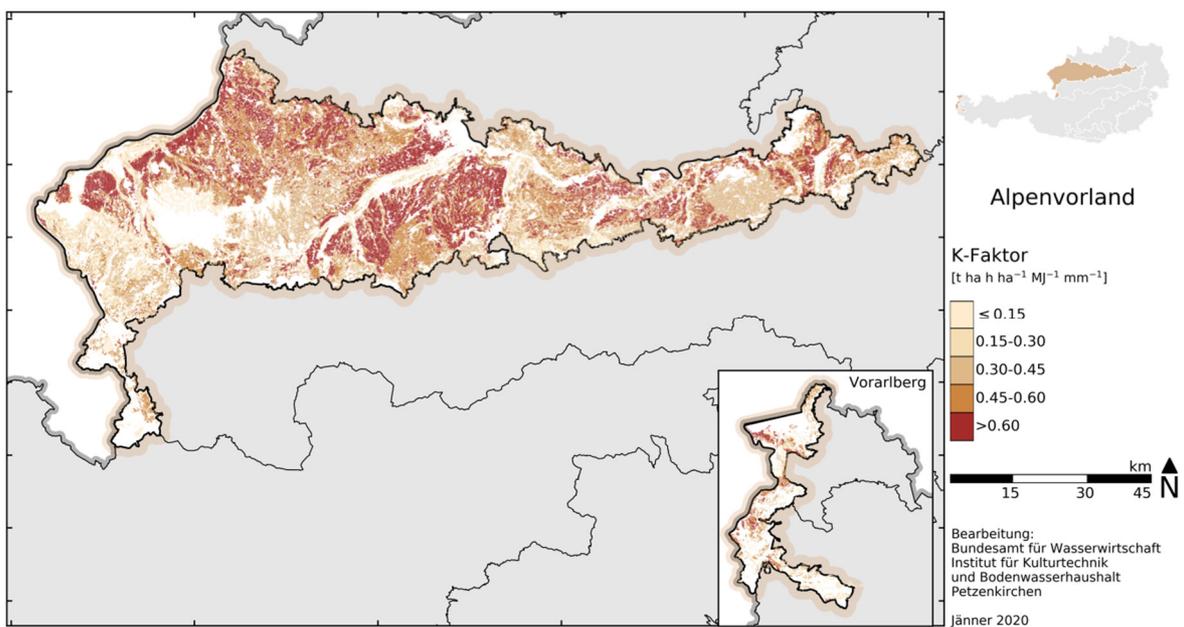


Abbildung 37: Räumliche Verteilung des K-Faktors im HPG Alpenvorland

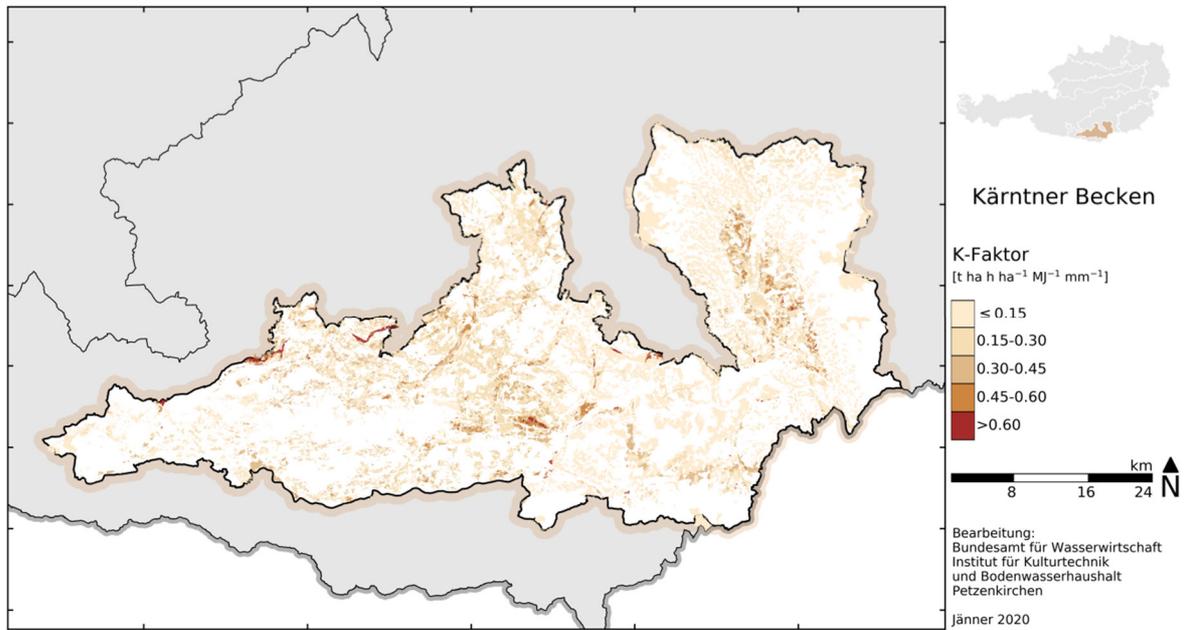


Abbildung 38: Räumliche Verteilung des K-Faktors im HPG Kärntner Becken

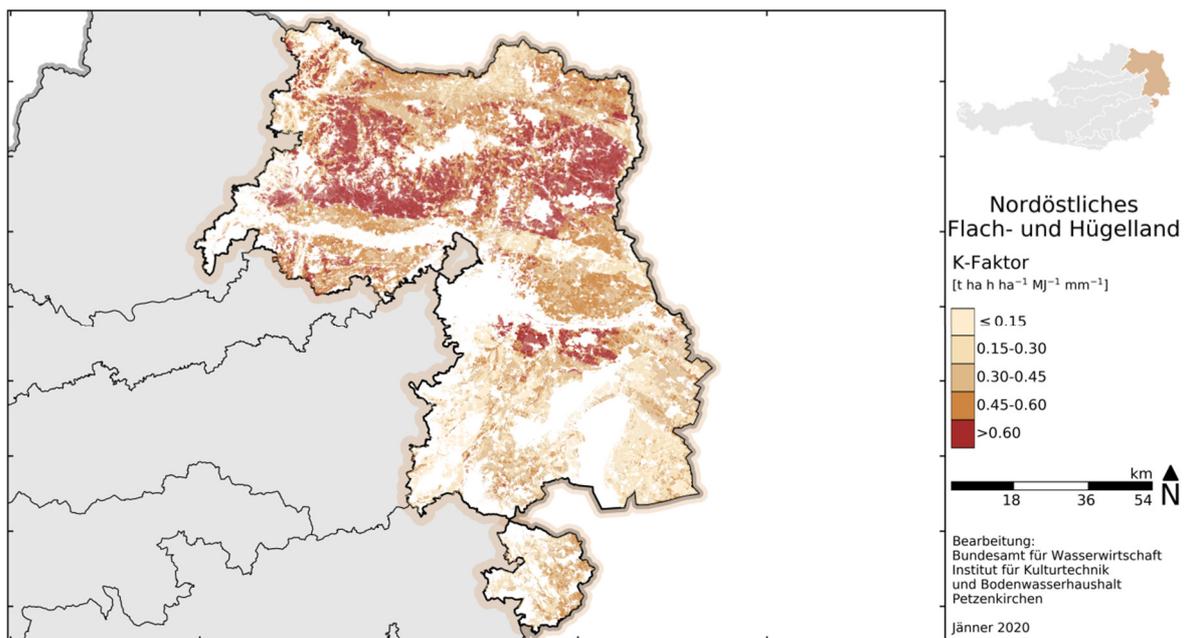


Abbildung 39: Räumliche Verteilung des K-Faktors im HPG Nordöstliches Flach- und Hügelland

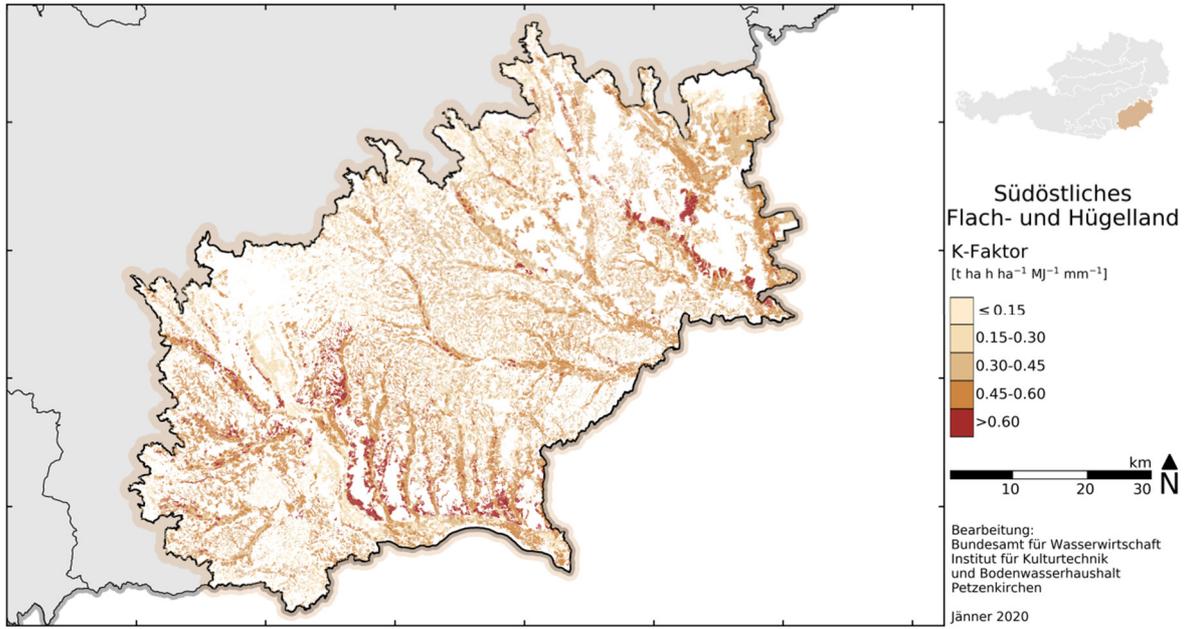


Abbildung 40: Räumliche Verteilung des K-Faktors im HPG Südöstliches Flach- und Hügelland

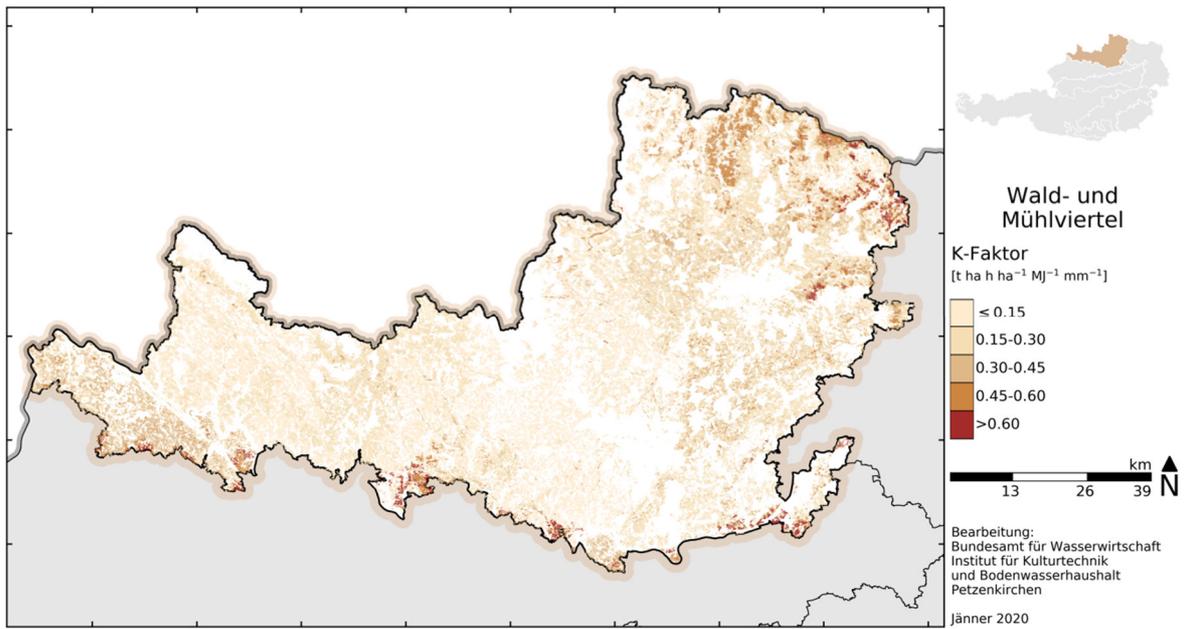


Abbildung 41: Räumliche Verteilung des K-Faktors im HPG Wald- und Mühlviertel

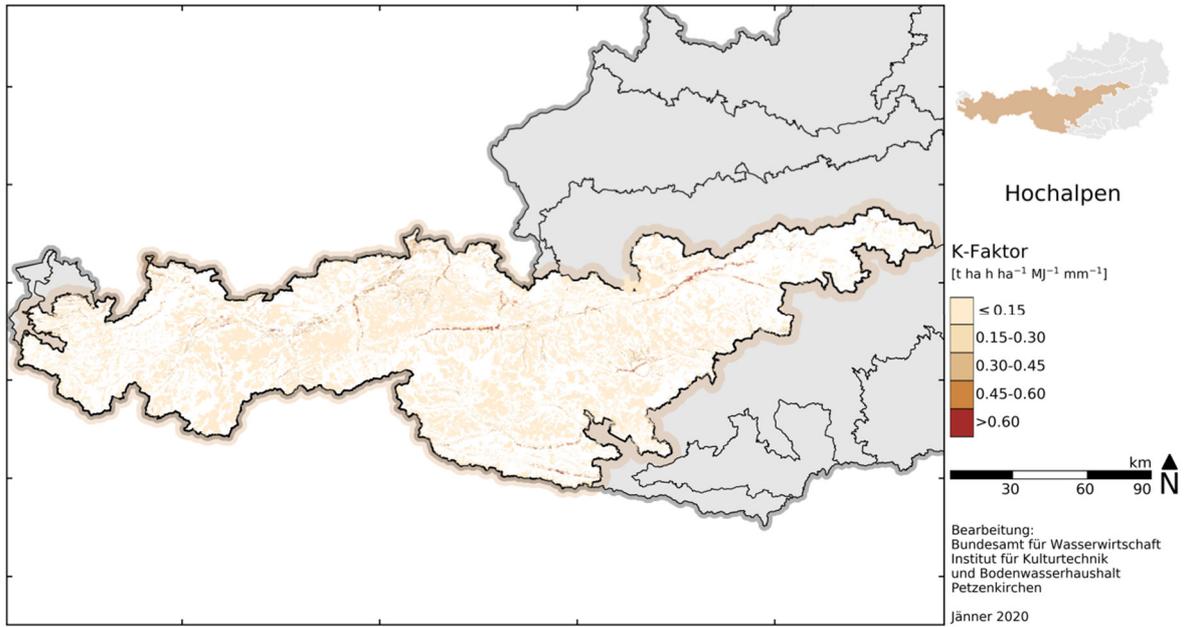


Abbildung 42: Räumliche Verteilung des K-Faktors im HPG Hochalpen

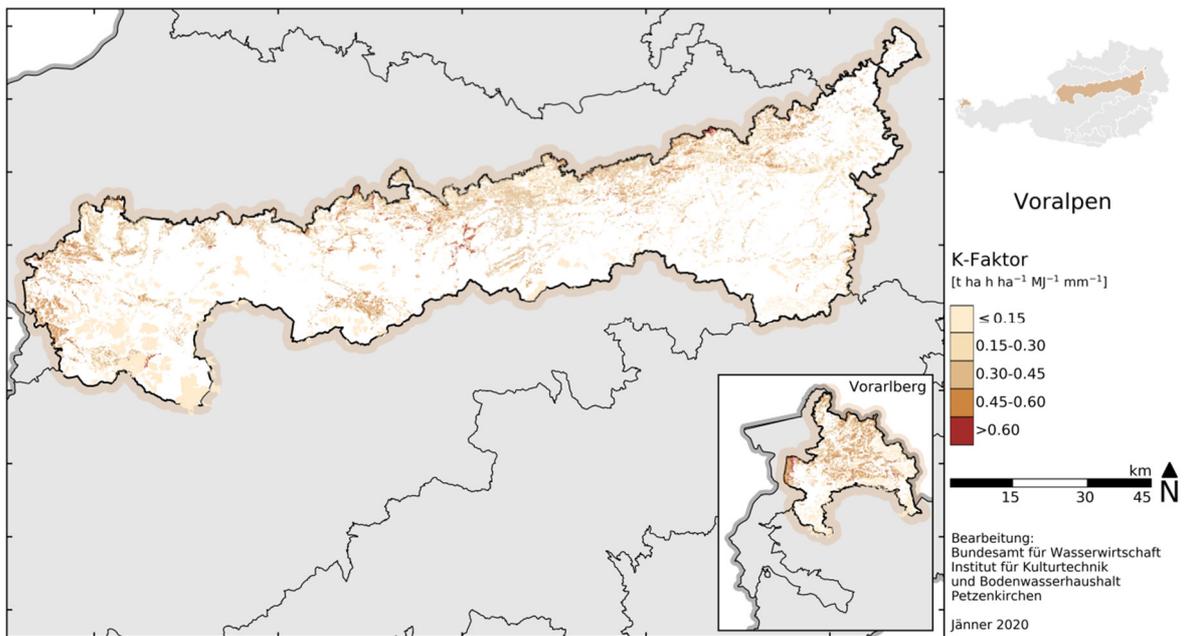


Abbildung 43: Räumliche Verteilung des K-Faktors im HPG Voralpen

Anhang C – Räumliche Verteilung der C-Faktoren in den HPG

Die Abbildung 44 bis

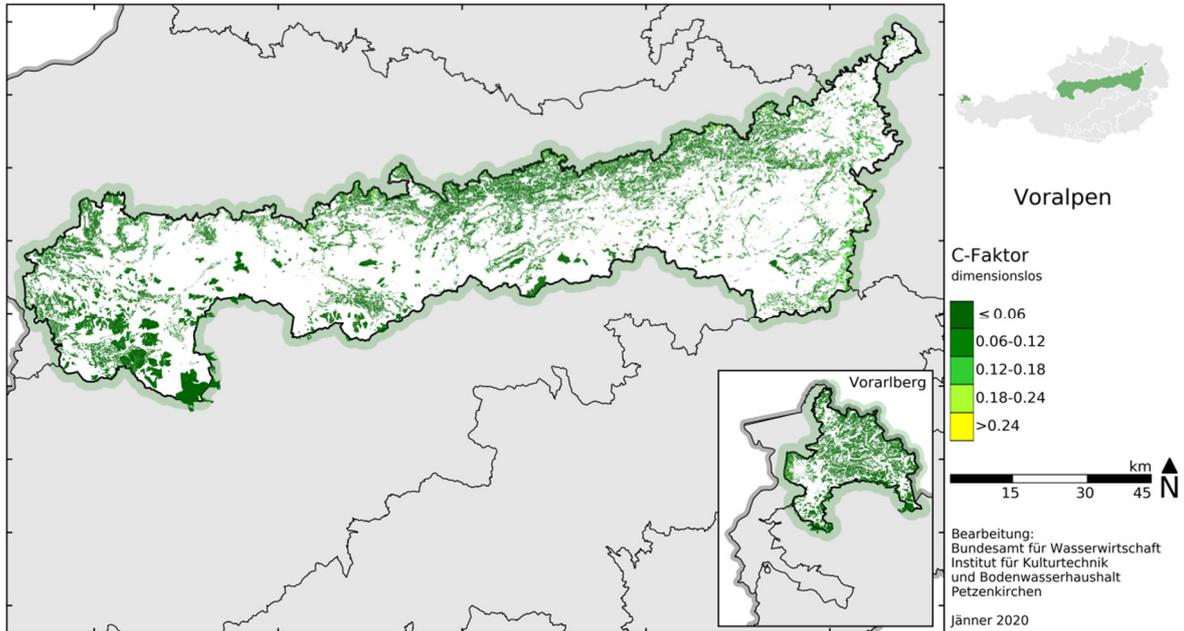


Abbildung 51 stellen die räumliche Verteilung der C-Faktoren für alle Hauptproduktionsgebiete dar. Dabei wurde keine geschlossen flächige Darstellung gewählt, sondern es werden nur die von den weiteren Erosionsberechnungen im Rahmen der ÖP²L Auswertungen betroffenen Parzellen dargestellt.

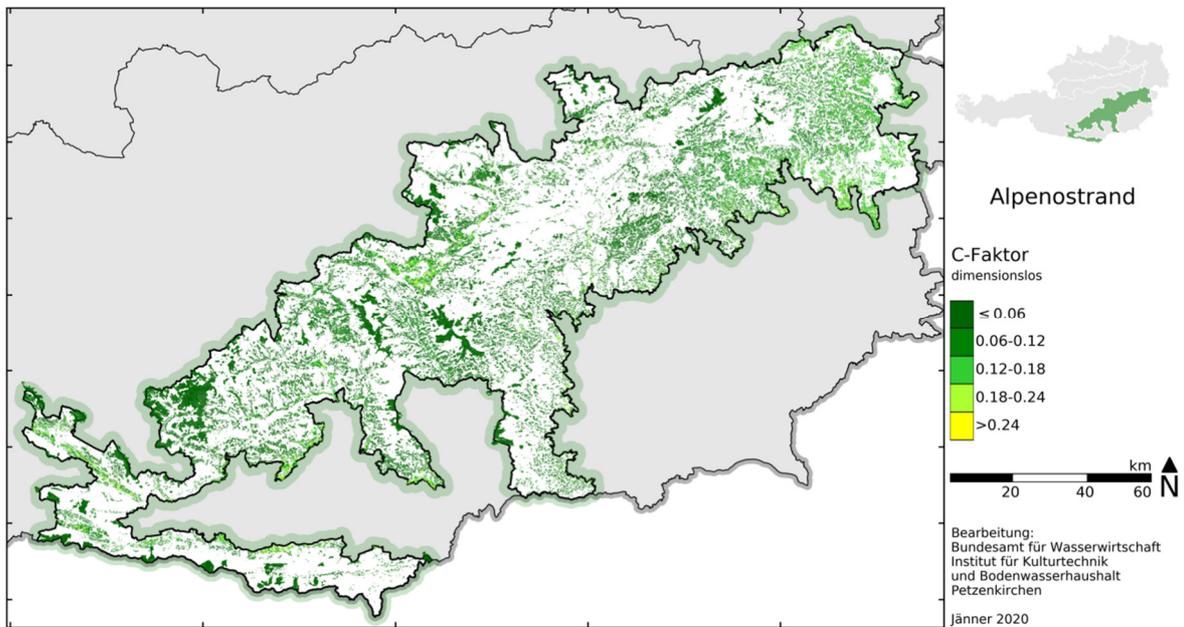


Abbildung 44: Räumliche Verteilung des C-Faktors im HPG Alpenostrand

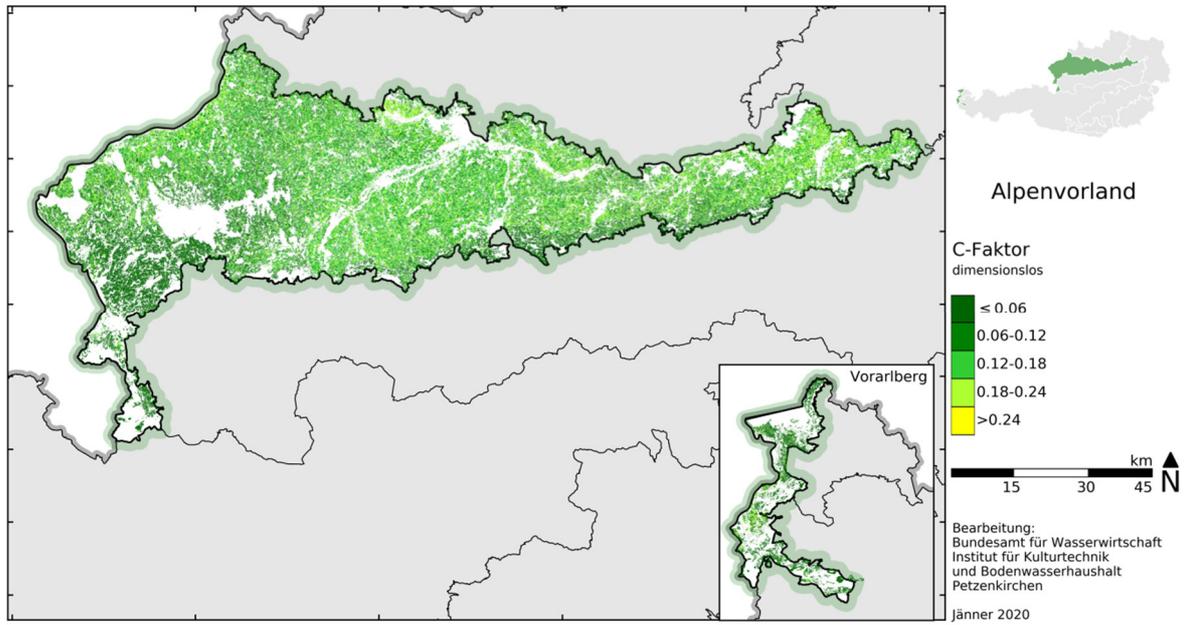


Abbildung 45: Räumliche Verteilung des C-Faktors im HPG Alpenvorland

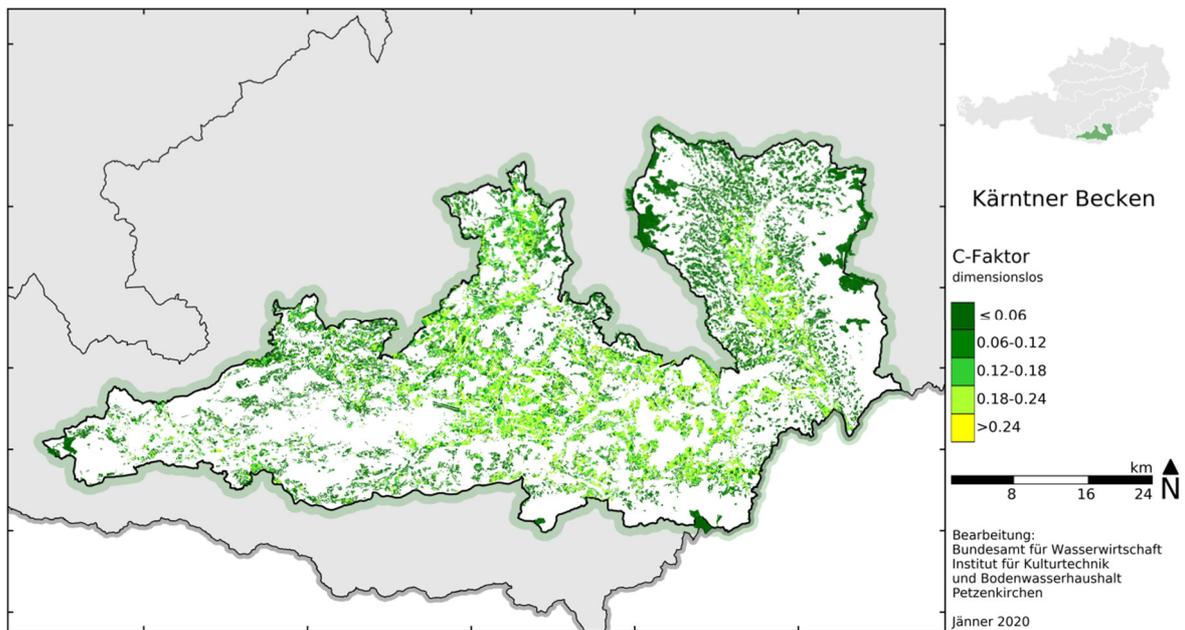


Abbildung 46: Räumliche Verteilung des C-Faktors im HPG Kärntner Becken

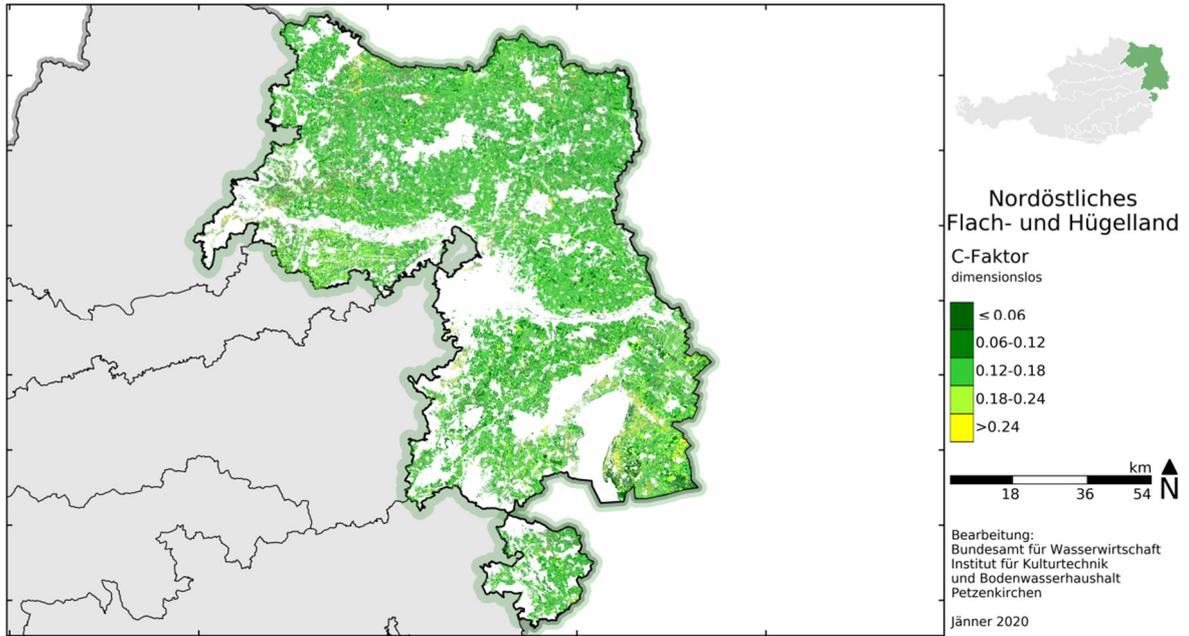


Abbildung 47: Räumliche Verteilung des C-Faktors im HPG Nordöstliches Flach- und Hügelland

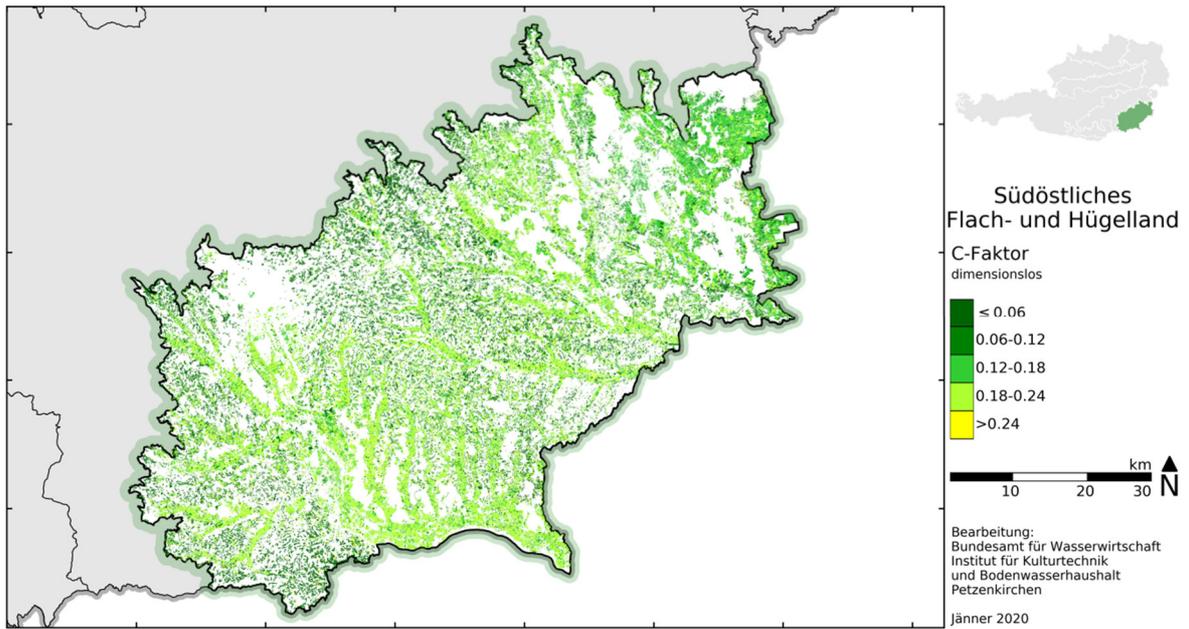


Abbildung 48: Räumliche Verteilung des C-Faktors im HPG Südöstliches Flach- und Hügelland

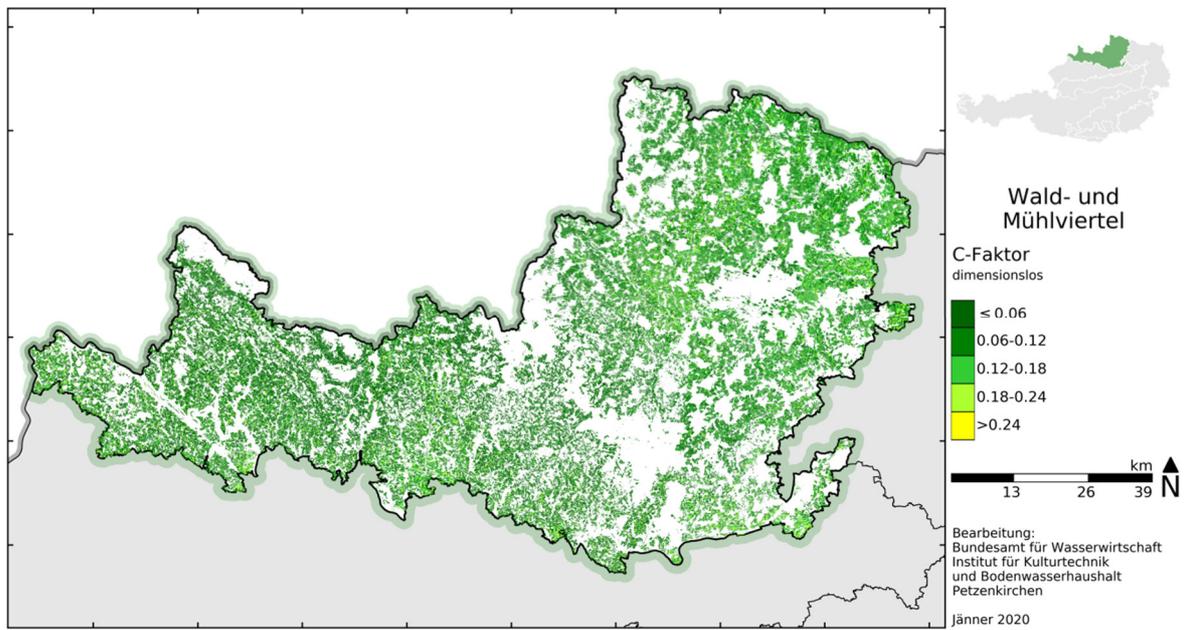


Abbildung 49: Räumliche Verteilung des C-Faktors im HPG Wald- und Mühlviertel

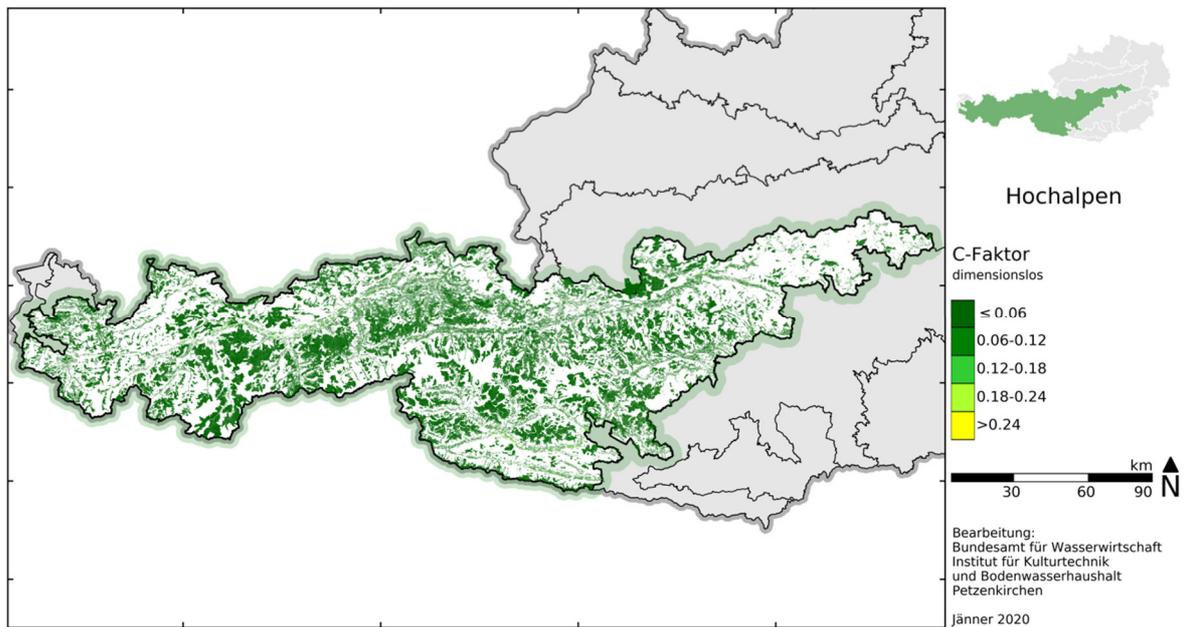


Abbildung 50: Räumliche Verteilung des C-Faktors im HPG Hochalpen

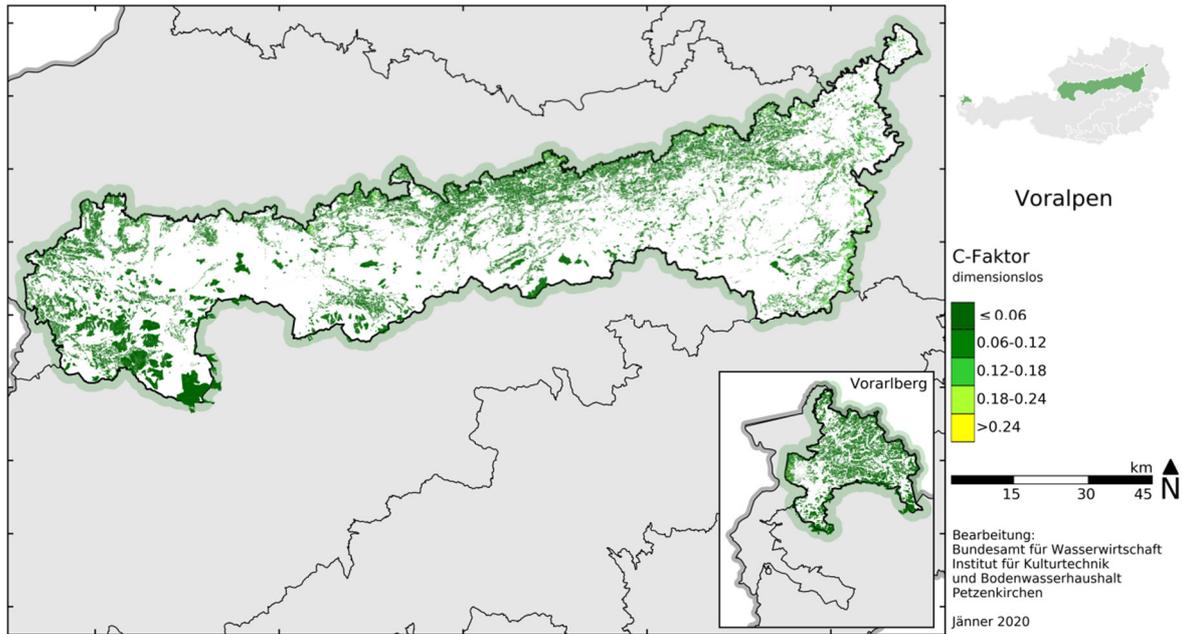
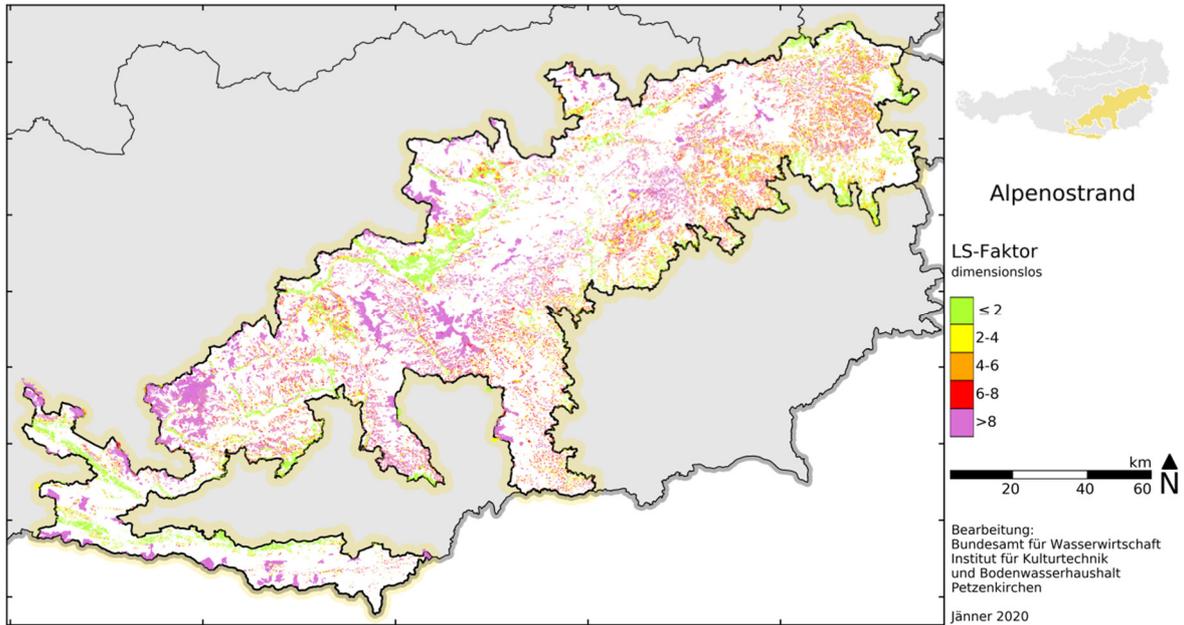


Abbildung 51: Räumliche Verteilung des C-Faktors im HPG Voralpen

Anhang D – Räumliche Verteilung der LS-Faktoren in den HPG

Die



Abbildung

52

bis

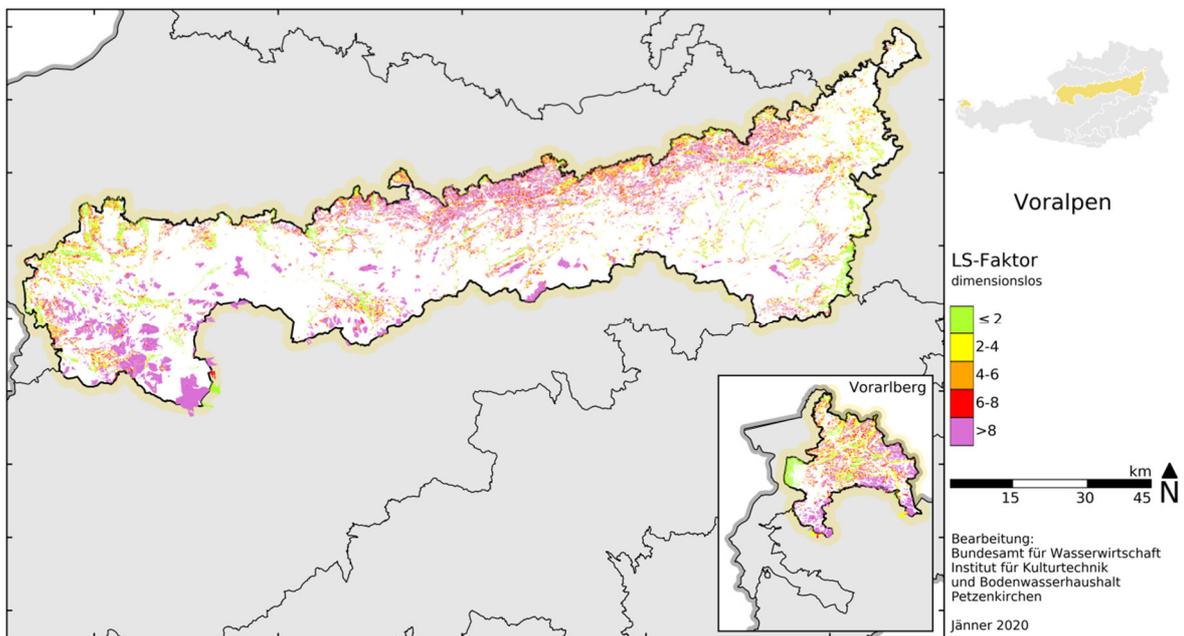


Abbildung 59 stellen die räumliche Verteilung der LS-Faktoren für alle Hauptproduktionsgebiete dar. Dabei wurde keine geschlossene flächige Darstellung gewählt, sondern es werden nur die von den weiteren Erosionsberechnungen im Rahmen der ÖP²L Auswertungen betroffenen Parzellen dargestellt.

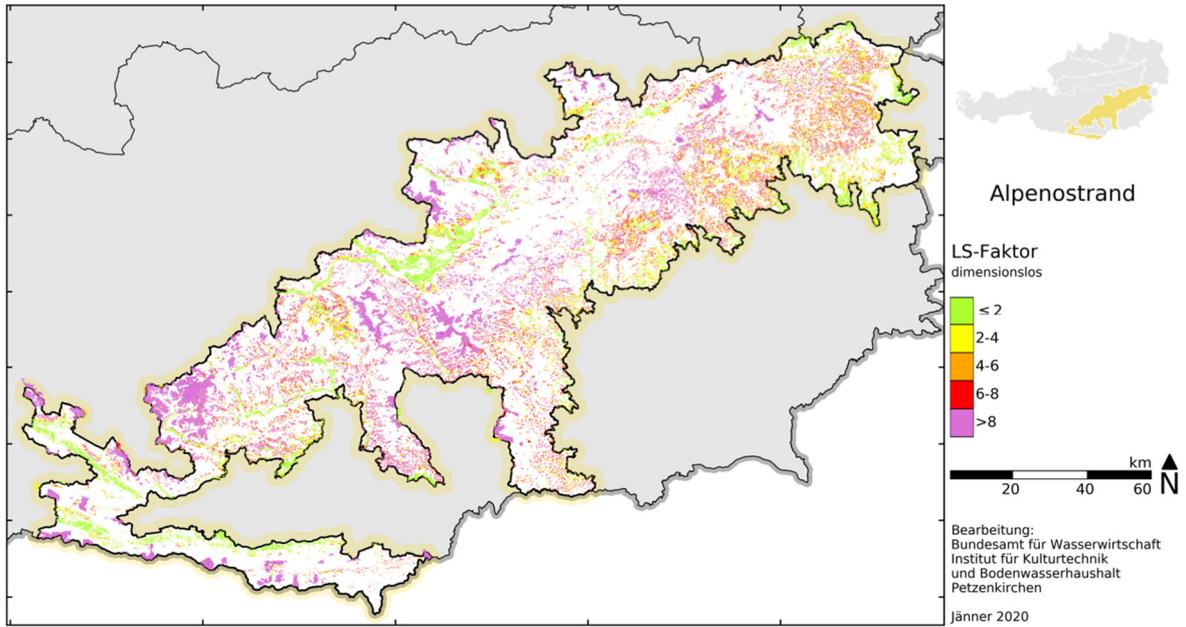


Abbildung 52: Räumliche Verteilung des LS Faktors im HPG Alpenostrand

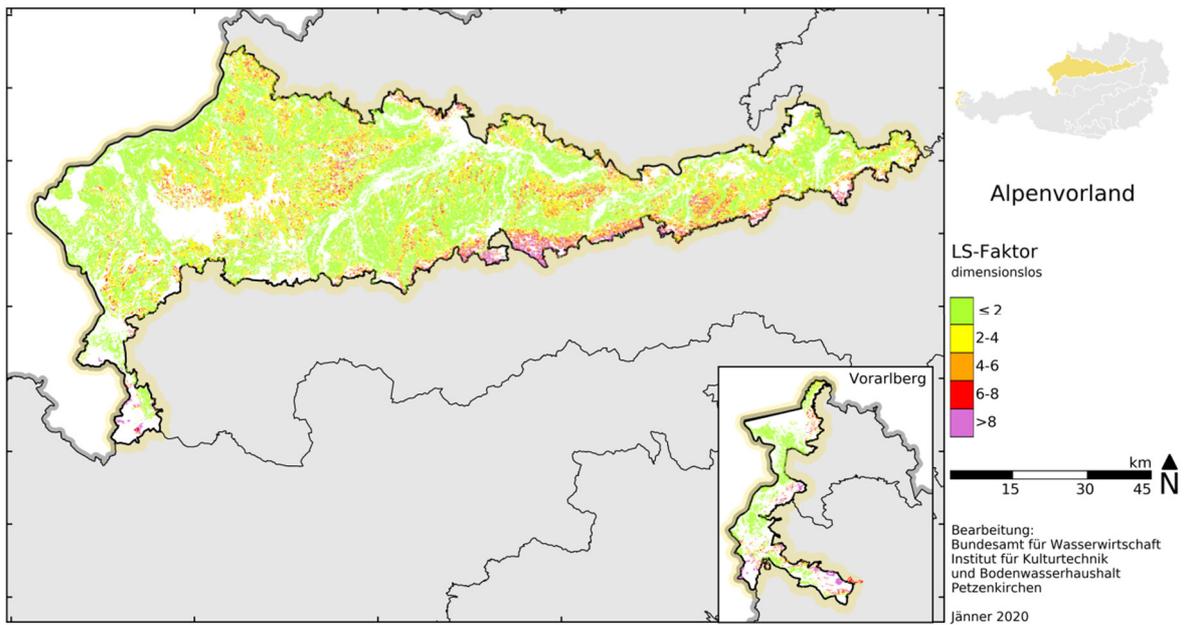


Abbildung 53: Räumliche Verteilung des LS Faktors im HPG Alpenvorland

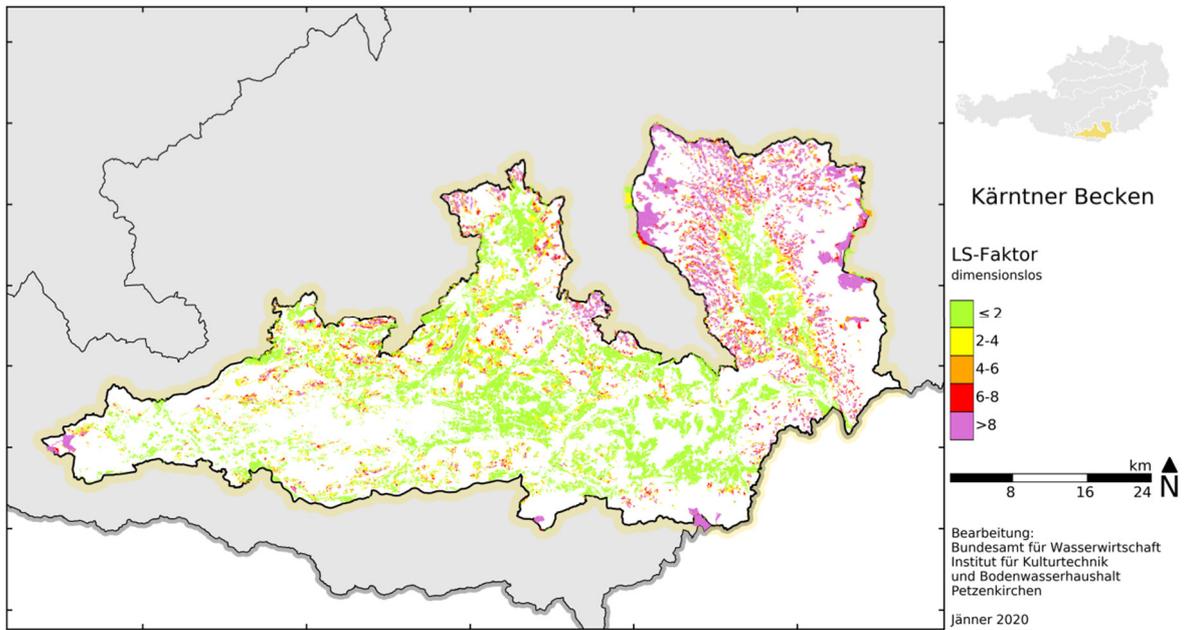


Abbildung 54: Räumliche Verteilung des LS Faktors im HPG Kärntner Becken

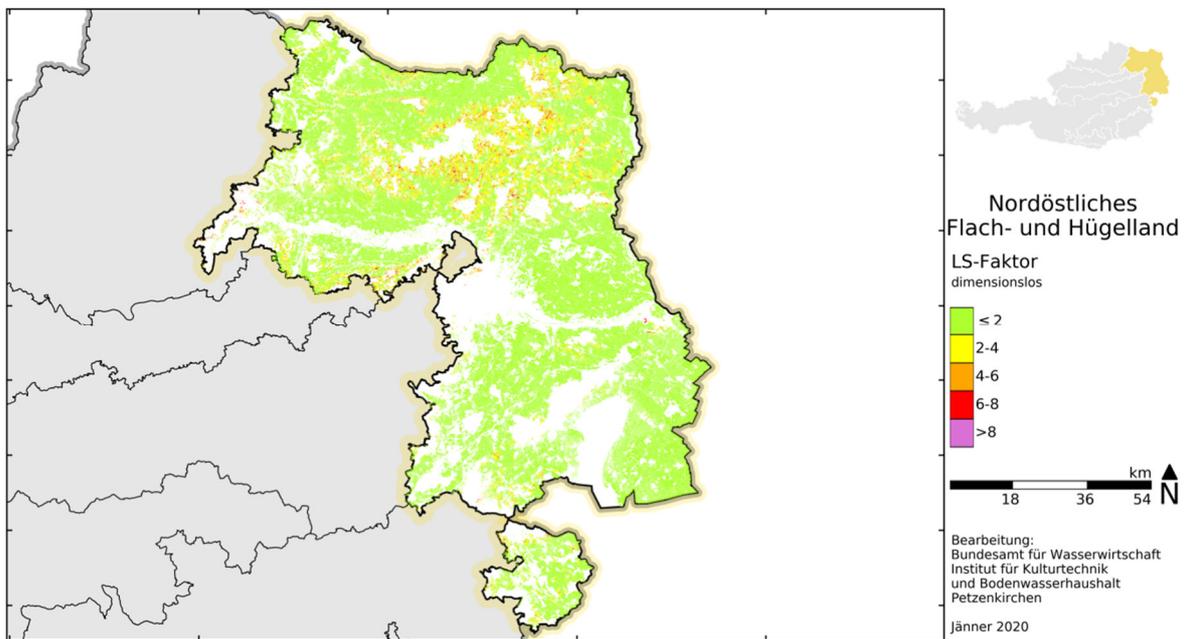


Abbildung 55: Räumliche Verteilung des LS Faktors im HPG Nordöstliches Flach- und Hügelland

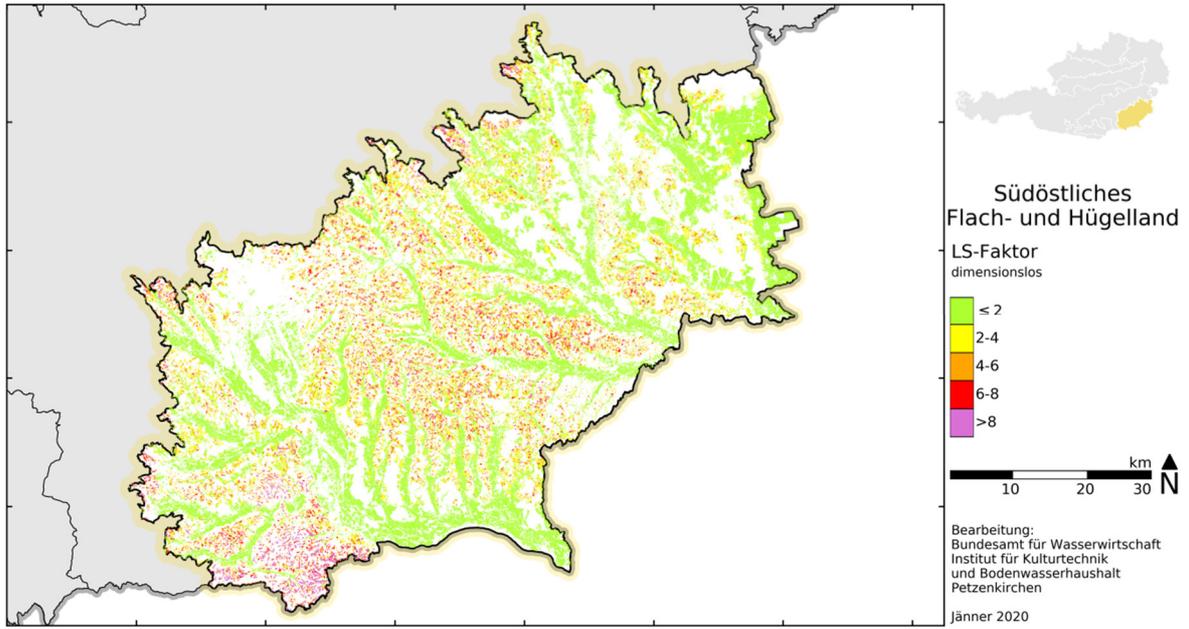


Abbildung 56: Räumliche Verteilung des LS Faktors im HPG Südöstliches Flach- und Hügelland

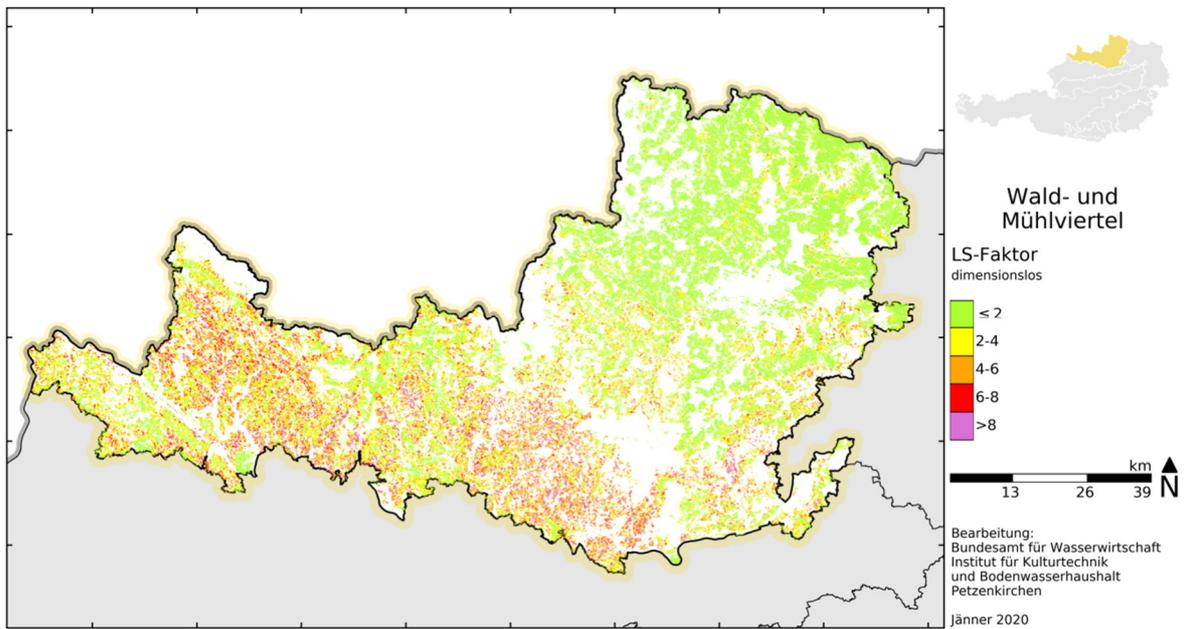


Abbildung 57: Räumliche Verteilung des LS Faktors im HPG Wald- und Mühlviertel

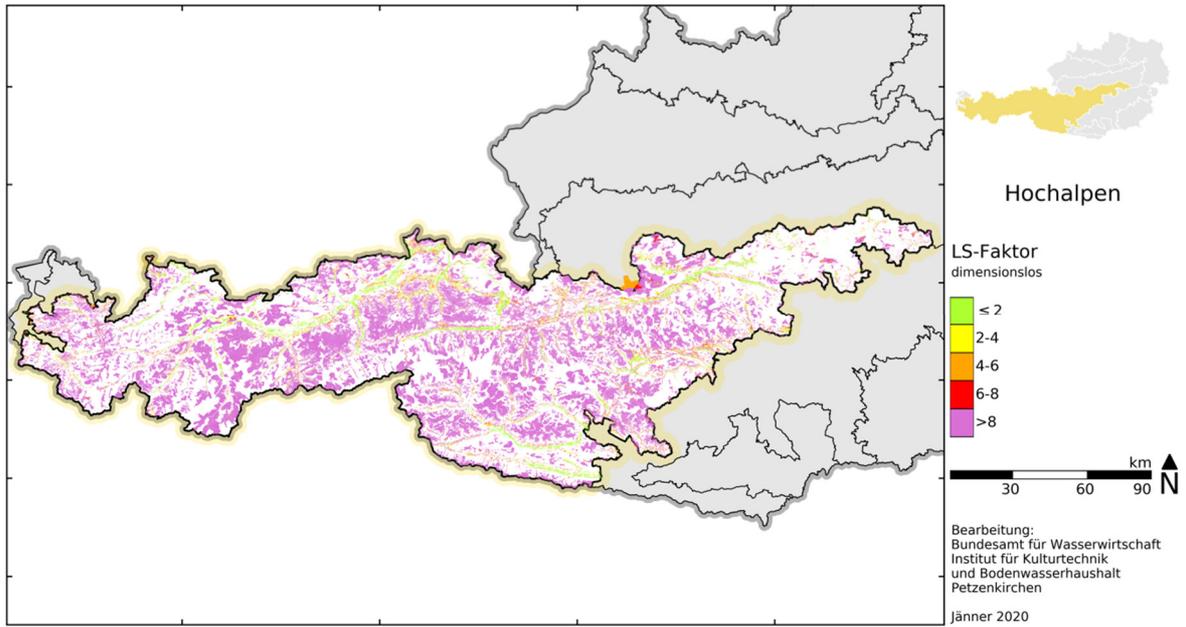


Abbildung 58: Räumliche Verteilung des LS Faktors im HPG Hochalpen

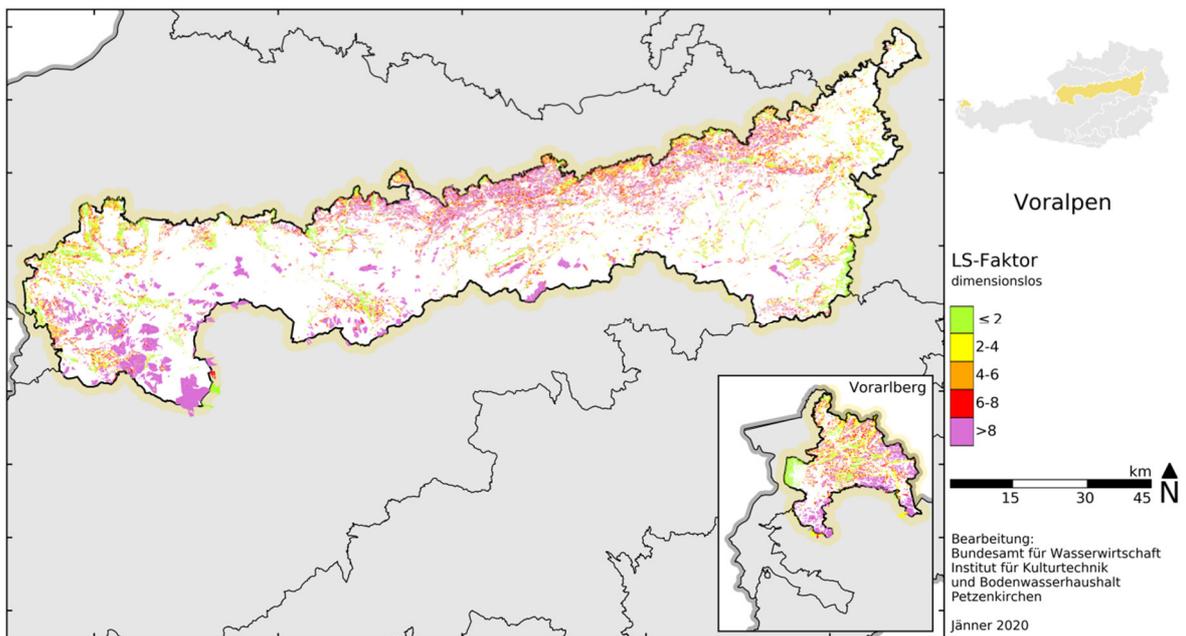


Abbildung 59: Räumliche Verteilung des LS Faktors im HPG Voralpen

Anhang E – Räumliche Verteilung des Bodenabtrages in den HPG

Die Abbildung 60 bis Abbildung 67 stellen die räumliche Verteilung des Bodenabtrags (in t/ha/a) für alle Hauptproduktionsgebiete dar. Dabei wurde keine geschlossenen flächige Darstellung gewählt, sondern es werden nur die von den weiteren Erosionsberechnungen im Rahmen der ÖP²L Auswertungen betroffenen Parzellen dargestellt.

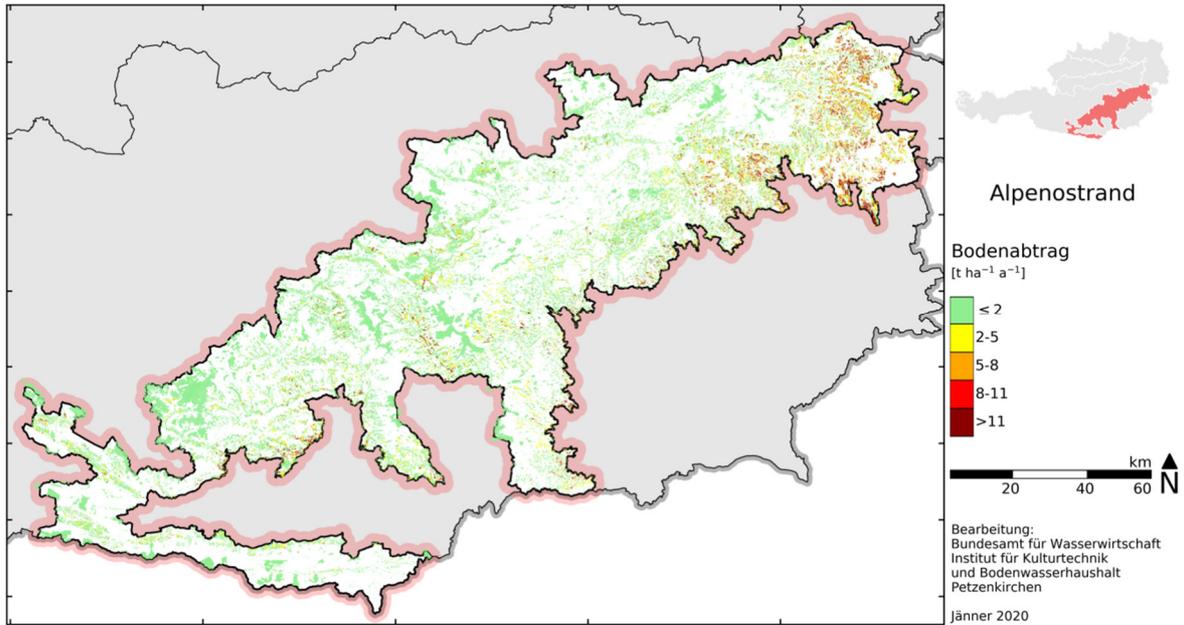


Abbildung 60: Räumliche Verteilung des Bodenabtrags im HPG Alpenostrand

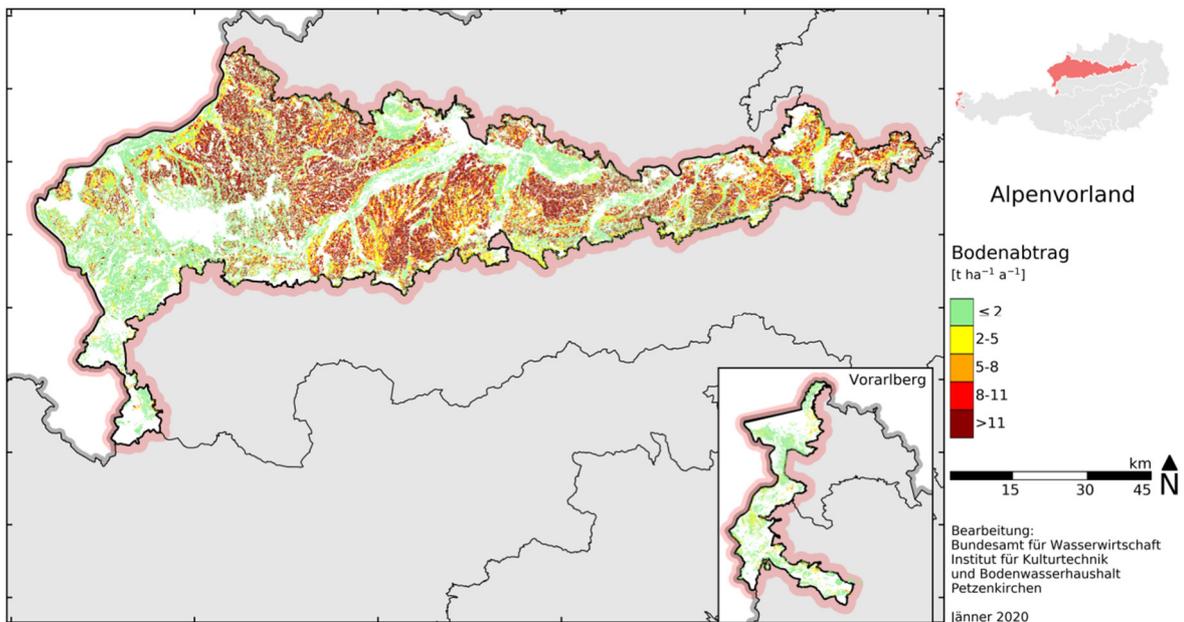


Abbildung 61: Räumliche Verteilung des Bodenabtrags im HPG Alpenvorland

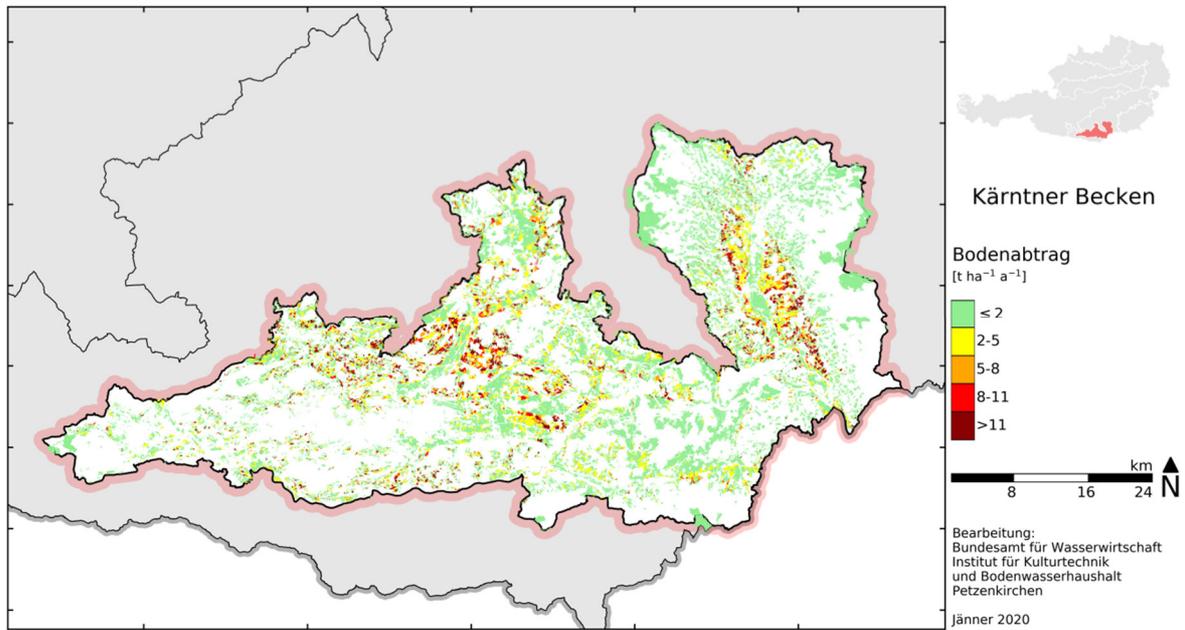


Abbildung 62: Räumliche Verteilung des Bodenabtrags im HPG Kärntner Becken

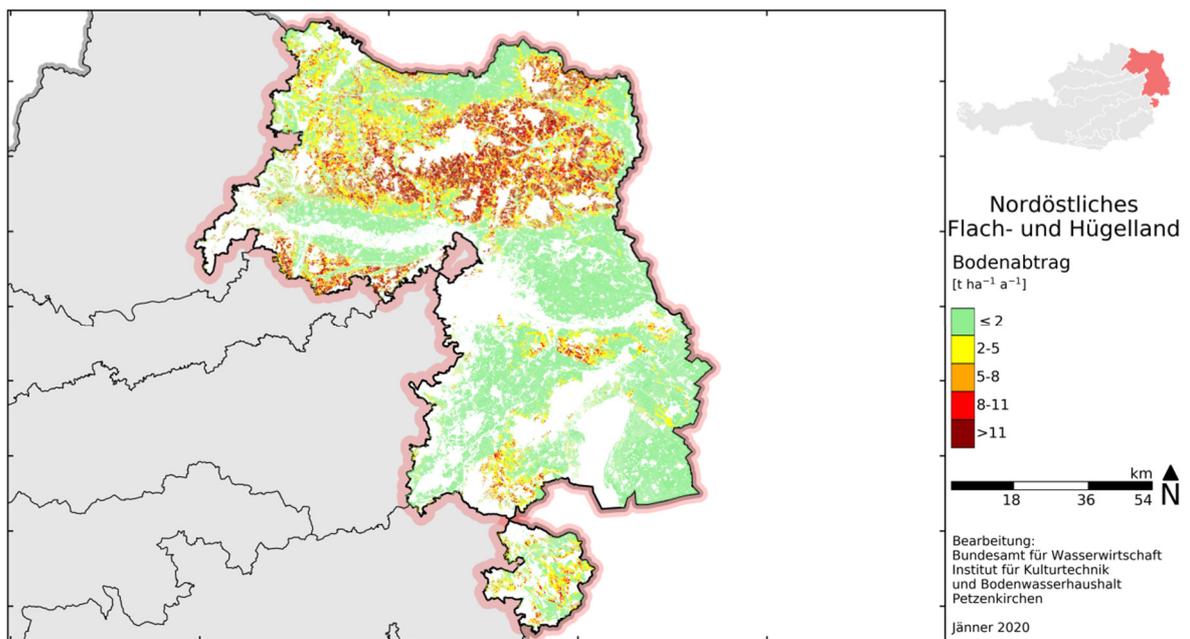


Abbildung 63: Räumliche Verteilung des Bodenabtrags im HPG Nordöstliches Flach- und Hügelland

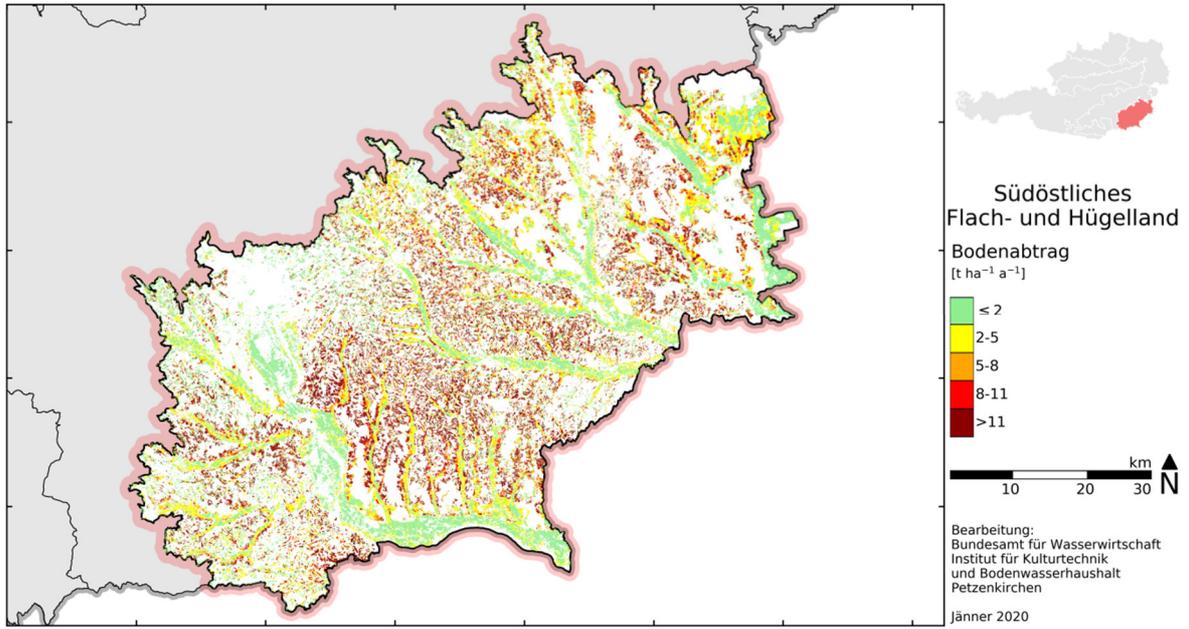


Abbildung 64: Räumliche Verteilung des Bodenabtrags im HPG Südöstliches Flach- und Hügelland

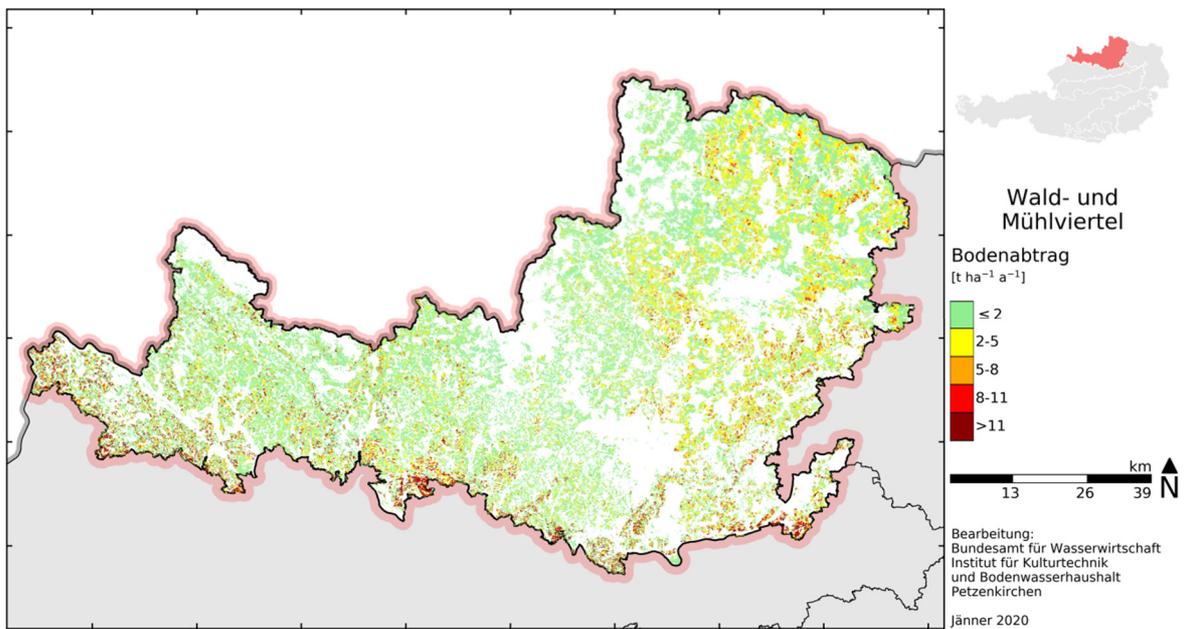


Abbildung 65: Räumliche Verteilung des Bodenabtrags im HPG Wald- und Mühlviertel

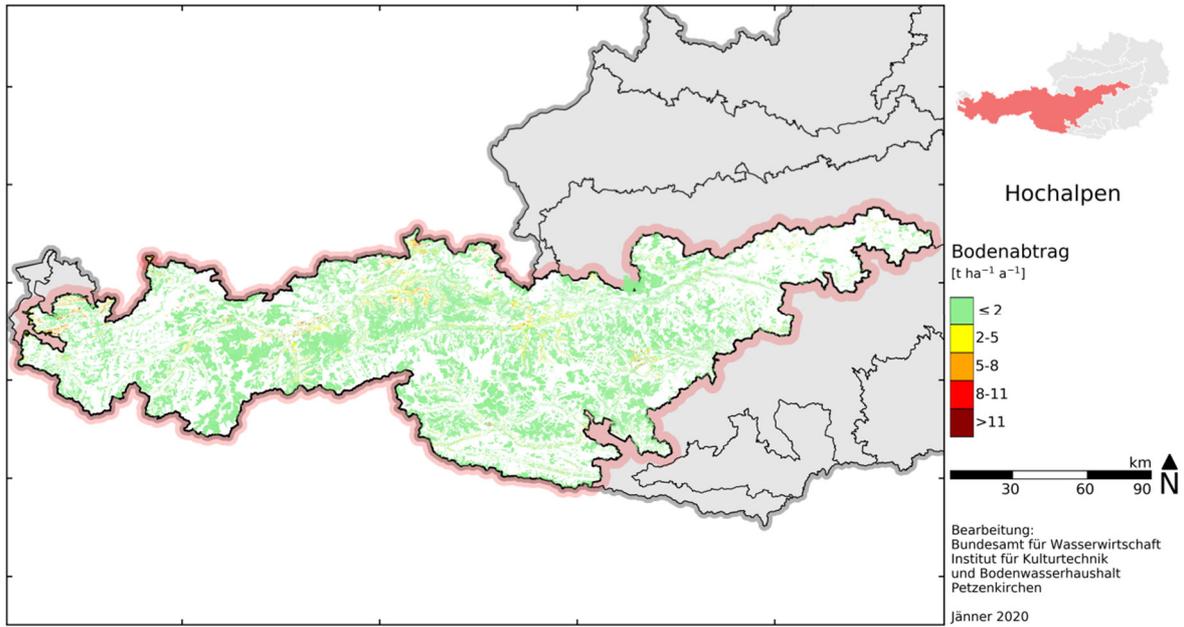


Abbildung 66: Räumliche Verteilung des Bodenabtrags im HPG Hochalpen

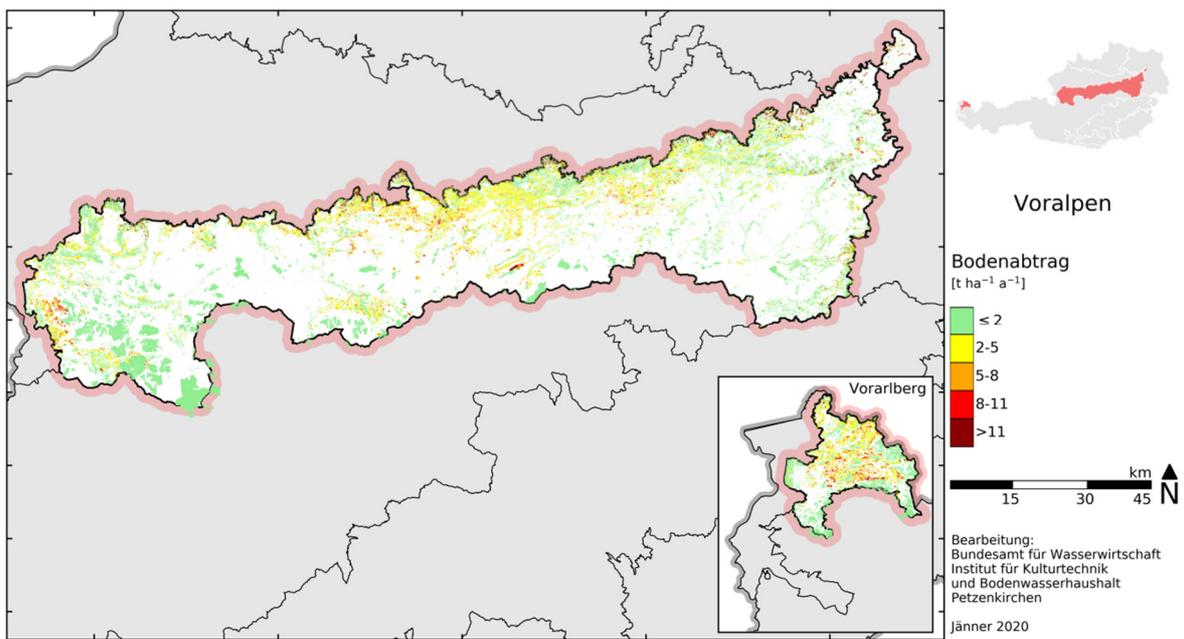


Abbildung 67: Räumliche Verteilung des Bodenabtrags im HPG Voralpen

Anhang E – Verwendete Wertetabellen

Die Tabelle 22 und Tabelle 23 zeigen die errechneten Werte des Bodenabtrags, die den Bewertungen der „Mulch- und Direktsaat“ der „biologischen Wirtschaftsweise“ und der „Begrünung“ zugrunde liegen für die Jahre 2016 und 2018. Sie stellen die Werte ohne rechnerische Berücksichtigung der Mulchsaat dar (die Angabe „mit MS“ bedeutet, dass auf diesen Flächen eine Mulchsaat durchgeführt wurde, diese wurde hier aber nicht berücksichtigt). Tabelle 23 beinhaltet den Effekt der Mulchsaat auf den Bodenabtrag. Diese Tabellen stellen die Grundlage für alle Auswertungen dieses Berichtes dar.

Tabelle 22: Bodenabtrag auf Ackerflächen inklusive Berücksichtigung von Begrünung und Mulch/Direktsaat (2018)

Region	Bodenabtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Bodenabtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
bgl_AOR	13.232	2.347	bio	keine Begr.	ohne MS	5,6		6,6	6,7		310
bgl_AOR	277	56	bio	mit Begr.	mit MS	4,9	5,8		5,4		1
bgl_AOR	3.614	566	bio	mit Begr.	ohne MS	6,4		6,6	6,7		114
bgl_AOR	35.700	5.063	kon	keine Begr.	ohne MS	7,1		6,6	6,7	6,6	1.138
bgl_AOR	2.026	373	kon	mit Begr.	mit MS	5,4	7,0		5,4		43
bgl_AOR	5.117	680	kon	mit Begr.	ohne MS	7,5		6,6	6,7		144
bgl_NFH	29.937	24.110	bio	keine Begr.	ohne MS	1,2	1,2	1,5	1,5	1,4	192

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
bgl_NFH	2.291	2.563	bio	mit Begr.	mit MS	0,9			1,0		1
bgl_NFH	6.550	4.993	bio	mit Begr.	ohne MS	1,3		1,3	1,5		29
bgl_NFH	83.819	52.600	kon	keine Begr.	ohne MS	1,6		1,5	1,5		529
bgl_NFH	4.967	5.046	kon	mit Begr.	mit MS	1,0	1,5		1,0		5
bgl_NFH	13.064	8.317	kon	mit Begr.	ohne MS	1,6		1,3	1,5		71
bgl_SFH	28.373	4.625	bio	keine Begr.	ohne MS	6,1		6,1	6,2		787
bgl_SFH	2.044	573	bio	mit Begr.	mit MS	3,6	5,8		3,9		11
bgl_SFH	6.636	1.145	bio	mit Begr.	ohne MS	5,8		5,6	6,2	6,0	151
bgl_SFH	160.387	26.361	kon	keine Begr.	ohne MS	6,1		6,1	6,2		4.513
bgl_SFH	12.724	3.187	kon	mit Begr.	mit MS	4,0	6,0		3,9		278
bgl_SFH	33.072	4.909	kon	mit Begr.	ohne MS	6,7		5,6	6,2		972
ktn_AOR	11.154	2.883	bio	keine Begr.	ohne MS	3,9		4,3	4,3		236
ktn_AOR	4	5	bio	mit Begr.	mit MS	0,7	3,9		1,4		0
ktn_AOR	25	9	bio	mit Begr.	ohne MS	2,9		3,3	4,3	4,2	0
ktn_AOR	41.992	9.566	kon	keine Begr.	ohne MS	4,4		4,3	4,3		916
ktn_AOR	284	193	kon	mit Begr.	mit MS	1,5	4,3		1,4		2
ktn_AOR	2.532	645	kon	mit Begr.	ohne MS	3,9		3,3	4,3		55

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
ktn_HA	1.631	729	bio	keine Begr.	ohne MS	2,2		2,2	2,2		19
ktn_HA	1	1	bio	mit Begr.	ohne MS	0,9	2,2	2,6	2,2		0
ktn_HA	8.836	4.010	kon	keine Begr.	ohne MS	2,2		2,2	2,2	2,2	74
ktn_HA	1	1	kon	mit Begr.	mit MS	1,6	2,2		1,6		0
ktn_HA	308	117	kon	mit Begr.	ohne MS	2,6		2,6	2,2		5
ktn_KB	17.521	5.034	bio	keine Begr.	ohne MS	3,5		4,2	4,1		331
ktn_KB	28	7	bio	mit Begr.	mit MS	3,7	3,4		2,7		0
ktn_KB	1.622	526	bio	mit Begr.	ohne MS	3,1		3,4	4,1	4,1	27
ktn_KB	134.915	31.260	kon	keine Begr.	ohne MS	4,3		4,2	4,1		3.158
ktn_KB	2.592	964	kon	mit Begr.	mit MS	2,7	4,2		2,7		70
ktn_KB	14.721	4.002	kon	mit Begr.	ohne MS	3,7		3,4	4,1		302
noe_AOR	14.013	2.475	bio	keine Begr.	ohne MS	5,7		6,9	6,9		296
noe_AOR	14	10	bio	mit Begr.	mit MS	1,4	5,7		4,9		0
noe_AOR	347	54	bio	mit Begr.	ohne MS	6,4		6,3	6,9	6,8	12
noe_AOR	85.839	12.070	kon	keine Begr.	ohne MS	7,1		6,9	6,9		2.279
noe_AOR	1.136	226	kon	mit Begr.	mit MS	5,0	7,1		4,9		25
noe_AOR	2.456	338	kon	mit Begr.	ohne MS	7,3		6,3	6,9		89

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
noe_AVL	37.496	4.463	bio	keine Begr.	ohne MS	8,4		11,2	11,2		1.216
noe_AVL	1.050	142	bio	mit Begr.	mit MS	7,4	8,5		6,3		33
noe_AVL	4.432	462	bio	mit Begr.	ohne MS	9,6		8,7	11,2		155
noe_AVL	762.182	66.975	kon	keine Begr.	ohne MS	11,4		11,2	11,2	10,6	24.885
noe_AVL	68.855	10.973	kon	mit Begr.	mit MS	6,3	10,8		6,3		1.848
noe_AVL	98.853	8.424	kon	mit Begr.	ohne MS	11,7		8,7	11,2		3.315
noe_VA	8.380	1.236	bio	keine Begr.	ohne MS	6,8		9,1	9,1		212
noe_VA	86	32	bio	mit Begr.	mit MS	2,7	6,5		6,2		0
noe_VA	246	71	bio	mit Begr.	ohne MS	3,5		8,1	9,1		5
noe_VA	70.402	7.458	kon	keine Begr.	ohne MS	9,4		9,1	9,1	9,0	1.846
noe_VA	2.194	336	kon	mit Begr.	mit MS	6,5	9,3		6,2		71
noe_VA	6.872	717	kon	mit Begr.	ohne MS	9,6		8,1	9,1		204
noe_WMV	70.799	32.582	bio	keine Begr.	ohne MS	2,2		2,8	2,9		278
noe_WMV	365	150	bio	mit Begr.	mit MS	2,4	2,2		2,8		0
noe_WMV	7.628	3.266	bio	mit Begr.	ohne MS	2,3		2,9	2,9	2,9	17
noe_WMV	271.039	87.641	kon	keine Begr.	ohne MS	3,1		2,8	2,9		2.944
noe_WMV	4.718	1.697	kon	mit Begr.	mit MS	2,8	3,1		2,8		53

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
noe_WMV	40.437	13.130	kon	mit Begr.	ohne MS	3,1			2,9		425
noe_NFH_N	108.761	26.579	bio	keine Begr.	ohne MS	4,1		4,9	5,0		2.417
noe_NFH_N	4.163	1.433	bio	mit Begr.	mit MS	2,9	4,1		3,0		40
noe_NFH_N	18.200	4.032	bio	mit Begr.	ohne MS	4,5		4,0	5,0		382
noe_NFH_N	899.430	177.356	kon	keine Begr.	ohne MS	5,1		4,9	5,0	4,8	23.960
noe_NFH_N	79.943	26.629	kon	mit Begr.	mit MS	3,0	4,9		3,0		718
noe_NFH_N	99.285	18.154	kon	mit Begr.	ohne MS	5,5		4,0	5,0		2.610
noe_NFH_S	24.351	20.080	bio	keine Begr.	ohne MS	1,2		1,6	1,6		178
noe_NFH_S	2.013	2.343	bio	mit Begr.	mit MS	0,9	1,2		1,1		3
noe_NFH_S	2.743	2.561	bio	mit Begr.	ohne MS	1,1		1,3	1,6		16
noe_NFH_S	169.512	102.935	kon	keine Begr.	ohne MS	1,6		1,6	1,6	1,5	2.854
noe_NFH_S	20.369	17.794	kon	mit Begr.	mit MS	1,1	1,6		1,1		174
noe_NFH_S	20.067	11.810	kon	mit Begr.	ohne MS	1,7		1,3	1,6		357
ooe_AVL	142.421	15.073	bio	keine Begr.	ohne MS	9,4		11,6	11,6		4.845
ooe_AVL	3.395	513	bio	mit Begr.	mit MS	6,6	9,3		6,8		105
ooe_AVL	8.563	939	bio	mit Begr.	ohne MS	9,1		8,5	11,6	11,0	308
ooe_AVL	1.988.516	168.464	kon	keine Begr.	ohne MS	11,8	11,1	11,6	11,6		67.890

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
ooe_AVL	195.082	28.685	kon	mit Begr.	mit MS	6,8			6,8		5.896
ooe_AVL	163.893	13.612	kon	mit Begr.	ohne MS	12,0		8,5	11,6		5.744
ooe_VA	1.702	202	bio	keine Begr.	ohne MS	8,4		13,1	13,1		54
ooe_VA	22	5	bio	mit Begr.	ohne MS	4,4	8,3	11,8	13,1		0
ooe_VA	25.744	1.892	kon	keine Begr.	ohne MS	13,6		13,1	13,1	13,0	736
ooe_VA	787	75	kon	mit Begr.	mit MS	10,5	13,5		10,5		22
ooe_VA	1.488	115	kon	mit Begr.	ohne MS	12,9		11,8	13,1		47
ooe_WMV	36.391	11.394	bio	keine Begr.	ohne MS	3,2		5,1	5,2		400
ooe_WMV	28	7	bio	mit Begr.	mit MS	4,1	3,2		5,5		0
ooe_WMV	667	177	bio	mit Begr.	ohne MS	3,8		6,8	5,2		8
ooe_WMV	238.370	42.800	kon	keine Begr.	ohne MS	5,6		5,1	5,2	5,2	5.783
ooe_WMV	8.900	1.613	kon	mit Begr.	mit MS	5,5	5,7		5,5		204
ooe_WMV	24.588	3.257	kon	mit Begr.	ohne MS	7,5		6,8	5,2		705
sbg_AVL	2.032	463	bio	keine Begr.	ohne MS	4,4		5,6	5,6		37
sbg_AVL	44	13	bio	mit Begr.	ohne MS	3,4	4,4		5,6		0
sbg_AVL	13.145	2.263	kon	keine Begr.	ohne MS	5,8		5,6	5,6	5,6	313
sbg_AVL	110	31	kon	mit Begr.	mit MS	3,6	5,8		5,6	3,6	0

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
sbg_AVL	1.201	197	kon	mit Begr.	ohne MS	6,1			5,6		37
sbg_HA	5.982	1.213	bio	keine Begr.	ohne MS	4,9		5,0	5,0		157
sbg_HA	1	0	bio	mit Begr.	ohne MS	2,8	4,9	2,8	5,0	5,0	0
sbg_HA	3.371	653	kon	keine Begr.	ohne MS	5,2	5,2	5,0	5,0		75
sbg_VA	69	4	bio	keine Begr.	ohne MS	16,1	16,1	10,9	10,9	10,9	1
sbg_VA	118	13	kon	keine Begr.	ohne MS	9,2	9,2	10,9	10,9	10,9	2
stm_AOR	22.885	4.638	bio	keine Begr.	ohne MS	4,9		5,6	5,6		488
stm_AOR	118	28	bio	mit Begr.	ohne MS	4,2	4,9	6,0	5,6		2
stm_AOR	121.658	21.266	kon	keine Begr.	ohne MS	5,7		5,6	5,6	5,6	2.924
stm_AOR	470	137	kon	mit Begr.	mit MS	3,4	5,7		3,4		8
stm_AOR	6.411	1.008	kon	mit Begr.	ohne MS	6,4		6,0	5,6		171
stm_HA	682	265	bio	keine Begr.	ohne MS	2,6	2,6	2,8	2,8		5
stm_HA	3.511	1.232	kon	keine Begr.	ohne MS	2,8		2,8	2,8	2,8	41
stm_HA	70	9	kon	mit Begr.	ohne MS	7,5	2,9	7,5	2,8		3
stm_SFH	24.097	3.383	bio	keine Begr.	ohne MS	7,1		10,2	10,0		710
stm_SFH	729	157	bio	mit Begr.	mit MS	4,7	6,9		5,4	9,9	22
stm_SFH	2.327	386	bio	mit Begr.	ohne MS	6,0		6,6	10,0		65

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
stm_SFH	898.114	86.654	kon	keine Begr.	ohne MS	10,4		10,2	10,0		26.017
stm_SFH	14.506	2.653	kon	mit Begr.	mit MS	5,5	10,0		5,4		469
stm_SFH	46.723	6.583	kon	mit Begr.	ohne MS	7,1		6,6	10,0		1.232
trl_HA	2.891	748	bio	keine Begr.	ohne MS	3,9		4,3	4,3		60
trl_HA	41	20	bio	mit Begr.	ohne MS	2,0	3,8	4,0	4,3		0
trl_HA	29.071	6.731	kon	keine Begr.	ohne MS	4,3		4,3	4,3	4,3	632
trl_HA	1.484	360	kon	mit Begr.	ohne MS	4,1	4,3	4,0	4,3		26
vbg_AVL	320	163	bio	keine Begr.	ohne MS	2,0		2,6	2,6		2
vbg_AVL	38	13	bio	mit Begr.	ohne MS	2,8	2,0	2,6	2,6		0
vbg_AVL	5.325	2.007	kon	keine Begr.	ohne MS	2,7		2,6	2,6	2,6	21
vbg_AVL	7	5	kon	mit Begr.	mit MS	1,3	2,7		1,3		0
vbg_AVL	401	149	kon	mit Begr.	ohne MS	2,7		2,6	2,6		0
vbg_HA	43	7	bio	keine Begr.	ohne MS	6,2	6,2	2,7	2,7		0
vbg_HA	274	110	kon	keine Begr.	ohne MS	2,5		2,7	2,7		2
vbg_HA	19	9	kon	mit Begr.	mit MS	2,0	2,4		2,0	2,6	0
vbg_HA	17	7	kon	mit Begr.	ohne MS	2,3		2,1	2,7		0
vbg_VA	355	23	bio	keine Begr.	ohne MS	15,3	15,3	4,9	4,9	4,8	3

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
vbg_VA	918	238	kon	keine Begr.	ohne MS	3,9		4,9	4,9		8
vbg_VA	7	4	kon	mit Begr.	mit MS	1,9	3,8		1,9		0
vbg_VA	7	2	kon	mit Begr.	ohne MS	4,7		2,7	4,9		0
wien_NFH	825	503	bio	keine Begr.	ohne MS	1,6		1,5	1,5		0
wien_NFH	33	25	bio	mit Begr.	mit MS	1,3	1,6		1,1		0
wien_NFH	0	1	bio	mit Begr.	ohne MS	0,1		1,2	1,5		0
wien_NFH	3.253	2.167	kon	keine Begr.	ohne MS	1,5		1,5	1,5	1,5	11
wien_NFH	194	175	kon	mit Begr.	mit MS	1,1	1,5		1,1		0
wien_NFH	93	70	kon	mit Begr.	ohne MS	1,3		1,2	1,5		0

Tabelle 23: Bodenabtrag auf Ackerflächen inklusive Berücksichtigung von Begrünung und Mulch/Direktsaat (2016)

Region	Bodenabtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Bodenabtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
bgl_AOR	13.232	2.347	bio	keine Begr.	ohne MS	5,6		6,6	6,8		310
bgl_AOR	488	56	bio	mit Begr.	mit MS	8,7	6,0		10,7		22
bgl_AOR	4.015	566	bio	mit Begr.	ohne MS	7,1		8,5	6,8		127
bgl_AOR	35.700	5.063	kon	keine Begr.	ohne MS	7,1		6,6	6,8	7,0	1.138
bgl_AOR	4.106	373	kon	mit Begr.	mit MS	11,0	7,4		10,7		153
bgl_AOR	5.685	680	kon	mit Begr.	ohne MS	8,4		8,5	6,8		175
bgl_NFH	29.937	24.110	bio	keine Begr.	ohne MS	1,2		1,5	1,5		192
bgl_NFH	5.130	2.563	bio	mit Begr.	mit MS	2,0	1,3		2,4		52
bgl_NFH	7.277	4.993	bio	mit Begr.	ohne MS	1,5		1,9	1,5		51
bgl_NFH	83.819	52.600	kon	keine Begr.	ohne MS	1,6		1,5	1,5	1,6	529
bgl_NFH	12.894	5.046	kon	mit Begr.	mit MS	2,6	1,7		2,4		200
bgl_NFH	14.516	8.317	kon	mit Begr.	ohne MS	1,7		1,9	1,5		89
bgl_SFH	28.373	4.625	bio	keine Begr.	ohne MS	6,1		6,1	6,3		787
bgl_SFH	3.480	573	bio	mit Begr.	mit MS	6,1	6,2		7,5		85
bgl_SFH	7.374	1.145	bio	mit Begr.	ohne MS	6,4		7,4	6,3	6,4	179
bgl_SFH	160.387	26.361	kon	keine Begr.	ohne MS	6,1	6,4	6,1	6,3		4.513

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
bgl_SFH	24.614	3.187	kon	mit Begr.	mit MS	7,7			7,5		692
bgl_SFH	36.747	4.909	kon	mit Begr.	ohne MS	7,5		7,4	6,3		1.104
ktn_AOR	11.154	2.883	bio	keine Begr.	ohne MS	3,9		4,3	4,3		236
ktn_AOR	7	5	bio	mit Begr.	mit MS	1,2	3,9		3,0		0
ktn_AOR	28	9	bio	mit Begr.	ohne MS	3,2		4,0	4,3		0
ktn_AOR	41.992	9.566	kon	keine Begr.	ohne MS	4,4		4,3	4,3	4,3	916
ktn_AOR	587	193	kon	mit Begr.	mit MS	3,0	4,4		3,0		2
ktn_AOR	2.814	645	kon	mit Begr.	ohne MS	4,4		4,0	4,3		62
ktn_HA	1.631	729	bio	keine Begr.	ohne MS	2,2		2,2	2,2		19
ktn_HA	2	1	bio	mit Begr.	ohne MS	1,0	2,2		2,9		0
ktn_HA	8.836	4.010	kon	keine Begr.	ohne MS	2,2		2,2	2,2	2,2	74
ktn_HA	3	1	kon	mit Begr.	mit MS	4,3	2,2		4,3		0
ktn_HA	342	117	kon	mit Begr.	ohne MS	2,9		2,9	2,2		6
ktn_KB	17.521	5.034	bio	keine Begr.	ohne MS	3,5		4,2	4,2		331
ktn_KB	41	7	bio	mit Begr.	mit MS	5,5	3,5		5,2		1
ktn_KB	1.802	526	bio	mit Begr.	ohne MS	3,4		4,2	4,2	4,2	43
ktn_KB	134.915	31.260	kon	keine Begr.	ohne MS	4,3	4,3	4,2	4,2		3.158

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
ktn_KB	4.984	964	kon	mit Begr.	mit MS	5,2			5,2		173
ktn_KB	16.356	4.002	kon	mit Begr.	ohne MS	4,1		4,2	4,2		353
noe_AOR	14.013	2.475	bio	keine Begr.	ohne MS	5,7		6,9	6,9		296
noe_AOR	25	10	bio	mit Begr.	mit MS	2,4	5,7		8,8		0
noe_AOR	386	54	bio	mit Begr.	ohne MS	7,1		8,3	6,9	6,9	15
noe_AOR	85.839	12.070	kon	keine Begr.	ohne MS	7,1		6,9	6,9	6,9	2.279
noe_AOR	2.049	226	kon	mit Begr.	mit MS	9,1	7,2		8,8		69
noe_AOR	2.729	338	kon	mit Begr.	ohne MS	8,1		8,3	6,9		99
noe_AVL	37.496	4.463	bio	keine Begr.	ohne MS	8,4		11,2	11,4		1.216
noe_AVL	1.284	142	bio	mit Begr.	mit MS	9,0	8,6		14,9		40
noe_AVL	4.924	462	bio	mit Begr.	ohne MS	10,7		14,0	11,4	11,8	169
noe_AVL	762.182	66.975	kon	keine Begr.	ohne MS	11,4		11,2	11,4		24.885
noe_AVL	164.629	10.973	kon	mit Begr.	mit MS	15,0	12,0		14,9		5.426
noe_AVL	109.837	8.424	kon	mit Begr.	ohne MS	13,0		14,0	11,4		3.650
noe_VA	8.380	1.236	bio	keine Begr.	ohne MS	6,8		9,1	9,1		212
noe_VA	139	32	bio	mit Begr.	mit MS	4,4	6,6		12,4	9,3	3
noe_VA	274	71	bio	mit Begr.	ohne MS	3,9		10,8	9,1		5

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
noe_VA	70.402	7.458	kon	keine Begr.	ohne MS	9,4		9,1	9,1		1.846
noe_VA	4.426	336	kon	mit Begr.	mit MS	13,2	9,7		12,4		104
noe_VA	7.635	717	kon	mit Begr.	ohne MS	10,7		10,8	9,1		213
noe_WMV	70.799	32.582	bio	keine Begr.	ohne MS	2,2		2,8	2,9		278
noe_WMV	501	150	bio	mit Begr.	mit MS	3,3	2,2		5,7		1
noe_WMV	8.476	3.266	bio	mit Begr.	ohne MS	2,6		3,5	2,9		30
noe_WMV	271.039	87.641	kon	keine Begr.	ohne MS	3,1		2,8	2,9	2,9	2.944
noe_WMV	10.084	1.697	kon	mit Begr.	mit MS	5,9	3,2		5,7		201
noe_WMV	44.930	13.130	kon	mit Begr.	ohne MS	3,4		3,5	2,9		503
noe_NFH_N	108.761	26.579	bio	keine Begr.	ohne MS	4,1		4,9	5,0		2.417
noe_NFH_N	10.545	1.433	bio	mit Begr.	mit MS	7,4	4,4		7,2		329
noe_NFH_N	20.222	4.032	bio	mit Begr.	ohne MS	5,0		6,6	5,0		471
noe_NFH_N	899.430	177.356	kon	keine Begr.	ohne MS	5,1		4,9	5,0	5,3	23.960
noe_NFH_N	191.636	26.629	kon	mit Begr.	mit MS	7,2	5,4		7,2		6.084
noe_NFH_N	110.317	18.154	kon	mit Begr.	ohne MS	6,1		6,6	5,0		3.152
noe_NFH_S	24.351	20.080	bio	keine Begr.	ohne MS	1,2		1,6	1,6		178
noe_NFH_S	4.455	2.343	bio	mit Begr.	mit MS	1,9	1,3		2,4	1,8	48

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a	
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha	
noe_NFH_S	3.048	2.561	bio	mit Begr.	ohne MS	1,2			1,6		29	
noe_NFH_S	169.512	102.935	kon	keine Begr.	ohne MS	1,6		1,6	1,6		2.854	
noe_NFH_S	53.297	17.794	kon	mit Begr.	mit MS	3,0	1,8		2,9		1.333	
noe_NFH_S	22.297	11.810	kon	mit Begr.	ohne MS	1,9		2,4	1,6		417	
ooe_AVL	142.421	15.073	bio	keine Begr.	ohne MS	9,4		11,6	11,7		4.845	
ooe_AVL	4.976	513	bio	mit Begr.	mit MS	9,7	9,5		16,3		172	
ooe_AVL	9.515	939	bio	mit Begr.	ohne MS	10,1		15,3	11,7	12,3	337	
ooe_AVL	1.988.516	168.464	kon	keine Begr.	ohne MS	11,8		11,6	11,7		67.890	
ooe_AVL	471.909	28.685	kon	mit Begr.	mit MS	16,5	12,5		16,3		15.844	
ooe_AVL	182.103	13.612	kon	mit Begr.	ohne MS	13,4		15,3	11,7		6.300	
ooe_VA	1.702	202	bio	keine Begr.	ohne MS	8,4		13,1	13,2		54	
ooe_VA	24	5	bio	mit Begr.	ohne MS	4,8	8,3		17,2	13,2	0	
ooe_VA	25.744	1.892	kon	keine Begr.	ohne MS	13,6		13,1	13,2	13,5	736	
ooe_VA	1.682	75	kon	mit Begr.	mit MS	22,4	14,0		22,4		52	
ooe_VA	1.653	115	kon	mit Begr.	ohne MS	14,4		17,2	13,2		55	
ooe_WMV	36.391	11.394	bio	keine Begr.	ohne MS	3,2		5,1	5,3		400	
ooe_WMV	40	7	bio	mit Begr.	mit MS	5,9	3,2		9,5	5,4	12,3	0

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
ooe_WMV	741	177	bio	mit Begr.	ohne MS	4,2			5,3		11
ooe_WMV	238.370	42.800	kon	keine Begr.	ohne MS	5,6		5,1	5,3		5.783
ooe_WMV	19.837	1.613	kon	mit Begr.	mit MS	12,3	6,0		12,3		632
ooe_WMV	27.320	3.257	kon	mit Begr.	ohne MS	8,4		9,5	5,3		803
sbg_AVL	2.032	463	bio	keine Begr.	ohne MS	4,4		5,6	5,6		37
sbg_AVL	48	13	bio	mit Begr.	ohne MS	3,8	4,4	6,7	5,6		0
sbg_AVL	13.145	2.263	kon	keine Begr.	ohne MS	5,8		5,6	5,6	5,7	313
sbg_AVL	233	31	kon	mit Begr.	mit MS	7,6	5,9		7,6		10
sbg_AVL	1.335	197	kon	mit Begr.	ohne MS	6,8		6,7	5,6		42
sbg_HA	5.982	1.213	bio	keine Begr.	ohne MS	4,9		5,0	5,0		157
sbg_HA	1	0	bio	mit Begr.	ohne MS	3,1	4,9	3,1	5,0	5,0	0
sbg_HA	3.371	653	kon	keine Begr.	ohne MS	5,2	5,2	5,0	5,0		75
sbg_VA	69	4	bio	keine Begr.	ohne MS	16,1	16,1	10,9	10,9		1
sbg_VA	118	13	kon	keine Begr.	ohne MS	9,2	9,2	10,9	10,9	10,9	2
stm_AOR	22.885	4.638	bio	keine Begr.	ohne MS	4,9		5,6	5,6		488
stm_AOR	131	28	bio	mit Begr.	ohne MS	4,6	4,9	6,9	5,6	5,6	2
stm_AOR	121.658	21.266	kon	keine Begr.	ohne MS	5,7	5,8	5,6	5,6		2.924

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
stm_AOR	880	137	kon	mit Begr.	mit MS	6,4			6,4		31
stm_AOR	7.123	1.008	kon	mit Begr.	ohne MS	7,1		6,9	5,6		187
stm_HA	682	265	bio	keine Begr.	ohne MS	2,6	2,6	2,8	2,8		5
stm_HA	3.511	1.232	kon	keine Begr.	ohne MS	2,8		2,8	2,8	2,8	41
stm_HA	78	9	kon	mit Begr.	ohne MS	8,3	2,9	8,3	2,8		3
stm_SFH	24.097	3.383	bio	keine Begr.	ohne MS	7,1		10,2	10,1		710
stm_SFH	1.284	157	bio	mit Begr.	mit MS	8,2	7,1		10,1		37
stm_SFH	2.586	386	bio	mit Begr.	ohne MS	6,7		8,5	10,1		79
stm_SFH	898.114	86.654	kon	keine Begr.	ohne MS	10,4		10,2	10,1	10,1	26.017
stm_SFH	26.955	2.653	kon	mit Begr.	mit MS	10,2	10,2		10,1		737
stm_SFH	51.915	6.583	kon	mit Begr.	ohne MS	7,9		8,5	10,1		1.336
trl_HA	2.891	748	bio	keine Begr.	ohne MS	3,9		4,3	4,3		60
trl_HA	46	20	bio	mit Begr.	ohne MS	2,3	3,8	4,5	4,3		0
trl_HA	29.071	6.731	kon	keine Begr.	ohne MS	4,3		4,3	4,3	4,3	632
trl_HA	1.649	360	kon	mit Begr.	ohne MS	4,6	4,3	4,5	4,3		36
vbg_AVL	320	163	bio	keine Begr.	ohne MS	2,0		2,6	2,6		2
vbg_AVL	42	13	bio	mit Begr.	ohne MS	3,1	2,0	3,0	2,6	2,6	1

Region	Boden- abtrag	Fläche	Bio/Konv	Begrünung	Mulchsaat	Boden- abtrag	Abtrag bio/konv	Abtrag Begr.	Abtrag Mulch	Abtrag gesamt	Flächen > 11 t/ha/a
-	t	ha	-	-	-	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	t/ha/a	ha
vbg_AVL	5.325	2.007	kon	keine Begr.	ohne MS	2,7		2,6	2,6		21
vbg_AVL	14	5	kon	mit Begr.	mit MS	2,6	2,7		2,6		0
vbg_AVL	445	149	kon	mit Begr.	ohne MS	3,0		3,0	2,6		0
vbg_HA	43	7	bio	keine Begr.	ohne MS	6,2	6,2	2,7	2,7		0
vbg_HA	274	110	kon	keine Begr.	ohne MS	2,5		2,7	2,7		2
vbg_HA	29	9	kon	mit Begr.	mit MS	3,1	2,5		3,1	2,7	0
vbg_HA	19	7	kon	mit Begr.	ohne MS	2,5		2,9	2,7		0
vbg_VA	355	23	bio	keine Begr.	ohne MS	15,3	15,3	4,9	4,9		3
vbg_VA	918	238	kon	keine Begr.	ohne MS	3,9		4,9	4,9		8
vbg_VA	14	4	kon	mit Begr.	mit MS	3,8	3,9		3,8	4,9	0
vbg_VA	8	2	kon	mit Begr.	ohne MS	5,2		4,2	4,9		0
wien_NFH	825	503	bio	keine Begr.	ohne MS	1,6		1,5	1,5		0
wien_NFH	60	25	bio	mit Begr.	mit MS	2,4	1,7		2,6		0
wien_NFH	0	1	bio	mit Begr.	ohne MS	0,1		2,3	1,5		0
wien_NFH	3.253	2.167	kon	keine Begr.	ohne MS	1,5		1,5	1,5	1,6	11
wien_NFH	460	175	kon	mit Begr.	mit MS	2,6	1,6		2,6		0
wien_NFH	103	70	kon	mit Begr.	ohne MS	1,5		2,3	1,5		0

Bundesamt für Wasserwirtschaft

Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt

Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen

baw.at/wasser-boden-ikt.at