



Der Agrarumweltindikator Erosionsrisiko, kultur- spezifische C-Faktoren sowie eine Karte des aktuellen Erosionsrisikos der Schweiz

Autorinnen und Autoren

Volker Prasuhn, Catherine Hutchings, Anina Gilgen, Silvio Blaser



Impressum

Herausgeber	Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch
Auskünfte	Volker Prasuhn, volker.prasuhn@agroscope.admin.ch
Redaktion	Volker Prasuhn
Gestaltung	Volker Prasuhn, Petra Asare
Titelbild	Volker Prasuhn
Download	agroscope.ch/science
Copyright	© Agroscope 2023
DOI	https://doi.org/10.34776/as158g
ISSN	2296-729X

Haftungsausschluss :

Die in dieser Publikation enthaltenen Angaben dienen allein zur Information der Leser/innen. Agroscope ist bemüht, korrekte, aktuelle und vollständige Informationen zur Verfügung zu stellen – übernimmt dafür jedoch keine Gewähr. Wir schliessen jede Haftung für eventuelle Schäden im Zusammenhang mit der Umsetzung der darin enthaltenen Informationen aus. Für die Leser/innen gelten die in der Schweiz gültigen Gesetze und Vorschriften, die aktuelle Rechtsprechung ist anwendbar.

Inhalt

Zusammenfassung	4
Résumé	6
Summary	8
1 Einleitung	10
2 Der Agrarumweltindikator «Erosionsrisiko»	12
2.1 Berechnungsverfahren für Dauerkulturen	13
2.2 Ablauf der Berechnung von C-Faktoren für das Ackerland	13
2.3 Anbauparzellen	14
2.4 Geografische Region	14
2.5 Bodenbearbeitungsverfahren	14
2.6 Referenzperiode und Kulturkalender	15
2.7 Erosivität der Niederschläge	15
2.8 Relative Bodenabträge (RBA)	16
2.9 Korrekturfaktoren	16
2.9.1 Blattfruchtanteil des Betriebes	16
2.9.2 Getreide und Raps nach Wurzelfrucht	16
2.9.3 Kunstwiese als Vorkultur	17
2.10 Kulturabfolgen	17
2.11 C-Faktorwert für eine Parzelle berechnen	18
2.12 C-Faktorwert für den Betrieb berechnen	19
3 Ergebnisse der Auswertungen des AUI-Datensatzes	20
3.1.1 Kulturkombinationen	20
3.1.2 Kulturabfolgen (Vorkultur – Zwischennutzung – Hauptkultur)	21
3.1.3 Einfluss der Korrekturfaktoren	22
3.1.4 C-Faktoren	23
4 Kulturspezifische C-Faktoren	25
4.1 Berechnungsgrundlagen	25
4.1.1 Angebaute Kulturen	25
4.1.2 Dauer der Vegetationsperiode	27
4.1.3 Bodenbearbeitungsverfahren	28
4.1.4 Kulturspezifische C-Faktorwerte	31
4.2 Berechnung des mittleren C-Faktors für das Ackerland der Schweiz	34
4.2.1 Vergleich der C-Faktoren der Schweiz mit entsprechenden Daten aus Deutschland	39
5 C-Faktorkarten der Schweiz	43
6 Karte des aktuellen Erosionsrisikos der Schweiz	46
7 Fazit und Ausblick	50
8 Literaturverzeichnis	51
9 Anhang	54

Zusammenfassung

Der Agrarumweltindikator Erosionsrisiko, kulturspezifische C-Faktoren sowie eine Karte des aktuellen Erosionsrisikos der Schweiz

Der Agrarumweltindikator Erosionsrisiko (C-Faktor)

Der Bodenbedeckungs- und -bearbeitungsfaktor (C-Faktor) ist ein komplexer, aber auch sehr sensitiver Faktor des weltweit verbreitetsten Erosionsmodells, der Universal Soil Loss Equation (USLE) bzw. der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG). Der C-Faktor ist ein dimensionsloser Wert zwischen 0 und 1, wobei der Wert 0 den grösstmöglichen Erosionsschutz und der Wert 1 das grösste Erosionsrisiko (permanente Schwarzbrache) darstellt. Er ist derjenige Faktor, welcher am meisten durch die Landwirtin bzw. den Landwirt selbst und/oder agrarpolitische Massnahmen verändert werden kann. Daher eignet sich der C-Faktor gut als Agrarumweltindikator (AUI) im Rahmen des Agrarumweltmonitorings (AUM), welches das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und Agroscope basierend auf der Verordnung zur Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft betreiben. Seit 2009 werden in einem Betriebsnetz mit rund 290 Betrieben relevante Daten für verschiedene AUI erhoben, gesammelt und zentral ausgewertet. Die Ergebnisse der AUI (inklusive C-Faktorberechnungen) auf Betriebsebene werden jährlich im Anhang des Agrarberichts des BLW publiziert.

C-Faktorwerte des Betriebsnetzes

Für die Jahre 2009-2019 wurden C-Faktoren für die durchschnittlich 290 AUI-Betriebe, 3007 Ackerparzellen und 4124 ha Ackerland berechnet. Berücksichtigt wurden zwei geografische Regionen (Tal- und Hügelregion), acht verschiedene Winternutzungsvarianten (z. B. Schwarzbrache, Stoppelbrache, Zwischenkultur, Winterhauptkultur etc.), vier verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren (Pflug, Mulchsaat <30 % Bodenbedeckung, Mulchsaat >30 % Bodenbedeckung, Direktsaat/Streifenfrässaat) und drei Korrekturfaktoren (Blattfruchtanteil in der Fruchtfolge >50 %, Getreide/Raps nach Wurzelfrucht, Kunstwiese in der Fruchtfolge). Der mittlere C-Faktor der Betriebe für die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche lag bei 0.046. Für Betriebe mit Ackerland (inklusive Kunstwiese) betrug der mittlere C-Faktor bezogen auf die Ackerfläche 0.083. Der flächengewichtete C-Faktor für das gesamte Ackerland betrug 0.093. Im AUI-Datensatz 2009-2019 gab es bei insgesamt 33'078 Parzellen mit einer Ackerkultur 514 verschiedene Kulturkombinationen (Vorkultur-Hauptkultur). Mehrjährige Kunstwiese ist mit Abstand (27 % aller Kombinationen) die häufigste Kombination, gefolgt von Silomais-Winterweizen (4.1 %), Kunstwiese-Silomais (3.5 %), Winterweizen-Wintergerste (3.3 %) und Winterweizen-Kunstwiese (3.0 %). Nur rund 5 % aller Parzellen hatten über den Winter eine Schwarzbrache und somit keine Bodenbedeckung.

Kulturspezifische C-Faktoren zur Extrapolation auf die Schweiz

Zur Berechnung von kulturspezifischen C-Faktoren wurde als Referenzperiode der 01.07. des Vorjahres bis zum 30.06. des jeweiligen Erfassungsjahres festgelegt. Sie umfasst somit eine Teilperiode der Vorkultur, eine allfällige Zwischenkultur oder Winterbrache und eine Teilperiode der Hauptkultur. Daraus ergab sich ein Datensatz von 64'244 Ackerparzellen mit 88'901 ha Fläche für alle weiteren Auswertungen für die Zeitspanne 2009-2019. Von den Ackerkulturen hat Freilandgemüse mit 0.367 den höchsten mittleren C-Faktor. Kartoffeln folgen mit 0.241, und Körnermais mit 0.181. Kunstwiese hat mit 0.024 den niedrigsten mittleren C-Faktor. Für Silomais liegt der C-Faktor bei 0.147, für Winterweizen bei 0.113 und für Wintergerste bei 0.090.

Da die Verteilung der Ackerkulturen sowie der verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren zwischen dem AUI-Datensatz und agrarstatistischen Daten der Schweiz als repräsentativ eingestuft wurde, konnten die kulturspezifischen C-Faktoren mit der jeweiligen Fläche einer Ackerkultur in der Schweiz multipliziert werden, um einen flächengewichteten C-Faktor für das Ackerland der Schweiz für das Jahr 2020 zu ermitteln. Die Summe aller C-Faktoren bezogen auf die Ackerfläche der Schweiz ergab einen mittleren flächengewichteten C-Faktor von 0.100. Wintergetreide/Winterraps trugen zu 36 % zum C-Faktoranteil der Schweiz bei, Mais zu 25 %, Zuckerrüben/Kartoffeln zu 14 % und Freilandgemüse zu 11 %. Mais, Zuckerrüben/Kartoffeln und Freilandgemüse trugen gegenüber ihrem Flächenanteil überproportional zum C-Faktor der Schweiz bei. Dies sind bekanntlich auch besonders erosionsgefährdete Kulturen. Kunstwiese dagegen hatte einen Flächenanteil von 32 %, trug aber nur zu 7 % zum C-Faktoranteil der Schweiz bei.

Der berechnete mittlere C-Faktor in der Schweiz war deutlich geringer (73 %) als für Deutschland berechnete und publizierte C-Faktoren.

C-Faktorkarte Schweiz

Mit den schweizweiten statistischen Daten der Verteilung der Fläche der Ackerkulturen pro Gemeinde wurde ein flächengewichteter mittlerer C-Faktor pro Gemeinde berechnet. Dadurch konnte für jede Gemeinde der flächengewichtete C-Faktor unter Berücksichtigung der Bodenbearbeitungsverfahren für das Tal- und das Hügelgebiet berechnet und kartografisch dargestellt werden. Gebiete mit hohen C-Faktoren waren das Seeland, das Orbetal, das Rhodental am Genfersee, das Zürcher Unter- und Weinland sowie das St. Galler Rheintal; Regionen mit niedrigen C-Faktoren waren die Voralpen und der Jura.

Karte des aktuellen Erosionsrisikos der Schweiz

Die berechneten gemeindespezifischen C-Faktoren wurden für jede Ackerfläche gemäss Arealstatistik im Hektarraster verwendet und mit dem potentiellen Bodenabtrag (Regenerosivität, Bodenerodibilität und Hanglänge und -neigung bzw. R-, K- und LS-Faktor der USLE) der bereits existierenden Erosionsrisikokarte der Schweiz verrechnet. Für den P-Faktor (Erosionsschutzfaktor) lagen nach wie vor keine schweizweiten Daten vor, sodass pauschal ein P-Faktor von 0.8 verwendet wurde. Daraus ergibt sich ein mittlerer aktueller Bodenabtrag von 0.81 t/ha/Jahr. Für die knapp 390'000 ha Ackerfläche der Schweiz resultiert somit ein totaler Bodenabtrag von etwa 314'000 t pro Jahr. Je nach Gründigkeit des Bodens sind mehr als 2 bzw. 4 t/ha/Jahr Bodenabtrag gemäss Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) langjährig nicht tolerierbar. In der ganzen Schweiz ist das aktuelle Erosionsrisiko relativ niedrig (<2 t/ha/Jahr). Nur gut 8 % der Ackerfläche (= 31'616 ha) weist ein mittleres (2-4 t/ha/Jahr) Erosionsrisiko auf und 7214 ha bzw. 1.8 % der Ackerfläche überschreiten mit >4 t/ha/Jahr nach unseren Modellberechnungen den tolerierbaren Bodenabtrag in jedem Fall langfristig. Auf diesen rund 10 % der Ackerflächen wären Erosionsschutzmassnahmen erforderlich.

Fazit

Mit dem vorliegenden Bericht liegt eine ausführliche Methodendokumentation für den AUI Erosionsrisiko vor, der auch sämtliche Grundlagendaten in tabellarischer Form umfasst. Aus dem umfangreichen Datensatz konnten kulturspezifische C-Faktoren für die Schweiz ermittelt werden, die für weitere Erosionsmodellierungen genutzt werden können. Durch die Verschneidung mit agrarstatistischen Daten der Schweiz wurde eine C-Faktorkarte auf Gemeindeebene erstellt. Die Verknüpfung dieser Karte mit der Karte des potentiellen Erosionsrisikos führte zu einer Karte des aktuellen Erosionsrisikos der Schweiz. Beide Karten sind für die landwirtschaftliche Beratung und die Politikberatung hilfreich. Die berechneten mittleren C-Faktoren sowie das mittlere aktuelle Erosionsrisiko der Schweiz sind vergleichsweise niedrig. Der hohe Anteil an Kunstwiesen in der Fruchtfolge (32 %) sowie der relativ hohe Anteil an Ackerflächen mit konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren (18 %) sind ausschlaggebend dafür.

Résumé

Indicateur agro-environnemental du risque d'érosion, facteurs C spécifiques aux cultures et carte du risque d'érosion actuel en Suisse

L'indicateur agro-environnemental Risque d'érosion (facteur C)

Le facteur de couverture et de travail du sol (facteur C) est un facteur complexe, mais aussi très sensible du modèle d'érosion le plus répandu au monde, l'équation universelle des pertes en terre (Universal Soil Loss Equation (USLE)). Le facteur C est une valeur sans dimension comprise entre 0 et 1, la valeur 0 représentant la plus grande protection possible contre l'érosion et la valeur 1 le plus grand risque d'érosion (jachère noire permanente). Il s'agit du facteur qui peut être le plus modifié par l'agriculteur lui-même et/ou par des mesures de politique agricole. C'est pourquoi le facteur C convient bien comme indicateur agro-environnemental (IAE) dans le cadre du monitoring agro-environnemental (MAE) effectué par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et Agroscope sur la base de l'ordonnance sur l'évaluation de la durabilité de l'agriculture. Depuis 2009, des données pertinentes relatives à différents IAE sont collectées au sein d'un réseau comprenant environ 290 exploitations, puis rassemblées et dépouillées de manière centralisée. Les résultats des IAE (y compris les calculs du facteur C) au niveau des exploitations sont publiés chaque année en annexe du Rapport agricole de l'OFAG.

Valeurs du facteur C du réseau d'exploitations

Au cours des années 2009 à 2019, des facteurs C ont été calculés pour une moyenne de 290 exploitations IAE, 3007 parcelles de grandes cultures et 4124 ha de terres arables. Deux régions géographiques ont été prises en compte (région de plaine et région de collines), huit variantes d'utilisation hivernale (p. ex. jachère noire, jachère sur chaumes, culture intermédiaire, culture hivernale principale, etc.), quatre méthodes différentes de travail du sol (labour, semis sous litière < 30 % de couverture du sol, semis sous litière > 30 % de couverture du sol, semis direct/semis en bandes fraisées) et trois facteurs de correction (taux de cultures à feuilles dans la rotation > 50 %, céréales/colza après culture de racines, prairies temporaires dans la rotation). Le facteur C moyen des exploitations pour l'ensemble de la surface agricole utile était de 0,046. Pour les exploitations avec des terres arables (y compris prairies temporaires), le facteur C moyen rapporté à la surface assolée était de 0,083. Le facteur C pondéré en fonction de la surface pour l'ensemble des terres assolées s'élevait à 0,093. Dans l'ensemble de données IAE 2009-2019, il y avait 514 combinaisons de cultures différentes (culture précédente-culture principale) pour un total de 33 078 parcelles de terres arables. La prairie temporaire pluriannuelle est de loin la combinaison la plus fréquente (27 % de toutes les combinaisons), suivie par maïs d'ensilage-blé d'hiver (4,1 %), prairie temporaire-maïs d'ensilage (3,5 %), blé d'automne-orge d'automne (3,3 %) et blé d'automne-prairie temporaire (3,0 %). Seules environ 5 % de toutes les parcelles ont eu une jachère noire pendant l'hiver et n'avaient donc pas de couverture de sol.

Facteurs C spécifiques à la culture pour une extrapolation à la Suisse

Pour le calcul des facteurs C spécifiques aux cultures, la période de référence a été fixée du 01.07 de l'année précédente au 30.06 de l'année de relevé. Elle comprend donc une partie de la période de la culture précédente, une éventuelle culture intermédiaire ou jachère hivernale et une partie de la période de la culture principale. Il en a résulté un ensemble de 64 244 données sur des parcelles de terres assolées couvrant 88 901 ha pour toutes les autres évaluations au cours des années 2009 à 2019. Parmi les grandes cultures, les légumes de plein champ ont le facteur C moyen le plus élevé avec 0,367. Les pommes de terre suivent avec 0,241, et le maïs grain avec 0,181. Les prairies temporaires ont le facteur C moyen le plus bas avec 0,024. Pour le maïs d'ensilage, le facteur C est de 0,147, pour le blé d'automne de 0,113 et pour l'orge d'automne de 0,090.

Comme la répartition des grandes cultures et des différentes méthodes de travail du sol entre les données IAE et les données de la statistique agricole suisse a été qualifiée de représentative, les facteurs C spécifiques aux cultures ont pu être multipliés par la surface respective d'une grande culture en Suisse afin de déterminer un facteur C pondéré en fonction de la surface de terres assolées en 2020. La somme de tous les facteurs C rapportés aux terres assolées de la Suisse a donné un facteur C moyen pondéré en fonction de la surface de 0,100. Les céréales d'automne/le colza d'automne ont contribué à hauteur de 36 % au facteur C, le maïs à hauteur de 25 %, les betteraves

sucrières/pommes de terre à hauteur de 14 % et les légumes à hauteur de 11 %. Le maïs, les betteraves sucrières/pommes de terre et les légumes ont contribué de manière disproportionnée au facteur C par rapport à leur part en surface. Or, on sait qu'il s'agit également de cultures particulièrement exposées à l'érosion. Les prairies temporaires, en revanche, représentaient 32 % de la surface, mais ne contribuaient qu'à hauteur de 7 % au facteur C de la Suisse. Le facteur C moyen calculé pour la Suisse était nettement plus faible (73 %) que les facteurs C calculés et publiés pour l'Allemagne.

Carte de facteur C pour la Suisse

Les données statistiques suisses sur la répartition de la surface des grandes cultures par commune ont permis de calculer un facteur C moyen par commune, pondéré en fonction de la surface. Ce facteur C a ainsi pu être calculé pour chaque commune en tenant compte des méthodes de travail du sol pour la région de plaine et la région de collines et représenté sous forme cartographique. Les régions présentant des facteurs C élevés étaient le Seeland, la vallée de l'Orbe, la vallée du Rhône à proximité du lac Léman, la plaine et le vignoble zurichois ainsi que la vallée du Rhin saint-galloise; les Préalpes et le Jura présentaient des facteurs C faibles.

Carte du risque d'érosion actuel en Suisse

Les facteurs C spécifiques à chaque commune ont été utilisés pour chaque surface assolée selon la statistique de la superficie à l'échelle de l'hectare et ont été compensés par les pertes potentielles en terre (érosivité de la pluie, érodabilité du sol ainsi que longueur et déclivité de la pente, voir facteur R, K et LS de l'USLE) de la carte du risque d'érosion déjà existante en Suisse. Pour le facteur P (facteur de protection contre l'érosion), il n'existe toujours pas de données à l'échelle de la Suisse, de sorte qu'un facteur P forfaitaire de 0,8 a été utilisé. Il en résulte une érosion moyenne actuelle du sol de 0,81 t/ha/an. Pour les quelque 390 000 ha de terres assolées en Suisse, l'érosion totale du sol s'élève à environ 314 000 t par an. Selon la profondeur du sol, une érosion de plus de 2 ou 4 t/ha/an n'est pas tolérable à long terme selon l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol). Dans toute la Suisse, le risque actuel d'érosion est relativement faible (< 2 t/ha/an). Seuls un peu plus de 8 % des terres assolées (= 31 616 ha) présentent un risque d'érosion moyen (2-4 t/ha/an) et 7214 ha, soit 1,8 % des terres assolées, dépassent dans tous les cas (avec > 4 t/ha/an) l'érosion tolérable du sol à long terme, selon les calculs de notre modèle. Sur ces quelque 10 % de terres agricoles, des mesures de protection contre l'érosion seraient nécessaires.

Conclusion

Le présent rapport constitue une documentation méthodologique détaillée sur le risque d'érosion IAE, qui comprend également toutes les données de base sous forme de tableaux. A partir de ce vaste ensemble de données, il a été possible de déterminer des facteurs C spécifiques aux cultures pour l'ensemble de la Suisse, qui peuvent servir à d'autres modélisations de l'érosion. Le recoupement avec les données statistiques agricoles de la Suisse a permis de dresser une carte des facteurs C au niveau communal. En mettant en relation cette carte avec la carte existante du risque potentiel d'érosion, il a été possible d'établir une carte du risque d'érosion actuel en Suisse. Ces deux cartes sont utiles pour la vulgarisation agricole et le conseil aux politiques. Les facteurs C moyens calculés ainsi que le risque d'érosion actuel moyen sont comparativement faibles. La part élevée de prairies temporaires dans la rotation des cultures (32 %) ainsi que la proportion relativement élevée de terres assolées soumises à des méthodes culturales de conservation (18 %) sont déterminantes.

Summary

The Agri-Environmental Indicator 'Erosion Risk', Crop-Specific C Factors and a Map of Switzerland's Actual Erosion Risk

The agri-environmental indicator 'erosion risk' (C factor)

The soil cover and management factor (C factor) is a complex but highly sensitive factor of the most commonly used erosion model worldwide, the Universal Soil Loss Equation (USLE). The C factor is a dimensionless value between 0 and 1, with 0 representing the maximum possible protection against erosion and 1 representing the greatest erosion risk (permanent bare fallow). It is the factor that farmers themselves and/or agriculture policy measures can most readily change. The C factor is therefore well-suited as an agri-environmental indicator (AEI) in the context of the agri-environmental monitoring (AEM) which is carried out by the Swiss Federal Office for Agriculture (FOAG) and Agroscope on the basis of the Ordinance for the Assessment of Sustainability in Agriculture. Since 2009, relevant data for various AEIs have been recorded, collected and centrally analysed in a network of around 290 farms. The AEI findings (including C-factor calculations) at individual-farm level are published annually in the Appendix of the FOAG's Agricultural Report.

Farm network C-factor values

For 2009–2019, C factors were calculated for the on-average 290 AEI farms, 3007 arable plots and 4124 ha of arable land. Two geographical regions (plain and hill regions), eight different winter-use variants (e.g. bare fallow, stubble fallow, catch crop, main winter crop, etc.), four different soil-management practices (ploughing, mulch seeding <30% soil cover, mulch seeding >30% soil cover, no-till/strip-till) and three correction factors (percentage of leaf crops in rotation > 50%, cereals/oilseed rape after root crop, temporary ley in rotation) were taken into account. The average C factor of the farms for the entire utilised agricultural area was 0.046. For farms with arable land, the average C factor across the farms in relation to the arable area (including temporary ley) was 0.083. The area-weighted C factor for the entire arable area was 0.093. For a total of 33,078 plots with an arable crop in the 2009–2019 AEI dataset, there were 514 different crop combinations (previous crop-main crop). Perennial temporary ley (27% of all combinations) was by far the most common combination, followed by silage maize-winter wheat (4.1%), temporary ley-silage maize (3.5%), winter wheat-winter barley (3.3%) and winter wheat-temporary ley (3.0%). Only about 5% of all plots had bare fallow over the winter, and hence no soil cover.

Crop-specific C factors for extrapolation to Switzerland as a whole

The reference period for the calculation of crop-specific C factors was from 1 July of the previous year up to 30 June of the respective reporting year. It therefore contains a subperiod of the previous crop, a catch crop or winter fallow, as applicable, and a subperiod of the main crop. This yielded a dataset of 64,244 arable plots with 88,901 ha area for all further analyses for the time period 2009–2019. Of the arable crops, field vegetables had the highest average C factor (0.367), followed by potatoes with 0.241 and grain maize with 0.181. Temporary ley had the lowest average C factor (0.024). The C factors for silage maize, winter wheat and winter barley were 0.147, 0.113 and 0.090, respectively.

Since the distribution of the arable crops and the various soil management practices between the AEI dataset and the agricultural statistical data of Switzerland was rated as representative, it was possible to multiply the crop-specific C factors by the respective area of an arable crop in Switzerland to determine an area-weighted C factor for Swiss arable land for the year 2020. The sum of all C factors in relation to Switzerland's arable land yielded an average area-weighted C factor of 0.100. Winter cereals/winter oilseed rape, maize, sugar beet/potatoes and field vegetables accounted for 36%, 25%, 14% and 11% of Switzerland's C factor, respectively. In terms of their area percentage, maize, sugar beet/potatoes and field vegetables contributed disproportionately to Switzerland's C factor. These are known to be crops particularly threatened by erosion. By contrast, temporary ley contributed just 7% of Switzerland's C factor while accounting for 32% of the area. The calculated average C factor for Switzerland was significantly lower (73%) than C factors calculated and published for Germany.

C-factor map for Switzerland

An area-weighted average C factor per municipality was calculated using Switzerland-wide statistical data on the distribution of arable crop areas. This allowed the area-weighted C factor to be calculated and represented cartographically for each municipality, taking account of the region (plain versus hill) and the soil-management practices. Regions with high C factors were Seeland, Orbetal, the Rhone Valley at Lake Geneva, the Zurich Lowlands and wine-growing region and the St. Gallen Rhine Valley; the Alpine foothills and Jura were regions with low C factors.

Map of actual erosion risk in Switzerland

The calculated municipality-specific C factors were applied for each grid cell with arable land (according to land-use statistics) and multiplied by the potential soil loss (rainfall erosivity, soil erodibility and slope length and gradient, or R, K and LS factors of the USLE) of the pre-existing Erosion Risk Map of Switzerland. The P factor (erosion protection factor) was fixed at 0.8 given the lack of availability of Switzerland-wide data.

This calculation yields an average actual soil loss of 0.81 t/ha/yr. For the almost 390,000 ha of arable land in Switzerland, this gives a total soil loss of around 314,000 t per year. Depending on the depth of the soil, more than 2 or 4 t/ha/yr of soil loss is not tolerable in the long-term according to the Ordinance on the Pollution of Soil (VBBo). In Switzerland as a whole, the actual risk of erosion is relatively low (<2 t/ha/yr). According to our calculations, only 8% of the arable land (= 31,616 ha) has a medium erosion risk (2– 4 t/ha/yr) and 1.8% (= 7214 ha) exceeds the long-term tolerable soil loss of >4 t/ha/yr. Erosion protection measures would thus be required on this 10% of arable land.

Conclusions

The present report furnishes detailed methodological documentation for the AEI erosion risk, including all basic data in tabular form. The extensive dataset enabled the calculation of crop-specific C factors for Switzerland, which can be used for further erosion modelling. By combining this information with Swiss agricultural statistics data, we produced a C-factor map at municipal level. The linking of this map with the map of potential erosion risk resulted in a map of the actual erosion risk in Switzerland. Both maps are useful for agricultural advisory services and policy makers. The calculated average C factors and the average actual erosion risk for Switzerland are comparatively low. The main reasons for this are the high proportion of temporary ley in the rotation (32%) and the relatively high proportion of conservation tillage practices (18%).

1 Einleitung

Bodenerosion ist ein anerkanntes Umweltproblem von globaler Bedeutung. Sie ist eine der zehn grössten Bodenbedrohungen, die von der Welternährungsorganisation (FAO & ITPS, 2015) identifiziert wurden, und stellt die grösste Herausforderung für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung dar (FAO, 2019). Auch in der "Soil Thematic Strategy" der Europäischen Union (EU) wird Bodenerosion als eine der acht grössten Bodenbedrohungen aufgeführt (Montanarella, 2003). Bodenerosion führt einerseits auf der betroffenen Fläche selbst ("on-site-Schäden") zu einer Verringerung der Bodenmächtigkeit und zu einer Abnahme der Bodenfruchtbarkeit durch den Verlust von wertvollem Oberboden. Da die Bodenbildungsrate unter heutigen klimatischen Bedingungen sehr niedrig ist (Prasuhn, 2015), führt Erosion meist zu einer irreversiblen Schädigung der Ressource Boden. Andererseits kann Bodenerosion auch zu grossen Schäden ausserhalb der betroffenen Fläche führen ("off-site-Schäden"). Insbesondere Gewässerbelastungen durch Sediment sowie Nähr- und Schadstoffe sowie Infrastrukturschäden (Gebäude, Strassen, Bahnlinien etc.) können zu immensen Kosten führen (Boardman, 2021; Badreldin & Lobb, 2023). Bodenerosion beeinträchtigt somit die Nahrungsmittelproduktion sowie verschiedene Bodenfunktionen und belastet die Umwelt (Boardman et al., 2023; Boardman & Vandaele, 2023; Strauss et al., 2023).

Negative Umweltauswirkungen der Landwirtschaft wie Bodenerosion lassen sich zurzeit häufig nicht oder nur räumlich-zeitlich eingeschränkt durch direkte Messungen beurteilen. Seit den 1990er-Jahren wurden daher zahlreiche Agrarumweltindikatoren entwickelt, um die Auswirkungen von Anbau- und Bewirtschaftungssystemen auf die Umwelt zu bewerten (Bockstaller et al., 2008). Bezüglich Bodenerosion existieren zahlreiche Indikatoren, welche Gobin et al. (2004) in einem Review beurteilt haben. Die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD, 2013) hat einen Indikator "risk of soil erosion by water" definiert. Der Anteil an landwirtschaftlicher Nutzfläche, der von mässiger bis starker Erosion (>11 t/ha/Jahr) betroffen ist, ist dort der Schlüsselindikator. Methodisch gibt es aber leider kein Standardvorgehen; von den meisten Ländern wird die Universal Soil Loss Equation (USLE) nach Wischmeier & Smith (1978) bzw. die Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Renard et al., 1997) in irgendeiner der zahlreich existierenden Varianten verwendet (Alewell et al., 2019). Die tolerierbare Bodenabtragsrate ist mit >11 t/ha/Jahr sehr hoch und übertrifft den tolerierbaren Bodenabtrag von 2-4 t/ha/Jahr gemäss der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) in der Schweiz bei weitem. Für die Schweiz wird in OECD (2013) ein Wert von null Prozent der Ackerflächen >11 t/ha/Jahr für 1990-2010 ausgewiesen. Damit hat die Schweiz neben Finnland und Estland das geringste Erosionsrisiko aller OECD-Länder gemäss dieser OECD-Einschätzung. Für viele Länder werden allerdings keine Angaben zum Erosionsrisiko gemacht und die Erhebungsmethoden sind vermutlich unterschiedlich und die Ergebnisse damit kaum vergleichbar. In den Tabellen der OECD-Statistik für den Agrarumweltindikator Erosionsrisiko (https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AEI_OTHER) findet man andere Zahlen für die Schweiz: Hier werden für die Jahre 2001 und 2010 jeweils 1 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche mit einem geringen Erosionsrisiko (= 6-10.9 t/ha/Jahr) und 99 % mit tolerierbarer Erosion (= <6 t/ha/Jahr) angegeben. Für die EU-27 haben Panagos et al. (2015) basierend auf der RUSLE2015 einen mittleren Bodenabtrag von 2.67 t/ha/Jahr für das Ackerland berechnet. 12.7 % aller Ackerflächen haben nach dieser Studie einen Bodenabtrag von >5 t/ha/Jahr. Die Schweiz wurde bei dieser EU-weiten Berechnung nicht berücksichtigt.

Der Bodenbedeckungs- und -bearbeitungsfaktor (C-Faktor) der USLE/RUSLE ist einer der kompliziertesten, aber auch sensitivsten Faktoren des Erosionsmodells und ist derjenige Faktor, welcher am meisten durch die Landwirtin bzw. den Landwirt selbst und/oder agrarpolitische Massnahmen verändert werden kann. Daher eignet sich der C-Faktor besonders gut als Agrarumweltindikator, sollte aber auch möglichst präzise erfasst werden. In jüngster Zeit gab es zahlreiche Studien, die sich intensiv mit der Berechnung von C-Faktoren beschäftigt haben. In der Schweiz wurden elektronische Tools entwickelt, die die Berechnung des C-Faktors für eine Fruchtfolge mit an Schweizer Standortbedingungen angepassten Daten ermöglichen (Mosimann & Rüttimann, 2006; Bircher et al., 2021). Prasuhn et al. (2022) haben detaillierte C-Faktoren auf der Basis von Betriebsbefragungen für rund 200 Anbauparzellen in der Region Friesenberg (Schweiz) für verschiedene Zeiträume zwischen 1987 und 2021 berechnet und mit den dort kartierten Bodenabträgen verglichen. Die mittleren C-Faktoren haben von 0.136 (1987–89) um 62 % auf 0.051 (2016–21) abgenommen. Der mittlere kartierte Bodenabtrag der Periode 1997-2007 hat von 0.70 t/ha/Jahr um 78 % auf 0.15 t/ha/Jahr in der Periode 2007-2021 – und damit in einer gleichen Grössenordnung wie der C-Faktor – abgenommen. Des Weiteren wurde im Projekt «Indikatorbasierte Direktzahlungen im Agrarumweltbereich» (Gilgen et

al., 2022a, b; Roesch et al., 2023) aufgezeigt, wie der Einfluss der landwirtschaftlichen Praxis auf die Erosion im Kontext der Direktzahlungen in Zukunft angegangen werden könnte.

Auerswald et al. (2021) haben für Deutschland eine Methode für aufsummierbare C-Faktoren für einzelne Kulturen entwickelt und mit statistischen Daten zur Kulturartenverteilung der Ackerkulturen Deutschlands einen mittleren C-Faktor für Deutschland berechnet. Steinhoff-Knopp & Saggau (2023) haben gestützt auf Auswertungen von Satellitenbildern zu den verschiedenen Kulturen C-Faktoren für alle Parzellen Deutschlands zwischen 2017 und 2020 unter konventioneller Bodenbearbeitung berechnet. Efthimiou et al. (2022) haben einen neuen Ansatz zur räumlich-zeitlichen Schätzung des C-Faktors vorgestellt. Ihre Berechnungen zeigen die monatlichen Schwankungen des C-Faktors auf Einzugsgebietsebene und die anfälligsten Monate auf lokaler Ebene in Bezug auf die Bodenbedeckung in Griechenland. Matthews et al. (2023) präsentieren eine Methode zur Ableitung des C-Faktors durch Verknüpfung von Zeitreihen aus Sentinel-2-Daten zur Bodenbedeckung mit der klimaspezifischen Niederschlagserosivität abgeleitet aus Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) von Parzellen aus den Mitgliedstaaten der EU. Auch für politische Bewertungen der Auswirkungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) auf die Bodenerosion in der EU wurde der C-Faktor schon herangezogen (Borrelli & Panagos, 2020). Weiterhin wurde auch global der C-Faktor als nützlicher Index für globale Erosionsmodellierungsstudien verwendet (Borrelli et al., 2021; Xiong et al., 2023).

Basierend auf der Verordnung zur Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft betreibt das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) ein Agrarumweltmonitoring (AUM). Die Grundlage für das AUM bilden verschiedene Agrarumweltindikatoren (AUI). Das Erosionsrisiko ist einer dieser AUI. Seit 2009 werden in einem Betriebsnetz mit rund 290 Betrieben für die AUI relevante Daten erhoben, gesammelt und zentral ausgewertet (Gilgen et al., 2023). Dadurch lassen sich Aussagen über den Einfluss der Landwirtschaft auf die Umwelt sowohl auf Betriebsebene als auch auf regionaler Ebene machen. Die Daten werden von den Landwirtinnen und Landwirten in AGRO-TECH, einer für die AUI angepassten Software, in anonymisierter Form erfasst.

Im ersten und zweiten Kapitel dieses Berichtes wird der Agrarumweltindikator Erosionsrisiko vorgestellt und das methodische Vorgehen zur Berechnung der C-Faktoren aus dem AUI-Datensatz für einzelne Anbauparzellen und für einzelne Betriebe erläutert. Anschliessend werden in Kapitel 3 ausgewählte Ergebnisse präsentiert. Im vierten Kapitel werden aus diesen Daten kulturspezifische C-Faktoren berechnet und mit agrarstatistischen Daten zu einem mittlerem C-Faktor für die ganze Schweiz aggregiert. Anschliessend werden detaillierte kultur- und bodenbearbeitungsspezifische C-Faktoren auf Gemeindebasis berechnet und schweizweit dargestellt (Kapitel 5). Zum Schluss werden in Kapitel 6 die gemeindespezifischen C-Faktoren mit digitalen Daten zur Ackerfläche und der Karte des potentiellen Erosionsrisikos zu einer Karte des aktuellen Erosionsrisikos der Schweiz verrechnet.

2 Der Agrarumweltindikator «Erosionsrisiko»

Das Erosionsrisiko wird weltweit am häufigsten mit der USLE/RUSLE (Wischmeier & Smith 1978; Renard et al., 1997) bzw. dem deutschsprachigen Pendant «Allgemeinen Bodenabtragsgleichung» ABAG (Schwertmann et al., 1990) erfasst. Dabei wird der langjährige mittlere Bodenabtrag durch die Multiplikation von sechs Faktoren berechnet. Der langjährige mittlere Bodenabtrag stellt gleichzeitig das Erosionsrisiko dar.

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

A = langjähriger mittlerer Bodenabtrag (t/ha/Jahr)

R = Erosivität der Niederschläge ((MJ*mm) / (ha*h*Jahr))

K = Erodibilität des Bodens ((t *ha* h) / (ha * MJ * mm))

L = Hanglängenfaktor (-)

S = Hangneigungsfaktor (-)

C = Bodenbedeckung und -bewirtschaftungsfaktor (-)

P = Erosionsschutzfaktor (-)

$R \times K \times L \times S$ = potentielles Erosionsrisiko

$R \times K \times L \times S \times C \times P$ = aktuelles Erosionsrisiko

Das bewirtschaftungsbedingte Erosionsrisiko ergibt sich vor allem aus der Art der Landnutzung (Ackerland, Grasland, Dauerkultur etc.) und der jeweiligen Bewirtschaftung (Fruchtfolge, Art und Intensität der Bodenbearbeitung etc.). Es wird durch den C-Faktor der USLE bestimmt. Der C-Faktor gibt die relative Veränderung des Bodenabtrages bei einer bestimmten Bewirtschaftung gegenüber dem Abtrag bei langjähriger Schwarzbrache an. Der C-Faktor ist ein dimensionsloser Wert zwischen 0 und 1, wobei der Wert 0 den grösstmöglichen Erosionsschutz (100 %-ige Bodenbedeckung, keine Bodenbearbeitung, gute Durchwurzelung etc.) und der Wert 1 das grösste Erosionsrisiko (permanente Schwarzbrache, vollständig nackter Boden, feines Saatbett) darstellt. Standortfaktoren wie Hangneigung und -länge sowie die Erodibilität des Bodens fliessen nicht in die Berechnungen des C-Faktors ein. Für den AUI Erosionsrisiko wurde die Bestimmung des C-Faktors für Betriebe ausgewählt, der bei der Veröffentlichung der Resultate auf Regionen oder Betriebstypen aggregiert wird. Die Höhe des C-Faktors bestimmt das bewirtschaftungsbedingte Erosionsrisiko massgeblich. Agrarpolitische Massnahmen, technischer Fortschritt bei der Bodenbearbeitung sowie Klima- und Strukturwandel sollten sich im C-Faktor niederschlagen. Daher eignet sich die langjährige Erfassung des C-Faktors, um Trends beim Erosionsrisiko aufzuzeigen.

Das methodische Vorgehen zur Berechnung der C-Faktoren entspricht weitgehend den Beschreibungen von Schwertmann et al. (1990), Prasuhn & Grünig (2001), Mosimann & Rüttimann (2006a) und Bircher et al. (2021). Alle Grundlagendaten (Tabellen A1 bis A14) im Anhang entsprechen dem CP-Faktortool von Bircher et al. (2021), welches für die Berechnung von C-Faktoren für mehrjährige Fruchtfolgen/Kulturabfolgen entwickelt wurde. Die benötigten Eingangsdaten für den AUI Erosionsrisiko wurden automatisch aus den jährlichen AGRO-TECH-Daten des AUI-Betriebsnetzes ausgelesen (Gilgen et al., 2023). Dafür musste ein neues Berechnungstool programmiert werden. Gleichzeitig wurden verschiedene Anpassungen und Aktualisierungen gegenüber den oben genannten Berechnungsvorschriften gemacht. Deshalb wird das methodische Vorgehen nachfolgend detailliert aufgezeigt.

Der C-Faktor sollte normalerweise für ganze Fruchtfolgen bzw. Kulturabfolgen, welche in der Schweiz meist zwischen vier und sieben Jahren dauern, berechnet werden (Auerswald et al., 2021; Bircher et al., 2021). Eine erstmalige Berechnung der C-Faktoren basierend auf Fruchtfolgen/Kulturabfolgen wäre demnach erst nach diesem Zeitraum möglich. Der AUI Erosionsrisiko sollte aber genau wie alle anderen AUI jährlich ab 2009 berechnet und im jährlichen Agrarbericht des BLW publiziert werden (siehe Agrarberichte, BLW, 2022a; <https://apps.agroscope.info/sp/za-aui/2/app/datenreihe?lang=D>). Entsprechend standen nur Datensätze mit jährlichen Eingangsdaten zu Vorkultur, Zwischennutzung und Hauptkultur zur Verfügung. Die Anzahl der teilnehmenden AUI-Betriebe pro Jahr ist auch nicht immer identisch. So machen jedes Jahr einige Betriebe nicht mehr mit, andere Betriebe steigen neu ein (Gilgen et al., 2023). Insofern variiert die Zusammensetzung der rund 290 AUI-Betriebe (siehe auch Tab. 6). Für den vorliegenden Bericht wurden die Datensätze von 2009 bis 2019 ausgewertet.

Die C-Faktoren wurden für alle Anbauparzellen einzeln berechnet und flächengewichtet auf den Gesamtbetrieb aufsummiert (Kapitel 2.11 und 2.12). Unter Parzelle wird im Folgenden immer die Anbauparzelle bzw. der Schlag verstanden. Bei der Berechnung wurden drei Fälle unterschieden. Parzellen mit ausschliesslich Dauerkulturen (Vor- und Hauptkultur) sind im Kapitel 2.1 beschrieben. Alle Anbauparzellen mit ausschliesslich Ackerkulturen (ausser Gemüse und mehrjährige Kunstwiese) wurden nach einem aufwändigen Verfahren berechnet, welches ab Kapitel 2.2 detailliert beschrieben wird. Wenn eine Kombination von Ackerkultur und einer anderen Kultur in einem Jahr vorlag (z. B. Vorkultur Gemüse und Hauptkultur Kartoffeln oder umgekehrt), wurde eine Kombination von beiden Berechnungsverfahren durchgeführt.

2.1 Berechnungsverfahren für Dauerkulturen

Alle Dauerkulturen (Dauerwiesen, Weiden, Obstbau, Sonderkulturen, etc.) wurden nach einem vereinfachten Verfahren mit fixen C-Faktorwerten nach Tabelle A1 berechnet. Auch alle Gemüsearten wurden mit einem einheitlichen, fixen C-Faktor gerechnet, da entsprechende kulturspezifische C-Faktoren für Gemüsearten in der Schweiz bisher nicht erhoben werden konnten. Für Reben gibt es verschiedene C-Faktorwerte; je nachdem, ob es sich um eine Neuanlage handelte, ob eine Bodenbearbeitung durchgeführt wurde, ob mit organischen Materialien gemulcht wurde oder eine Dauerbegrünung vorlag (Tab. A1).

Kunstwiesen kommen in der Schweiz vergleichsweise häufig vor und können ein- oder mehrjährig sein. Sie wurden entsprechend als Dauerkultur oder als Ackerhauptkultur behandelt. Wenn eine Kunstwiese Vorkultur und Hauptkultur war (= mehrjährige Kunstwiese), dann wurde sie wie eine Dauerkultur angesehen und für das gesamte Jahr ein Fixwert von 0.004 für den C-Faktor eingesetzt (Tab. A1). Wenn eine Kunstwiese nur Vorkultur oder nur Hauptkultur war, wurde sie wie eine Ackerkultur berechnet (siehe Kap. 2.2).

2.2 Ablauf der Berechnung von C-Faktoren für das Ackerland

Nachfolgend wird der methodische Ablauf für die Berechnung des C-Faktors einer Anbauparzelle mit Ackerkulturen aufgeführt. Die detaillierte Beschreibung der einzelnen Punkte erfolgt anschliessend in den Kapiteln 2.3 bis 2.10.

1. Anbauparzelle auswählen
2. Geografische Region bestimmen (Tal- oder Hügelgebiet)
3. Von der Vorkultur die Kulturart bestimmen
4. Von der Vorkultur das Bodenbearbeitungsverfahren bestimmen
5. Kulturphase (1-6) der Vorkultur am 01.07. des Vorjahres bestimmen (Tabellen A2/A3)
6. Erosivitätswert am 01.07. aus Tabelle ablesen (Tabellen A4/A5)
7. Datum vom Ende der Kulturphase der Vorkultur aus Tabellen A2/A3 bestimmen
8. Erosivitätswert am Ende der Kulturphase aus Tabellen A4/A5 ablesen
9. Dauer der Kulturphase (Anzahl Tage) berechnen
10. Differenz der Erosivitätswerte zwischen Anfang und Ende der Kulturphase bestimmen
11. Relativen Bodenabtragswert (RBA) der Kultur für die entsprechende Kulturphase und das gewählte Bodenbearbeitungsverfahren aus Tabellen A6/A7/A8/A9 auswählen, allfällige Korrekturfaktoren (Tabellen A10/A11/A12) berücksichtigen
12. Berechneter Erosivitätswert mit entsprechendem RBA-Wert verrechnen
13. Vorgehen für allfällige weitere Kulturphasen wiederholen (Punkte 5 – 12 zum entsprechenden Zeitpunkt der jeweiligen Kulturphase)
14. C-Faktor-Teilwert der Vorkultur berechnen
15. Nach der Ernte der Vorkultur schauen, ob Zwischenkultur angebaut wird, ob Stoppelbrache, Schwarzbrache folgt oder direkt die nächste Hauptkultur
16. Nächste Kultur (z. B. Zwischenkultur, Tab. A13/A14) nach gleichem Vorgehen (Punkt 4-14) berechnen
17. C-Faktor-Teilwert der Zwischennutzung berechnen
18. Nächste Kultur (Hauptkultur) nach gleichem Vorgehen (Punkt 4-14) berechnen
19. C-Faktor-Teilwert der Hauptkultur bis zum 30.6. berechnen
20. Alle C-Faktor-Teilwerte aufsummieren, allfällige Korrekturfaktoren (Tabelle A10/A11/A12) berücksichtigen = C-Faktor für die Parzelle für ein Jahr (365 Tage)

2.3 Anbauparzellen

Die Berechnung der C-Faktoren erfolgt für jede Anbauparzelle mit landwirtschaftlicher Nutzung und wird abschliessend als flächengewichteter Durchschnittswert des Betriebes berechnet. Dabei wird zwischen Fixwerten für Dauerkulturen und verschiedene andere Kulturen sowie Ackerkulturen unterschieden (Kap. 2.1). Bei Ackerkulturen wird bezüglich Fruchtfolge/Kulturabfolge folgende Annahme bzw. Vereinfachung gemacht: Die Nutzung aller Anbauparzellen eines Betriebes spiegelt die Fruchtfolge des Betriebes relativ gut wider. Dies gilt dann, wenn der Betrieb nur eine Fruchtfolge/Kulturabfolge hat. Hat ein Betrieb ausnahmsweise mehrere, getrennte Fruchtfolgen/Kulturabfolgen, stimmt diese Annahme nicht und der durchschnittliche C-Faktor des Betriebes könnte leicht von dem von uns berechneten C-Faktor abweichen. Jede Anbauparzelle hat eine Kulturabfolge (Vorkultur – Zwischennutzung – Hauptkultur). Für sie wird ein spezifischer C-Faktorwert berechnet. Probleme können zum Beispiel auftreten, wenn zwischen Vor- und Hauptkultur eine Parzelle aufgesplittet oder zusammengelegt wurde. Die Zuweisung der Kulturabfolge in nicht eindeutigen Fällen folgte definierten Regeln und Annahmen.

2.4 Geografische Region

Die Berechnung der C-Faktoren erfolgte für alle geografischen Regionen der Schweiz mit dem gleichen methodischen Ansatz. Es wurden aber zwei Regionen (Talgebiet <600 m ü. M. und Hügel- und Berggebiet >600 m ü. M.) unterschieden, für die bei einigen Parametern regionsspezifische Eingangstabellen (Kulturkalender und Erosivität der Niederschläge) verwendet wurden. Da im Berggebiet (>1000 m ü. M.) fast keine Ackerflächen vorkamen, wurden Hügel- und Berggebiet zusammengefasst.

2.5 Bodenbearbeitungsverfahren

Das Bodenbearbeitungsverfahren muss für jede Kultur einer Parzelle (Vorkultur, Zwischenkultur, Hauptkultur) bestimmt werden. Es wurden vier verschiedene Verfahren unterschieden:

- A: Pflug,
- B: pfluglos mit <30 % Mulchbedeckung,
- C: pfluglos, Mulchsaat mit >30 % Bodenbedeckung,
- D: Direktsaat oder Streifenfrässaat

Die Verfahren A und D konnten direkt aus AGRO-TECH entnommen werden. Die Verfahren B und C mussten indirekt aus Angaben zu Ernterückständen und Maschineneinsatz abgeleitet werden (siehe unten). Alle Parzellen (jeweils für Vorkultur, Zwischenkultur, Hauptkultur) wurden gemäss Angaben aus AGRO-TECH in nachfolgender Reihenfolge abgearbeitet und es wurde ihnen eine Bodenbearbeitungsklassen A bis D zugeordnet:

1. Bodenbearbeitung „Pflügen“ = A
2. Bodenbearbeitung „Bodenseparierung“ = A
3. Saat Hauptkultur bzw. Zwischenkultur „Direktsaat“ = D
4. Saat Hauptkultur bzw. Zwischenkultur „Frässaat“ = D
5. Saat Hauptkultur bzw. Zwischenkultur „Mulchsaat“ und „Ernterückstände eingearbeitet ja“ = B
6. Saat Hauptkultur bzw. Zwischenkultur „Mulchsaat“ und Vorkultur „Kartoffeln, Rüben, oder Silomais“ = B
7. Saat Hauptkultur bzw. Zwischenkultur „Mulchsaat“ alle restlichen = C
8. Bodenbearbeitung „Eggen mit Zapfwelle“ = A
9. Saat Hauptkultur bzw. Zwischenkultur „Untersaat oder Einsaat“ = C
10. Pflanzenschutz „Mulchen“ = C
11. Düngung „Kompost ausbringen“ = C
12. Düngung „Misten ohne Einarbeiten“ = C
13. Bodenbearbeitung „Grubbern, Spaten, Fräsen, Eggen ohne Zapfwelle, Tiefenlockerung, Untergrund-lockerung, Grubbern + Eggen, oder Eggen + Walzen“ und „Ernterückstände eingearbeitet ja“ = B

14. Bodenbearbeitung „Grubbern, Spaten, Fräsen, Eggen ohne Zapfwelle, Tiefenlockerung, Untergrund-lockerung, Grubbern + Eggen, oder Eggen + Walzen“ und „Ernterückstände eingearbeitet nein“ = C
15. Alles, was bisher nicht zugeordnet wurde, ist unklar und wurde dem schlechtesten Verfahren zugeordnet = A

2.6 Referenzperiode und Kulturkalender

Es wurde eine einheitliche Referenzperiode bestimmt. Die Berechnung erfolgt immer genau über ein Jahr (365 Tage) vom 01.07. des Vorjahres bis zum 30.6. des Erfassungsjahres und umfasst somit eine Teilperiode der Vorkultur, eine allfällige Zwischenkultur oder Winterbrache und eine Teilperiode der Hauptkultur. Dadurch ist die Vergleichbarkeit zwischen allen Kulturen gewährleistet und es kommt zu keinen zeitlichen Überschneidungen oder Lücken. Für jede Kultur, die in AGRO-TECH vorkam, wurden typische Zeitpunkte für sechs verschiedene Entwicklungsstadien (Bodenbearbeitung, Saat, 10 %-, 50 %-, 75 %-Bedeckung und Ernte) - die sogenannten Kulturkalender - jeweils für das Tal- und Hügellgebiet bestimmt (Tab. A1/A2). Die Daten wurden einerseits aus den Angaben der Landwirtinnen und Landwirte in AGRO-TECH (Datum Saat und Ernte) der Jahre 2009-2012 abgeleitet. Daraus wurde für jede Kultur das mittlere Saat- und Erntedatum gebildet. Die Phasen dazwischen wurden interpoliert. Andererseits wurden Angaben aus bestehenden Kulturkalendern von Schwertmann et al. (1990), Prasuhn & Grünig (2001), Mosimann & Rüttimann (2006a, b) und Auerswald & Kainz (1998) mit Experten diskutiert und angepasst. Fehlende Angaben zu Kulturen wurden mittels Analogieschlüssen ermittelt. Als Saat- und Erntezeitpunkte wurden für alle Kulturen fixe Daten aus Tabelle A1/A2 für das Talgebiet oder Hügell-/Berggebiet genommen, auch wenn reale Zeitpunkte aus AGRO-TECH vorlagen und diese von den fixen Daten abwichen. Es sollte das allgemeine Erosionsrisiko einer Fruchtfolge berechnet werden, nicht das aktuelle Jahresrisiko in Abhängigkeit der realen Witterungsbedingungen. Sonst müssten auch Daten zu Temperatur, Niederschlag etc. für jede einzelne Parzelle täglich vorliegen und in die Berechnungen einfließen.

2.7 Erosivität der Niederschläge

Weiterhin fließt die langjährige mittlere Erosivität der Niederschläge in die Berechnung ein. Aus den 10-Minuten Niederschlagsdaten diverser Meteorstationen der Schweiz über 20 Jahre (1980 – 2000) wurde von Schmidt et al. (2016) die mittlere Erosivität der Niederschläge für jeden Tag im Jahr für das Tal- und für das Hügellgebiet ermittelt. Diese täglichen Werte wurden als Tabellen (Tab. A4, A5) und als Summenprozentkurve dargestellt (Abb. 1). Für die Dauer jeder Kulturphase jeder Kultur wird der entsprechende Anteil der Jahreserosivität ermittelt und mit dem jeweiligen Relativen Bodenabtragswert (siehe Kap. 2.8) verrechnet. Dies ergibt einen C-Faktor-Teilwert.

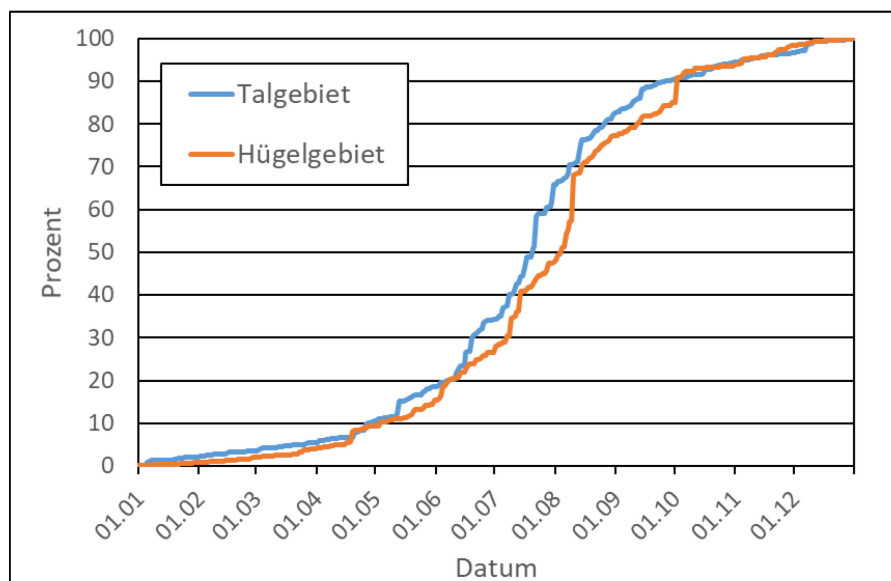


Abbildung 1: Summenprozentkurve der langjährigen täglichen Erosivitätswerte für das Tal- und Hügellgebiet der Schweiz.

2.8 Relative Bodenabträge (RBA)

Vegetationsbedeckung und Oberbodenzustand bestimmen die Erosionsanfälligkeit zu jedem Zeitpunkt der Kultur (Schwertmann et al., 1990). Daher wurden Erosivitätswerte für alle Kulturphasen mit aus der Literatur (Auerswald & Kainz 1998; Prasuhn & Grünig 2001; Mosimann & Rüttimann 2006a) stammenden und teilweise angepassten Relativen Bodenabtragungswerten (RBA) jeder Kultur und Kulturphase verrechnet (Tab. A6/A7/A8/A9). Nur für bestimmte Kulturen lagen gesicherte Daten für die RBA vor. Bei allen anderen Kulturen wurden mittels Analogieschlüssen zu ähnlichen Kulturen die entsprechenden Werte zugewiesen. Alle Freilandgemüsesorten wurden pauschal als Gemüse behandelt. Gemüse wurde ein fixer C-Faktor zugewiesen (siehe Kap. 2.1). Der RBA ist der jeweilige Bodenabtrag im Verhältnis zu einer permanent schwarzbrachen Fläche und liegt zwischen 0.01 und 1 bzw. 1 % und 100 %. Die RBA-Werte wurden für jede Kultur und Zwischenkultur für vier verschiedene Bodenbearbeitungsverfahren (Pflug; pfluglos <30 % Mulchbedeckung; Mulchsaat >30 % Bodenbedeckung; Direkt-, Streifenfräs-, Streifensaart) für jeweils alle sechs Kulturphasen festgelegt.

Bei den Zwischenkulturen wird zwischen abfrierenden und winterharten Zwischenkulturen unterschieden. Alle Angaben in AGRO-TECH zu Zwischenkulturen und Herbstzwischenkulturen wurden einer dieser beiden Gruppen zugeordnet. Für beide Gruppen gibt es unterschiedliche RBA-Werte für das Tal- und Hügелgebiet (Tab. A6/A7/A8/A9). Alle Zwischenkulturen folgen im Berechnungstool jeweils einem fixen Zeitpunkt (immer 5 Tage) nach der Ernte der Vorkultur (fixes Datum jeder Kultur gemäss Kulturkalender). Es gibt dazu einen eigenen Kulturkalender Zwischenkulturen (Tab. A13/A14). Die Zwischenkultur dauert bis zur Bodenbearbeitung der Hauptkultur oder bis zur Herbstfurche (Pflug).

2.9 Korrekturfaktoren

Verschiedene Korrekturfaktoren fliessen zusätzlich in die Berechnungen der C-Faktoren ein. So erhöht ein hoher Anteil von Blattfrüchten in der Fruchtfolge oder der Anbau von Getreide oder Raps nach Wurzelfrüchten das Erosionsrisiko, während Kunstwiesen in der Fruchtfolge das Erosionsrisiko der nachfolgenden Hauptkultur verringert (Carry-over-Effekt, vgl. Wischmeier & Smith, 1978). In Anlehnung an Mosimann & Rüttimann (2006a) wurden nachfolgende Korrekturfaktoren verwendet.

2.9.1 Blattfruchtanteil des Betriebes

Ein hoher Anteil an Blattfrüchten in der Fruchtfolge ist ein Indiz für eine hohe Intensität der Nutzung und eine schlechte Bodenstruktur. Der Blattfruchtanteil an den Ackerkulturen wurde für jeden Betrieb berechnet. Als Blattfrüchte gelten: Ackerbohnen (Sommer/Winter), Eiweiss- und Ackererbsen (Winter/Sommer), Raps (Sommer/Winter), Kartoffeln/Saatkartoffeln, Mais (Körnermais/Silomais), Rüben (Zuckerrüben/Futterrüben), Soja, Sonnenblumen, Tabak, Feldgemüse (alle Sorten). Wenn der Anteil Blattfrüchte an den Ackerkulturen eines Betriebes 50 % oder grösser ist, werden die RBA aller Kulturen in der Fruchtfolge erhöht gemäss Korrekturfaktoren aus Tabelle A10. Hat der Betrieb auch Kunstwiese in der Fruchtfolge, sind die Korrekturfaktoren etwas geringer (Tab. A10). Der Korrekturfaktor wird für alle Parzellen des Betriebes mit Ackerkulturen verwendet, unabhängig davon, ob Blattfrüchte oder Kunstwiesen auch in diesem Jahr auf diesen Parzellen standen.

2.9.2 Getreide und Raps nach Wurzelfrucht

Wird nach einer Wurzelfrucht Getreide oder Raps angebaut, ist das Erosionsrisiko dieser Kulturen erhöht. Als Wurzelfrucht gelten: Kartoffeln, Zuckerrüben, Futterrüben und Topinambur. Bei der Ernte von Wurzelfrüchten wird der Oberboden stark gelockert und durch die Erntemaschinen wieder verdichtet. Es verbleiben meist auch nur wenig Ernterückstände auf dem Feld. Wintergetreide und Winterraps haben daher ein höheres Erosionsrisiko, als wenn sie nach anderen Kulturen gesät werden. Die Korrekturfaktoren der RBA-Werte werden für alle Kulturphasen von Getreide und Raps verwendet und hängen zusätzlich vom Bodenbearbeitungsverfahren von Getreide bzw. Raps ab (Tab. A11). Der Korrekturfaktor kommt nur dann zum Einsatz, wenn die Vorkultur eine Wurzelfrucht und die Hauptkultur Getreide oder Raps war. Hat der Betrieb auch Kunstwiese in der Fruchtfolge, sind die Korrekturfaktoren etwas geringer (Tab. A11).

2.9.3 Kunstwiese als Vorkultur

Kunstwiesen in der Fruchtfolge haben positive Effekte auf verschiedene Bodeneigenschaften (Bodenlebewesen, Humusgehalt, Aggregatstabilität etc.). Sie vermindern dadurch das Erosionsrisiko der nachfolgenden Kultur. Entsprechend wurden die RBA-Werte der nachfolgenden Kulturen reduziert. Wenn Kunstwiese eine Vorkultur war, wurden die Korrekturfaktoren aus Tabelle A12 verwendet. Ab Phase 1 (Bodenbearbeitung Hauptkultur) wurden die RBA aller Anbauphasen je nach Bodenbearbeitungsverfahren mit dem entsprechenden Korrekturfaktor vermindert. Wenn Kunstwiese Vorkultur und Hauptkultur war, dann wurde der Fixwert für Kunstwiese von 0.004 eingesetzt.

2.10 Kulturabfolgen

Acht verschiedene Varianten von Kulturabfolgen kamen im Datensatz vor:

1. Vorkultur – Winter-Hauptkultur
 2. Vorkultur – Stoppelbrache – Winter-Hauptkultur
 3. Vorkultur – Stoppelbrache über Winter – Sommer-Hauptkultur
 4. Vorkultur – Schwarzbrache – Sommer-Hauptkultur
 5. Vorkultur – Zwischenkultur – Sommer-Hauptkultur
 6. Vorkultur – Herbstzwischenkultur – Schwarzbrache – Sommer-Hauptkultur
 7. Vorkultur – Herbstzwischenkultur – Winter-Hauptkultur
 8. Vorkultur Kunstwiese – Hauptkultur Kunstwiese
-
1. Der Vorkultur folgt mehr oder weniger direkt die Hauptkultur (z. B. Zuckerrüben Ernte am 20.10. – Bodenbearbeitung/Saat Winterweizen am 24.10 oder Wintergerste Ernte am 6.7. – Ägüsten Kunstwiese am 11.7.). Die Vorkultur schliesst mit dem Datum der Kulturphase 6 (Ernte, Tab. A2/A3) und dem RBA-Wert der Kulturphase 5 (75 % bis Ernte; Tab. A6/A7/A8/A9). Danach folgt die Zeit zwischen Ernte und dem Datum der Bodenbearbeitung der Hauptkultur mit dem RBA-Wert Kulturphase 6 (Ernte bis Bodenbearbeitung). Die Hauptkultur beginnt dann mit Kulturphase 1 (Bodenbearbeitung bis Saat) und RBA-Wert der Kulturphase 1.
 2. Nach der Ernte der Vorkultur folgt eine Stoppelbrache und anschliessend eine Winter-Hauptkultur (z. B. Winterweizen Ernte am 29.7. – Wintergerste Saat am 27.9.). Es wird davon ausgegangen, dass unbearbeitete (mit Verunkrautung) oder gegrubberte Stoppelbrache vorliegt. Die Vorkultur schliesst mit dem Datum der Kulturphase 6 und dem RBA-Wert der Kulturphase 5. Die Stoppelbrache bis zur nächsten Bodenbearbeitung der Hauptkultur nach Kulturkalender (Kulturphase 1) erhält den RBA-Wert der Kulturphase 6 der Vorkultur.
 3. Nach der Ernte der Vorkultur folgt eine Sommer-Hauptkultur (z. B. Zuckerrüben Ernte am 20.10. – Kartoffeln Saat am 14.4.). Es wird davon ausgegangen, dass unbearbeitete (mit Verunkrautung) oder gegrubberte Stoppelbrache vorliegt. Die Vorkultur schliesst mit dem Datum der Kulturphase 6 und dem RBA-Wert der Kulturphase 5. Die Stoppelbrache bis zur nächsten Bodenbearbeitung der Hauptkultur nach Kulturkalender (Kulturphase 1) erhält den RBA-Wert der Kulturphase 6 der Vorkultur.
 4. Nach der Ernte der Vorkultur folgt ein Pflugeinsatz (Herbstfurche) mit Winterbrache bis zur Bodenbearbeitung/Saat der Sommer-Hauptkultur im nächsten Jahr (z. B. Zuckerrüben Ernte am 20.10. – Pflug/Schwarzbrache – Kartoffeln Saat am 14.4.). Die Vorkultur schliesst mit dem Datum der Kulturphase 6 und dem RBA-Wert der Kulturphase 5. Danach folgt der RBA-Wert für Schwarzbrache (Fixwert 0.32) bis zur Bodenbearbeitung/Saat der Hauptkultur nach Kulturkalender (Kulturphase1). Für die Hauptkultur gilt dann immer das Bodenbearbeitungsverfahren „Pflug“.
 5. Nach der Ernte der Vorkultur folgt eine Zwischenkultur (abfrierend oder winterhart) bis zur nächsten Hauptkultur im folgenden Jahr (z. B. Winterweizen Ernte am 29.7. – Zwischenkultur – Saat Zuckerrüben am 22.3.). Die Vorkultur schliesst mit dem Datum der Kulturphase 6 und dem RBA-Wert der Kulturphase 5. Direkt im Anschluss folgt Kulturphase 1 des Kulturkalenders bzw. der RBA-Wert der entsprechenden Zwischenkultur. Die Zwischenkultur dauert bis zur Bodenbearbeitung/Saat der nächsten Hauptkultur im folgenden Jahr nach Kulturkalender (Kulturphase 1) und durchläuft entsprechend unterschiedlich viele Kulturphasen. Die Bodenbearbeitung der Zwischenkultur wird – wie bei der Hauptkultur beschrieben – ermittelt. Liegt keine Angabe zur Bodenbearbeitung der Zwischenkultur vor, wird Verfahren 2 (Mulch <30 %) als Standard gesetzt, da dieses Verfahren am verbreitetsten ist.

6. Nach der Ernte der Vorkultur folgt eine Herbstzwischenkultur, die vor dem Winter wieder durch Schwarzbrache ersetzt wird. (z. B. Winterweizen Ernte am 29.07. – Herbstzwischenkultur bis 15.11. - Pflug/Schwarzbrache – Saat Zuckerrüben am 22.3.). Die Vorkultur schliesst mit dem Datum der Kulturphase 6 und dem RBA-Wert Kulturphase 5. Direkt im Anschluss folgt Kulturphase 1 des Kulturkalenders bzw. der RBA-Wert der Herbst-Zwischenkultur. Pflugeinsatz (Herbstfurche) mit Schwarzbrache findet noch im gleichen Jahr der Vorkultur statt. Die Herbstzwischenkultur dauert bis zum 15.11. (Standardwert) bei Pflug/Schwarzbrache. Bei Pflug/Schwarzbrache folgt der RBA-Wert für Schwarzbrache (Fixwert 0.32) bis zur Bodenbearbeitung/Saat der nächsten Hauptkultur gemäss Kulturkalender.
7. Nach der Ernte der Vorkultur folgt eine Herbstzwischenkultur, die vor dem Winter wieder durch eine Winterhauptkultur ersetzt wird. (z. B. Wintergerste Ernte am 6.07. – Herbstzwischenkultur - Saat Winterweizen am 15.10.). Die Vorkultur schliesst mit dem Datum der Kulturphase 6 und dem RBA-Wert der Kulturphase 5. Direkt im Anschluss folgt Kulturphase 1 des Kulturkalenders bzw. der RBA-Wert der Herbst-Zwischenkultur. Ein Bodenbearbeitungsverfahren für eine Winterhauptkultur findet noch im gleichen Jahr der Vorkultur statt. Die Herbstzwischenkultur dauert bis zum Bodenbearbeitungstermin/Saat der Winterhauptkultur gemäss Kulturkalender Kulturphase 1.
8. Einer Kunstwiese als Vorkultur folgt eine Kunstwiese als Hauptkultur. Es liegt also eine mehrjährige Kunstwiese vor. Der Fixwert von 0.004 wurde als C-Faktor für das ganze Jahr verwendet.

Wenn eine Kunstwiese nur Vorkultur war, dann wurde der Fixwert von 0.004 für die Kunstwiese bis zur ersten Bodenbearbeitung für die Hauptkultur verwendet. Dies kann Pflug im Herbst mit einer Schwarzbrache sein (= Herbstfurche) oder Bodenbearbeitung für eine Herbstkultur. Anschliessend wurde der C-Faktor für die Hauptkultur nach dem Berechnungsverfahren für Ackerkulturen berechnet. Da Kunstwiesen einen positiven Effekt auf nachfolgende Ackerkulturen haben, wurden zusätzlich Korrekturfaktoren berücksichtigt (siehe Kap. 2.9.3). Bei Ansaat im Herbst des Vorjahres wurde der Bodenbearbeitungstermin (Kulturphase 1 und folgende) aus dem Kulturkalender Zwischenkulturen je nach Vorkultur ausgewählt (Tab. A13/A14) und der RBA-Wert aus Tabelle A6/A7/A8/A9 zu den RBA-Hauptkulturen für Kunstwiesen (Kulturphase 1 und folgende) gewählt. Dann wurden jeweils die weiteren Kulturphasen (2-6) aus dem Kulturkalender bzw. den RBA-Tabellen verwendet. Bei Neuansaat einer Kunstwiese im Frühjahr des Erhebungsjahres wurde aus dem Kulturkalender Zwischenkulturen „Kunstwieseansaat nach Brache/Zwischenkultur“ (Tab. A13/A14) verwendet und es wurden die RBA-Werte aus Tabelle RBA-Hauptkulturen für Kunstwiesen verwendet.

War die Vorkultur keine Ackerhauptkultur (z. B. Gemüse, Dauerkultur, Dauerwiese etc.), wurde für die Vorkultur der fixe C-Faktorwert gemäss Tabelle A1 bis zum Datum der Bodenbearbeitung der Hauptkultur verwendet und zeitanteilig verrechnet. War die Vorkultur eine Ackerhauptkultur oder Kunstwiese und folgte dieser z. B. Gemüse oder eine Dauerkultur, wurde für die Vorkultur nach obigen Verfahren der C-Faktoranteil berechnet bis zum Datum der Bodenbearbeitung der Hauptkultur. Ab dann wurde der fixe C-Faktorwert der anderen Kultur nach Tab. A1 eingesetzt. Beides wurde zeitanteilmässig miteinander verrechnet.

2.11 C-Faktorwert für eine Parzelle berechnen

Die berechneten Teil-C-Faktoren (Vorkultur, Zwischennutzung, Hauptkultur) vom 1.7. des Vorjahres bis zum 30.6. des Erhebungsjahres wurden zum Jahres-C-Faktorwert der Anbauparzelle aufsummiert. Tabelle 1 zeigt exemplarisch für eine Parzelle im Talgebiet die Berechnung des C-Faktors (ohne Korrekturfaktoren und mit der intensivsten Bodenbearbeitungsstufe für alle drei Kulturen).

Tabelle 1: Berechnungsbeispiel für den C-Faktor einer Parzelle.

	Kultur	C-Faktoranteil
Vorkultur	Winterweizen	0.003
Zwischennutzung	Zwischenkultur	0.062
Hauptkultur	Wintergerste	0.031
C-Faktor Parzelle		0.096

2.12 C-Faktorwert für den Betrieb berechnen

Der aufsummierte C-Faktorflächenanteil für alle Parzellen mit Ackerkulturen, Kunstwiese und Gemüse (als Vor- oder Hauptkultur) bezogen auf die Gesamtfläche dieser Parzellen ergibt den flächengewichteten mittleren C-Faktor für das Ackerland des Betriebes eines bestimmten Jahres. Tabelle 2 zeigt exemplarisch eine solche Berechnung für einen Betrieb mit vier Ackerparzellen.

Tabelle 2: Berechnungsbeispiel für den flächengewichteten C-Faktor eines Betriebes.

Parzellennummer	Fläche (ha)	C-Faktor Parzelle	C-Faktor-Flächenanteil	flächengewichteter mittlerer C-Faktor Betrieb
1	1.5	0.100	0.150	
2	1.0	0.005	0.005	
3	2.0	0.200	0.400	
4	1.5	0.150	0.225	
Summe Betrieb	6.0		0.780	0.130

Bei Berücksichtigung aller Parzellen (auch Dauergrünland, Sonderkulturen, etc.) werden die C-Faktoranteile für alle Parzellen bezogen auf die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) des Betriebes berechnet und ergeben den flächengewichteten C-Faktor des Betriebes eines bestimmten Jahres. Konnte für eine oder mehrere Parzellen eines Betriebes mit Ackerkulturen wegen fehlerhafter Daten kein C-Faktor berechnet werden, wurden die betreffenden Parzellen von der Berechnung ausgeschlossen. Die berücksichtigte Gesamtfläche der LN des Betriebes wurde um die Flächengröße dieser Parzellen verringert.

3 Ergebnisse der Auswertungen des AUI-Datensatzes

3.1.1 Kulturkombinationen

Im AUI-Datensatz 2009-2019 gab bei insgesamt 33'078 Parzellen mit mindestens einer Ackerkultur 514 verschiedene Kulturkombinationen (Vorkultur-Hauptkultur). Die 30 am häufigsten vorkommenden Kulturkombinationen zeigt Tabelle 3. Sie machen zusammen 73 % aller Kulturkombinationen aus. Die beiden am häufigsten vorkommenden Kulturen Kunstwiese und Winterweizen (vgl. Tab. 14) prägen die Kulturkombinationen. Nur sieben der 30 häufigsten Kulturkombinationen enthalten weder Kunstwiese noch Winterweizen. Mehrjährige Kunstwiese ist mit Abstand (27 % aller Kombinationen) die häufigste Kulturkombination. 1677 Parzellen (5.1 %) enthielten jeweils nur eine Ackerkultur in der Kulturkombination sowie eine andere Kultur (meistens Dauerwiese, teilweise auch Weide, Reben, keine Angabe, etc.) und wurden in der Auswertung der Kulturkombinationen in Tabelle 3 nicht berücksichtigt.

Tabelle 3: Die 30 am häufigsten vorkommenden Ackerbau-Kulturkombinationen im AUI-Datensatz 2009-2019 (Vorkultur - Hauptkultur).

Kulturkombination	Anzahl Parzellen	Prozent aller Parzellen
Kunstwiese - Kunstwiese	8936	27.0
Silomais - Winterweizen	1358	4.1
Kunstwiese - Silomais	1156	3.5
Winterweizen - Wintergerste	1078	3.3
Winterweizen - Winterraps	1069	3.2
Winterweizen - Kunstwiese	994	3.0
Winterraps - Winterweizen	951	2.9
Wintergerste - Kunstwiese	888	2.7
Kunstwiese - Winterweizen	806	2.4
Zuckerrüben - Winterweizen	766	2.3
Winterweizen - Silomais	602	1.8
Winterweizen - Zuckerrüben	584	1.8
Bunt- und Rotationsbrachen - Bunt- und Rotationsbrachen	523	1.6
Winterweizen - Kartoffeln	519	1.6
Kartoffeln - Winterweizen	518	1.6
Körnermais - Winterweizen	406	1.2
Silomais - Silomais	374	1.1
Silomais - Kunstwiese	283	0.9
Kunstwiese - Kartoffeln	279	0.8
Winterweizen - Körnermais	233	0.7
Wintergerste - Silomais	229	0.7
Wintertriticale - Kunstwiese	229	0.7
Sonnenblumen - Winterweizen	201	0.6
Kunstwiese - Zuckerrüben	197	0.6
Wintergerste - Winterraps	189	0.6
Winterweizen - Wintertriticale	187	0.6

Kulturkombination	Anzahl Parzellen	Prozent aller Parzellen
Winterweizen - Freilandgemüse	185	0.6
Zuckerrüben - Kartoffeln	184	0.6
Silomais - Zuckerrüben	181	0.5
Winterraps - Wintergerste	174	0.5

Bei den oben aufgeführten Kulturkombinationen gibt es bezüglich der Berechnung der C-Faktoren jeweils sehr viele Varianten. Betrachtet man z. B. nur die Kulturkombination Winterweizen-Silomais ergeben sich theoretisch mindestens 216 Varianten mit verschiedenen C-Faktoren (Tal- oder Hügelsgebiet; Bodenbearbeitungsverfahren Pflug oder Mulchsaat oder Direktsaat für Vor- und/oder Hauptkultur; Zwischennutzung: Zwischenkultur abfrierend oder winterhart oder Stoppelbrache; Korrekturfaktor Blattfruchtanteil ja oder nein; Korrekturfaktor Kunstwiese in Fruchtfolge ja oder nein).

Für die 12'085 Parzellen mit Winterweizen von 2009-2019 wurden z. B. 1205 verschiedene C-Faktoren respektive Varianten berechnet (Kulturkombination, Tal- oder Hügelsgebiet, Bodenbearbeitung, Korrekturfaktoren, Vor- oder Hauptkultur, Zwischennutzung). 501 Varianten waren einzigartig, das heisst, 4.2 % der 12'085 Parzellen mit Winterweizen hatten einen C-Faktor, der nur einmal vorkam. 704 Varianten kamen mehrfach vor. Die mehrfach vorkommenden Varianten machten den Grossteil der Parzellen aus (11'584 Parzellen bzw. 95.9 %). Bei Silomais gab es bei den 6'217 Parzellen von 2009-2019 801 verschiedene Varianten mit verschiedenen C-Faktorwerten. 345 Varianten kamen nur einmal, 456 Varianten mehrfach vor.

3.1.2 Kulturabfolgen (Vorkultur – Zwischennutzung – Hauptkultur)

Die Häufigkeit der in Kapitel 2.10 beschriebenen acht verschiedenen Kulturabfolgen im AUI-Datensatz von 2009-2019 zeigt Tabelle 4. 28 % aller Parzellen hatten eine mehrjährige Kunstwiese und damit eine optimale Winterbegrünung mit sehr gutem Erosionsschutz und einem sehr geringen mittleren C-Faktor von 0.004 (Variante 8). Der grösste Teil der Parzellen (45 %) hatte eine Winter-Hauptkultur mit guter (z. B. Wintergerste, Winterraps) oder weniger guter (z. B. Winterweizen, Wintertriticale) Winterbegrünung, teilweise mit vorgängiger Stoppelbrache oder Herbstzwischenkultur (Varianten 1, 2, 7). 14 % aller Parzellen hatten eine winterharte oder abfrierende Zwischenkultur mit i.d.R. guter bis sehr guter Winterbegrünung (Variante 5). 4 % aller Parzellen hatten eine Stoppelbrache über den Winter (Variante 3), welche nur bedingt einen wirksamen Erosionsschutz liefert. Nur rund 5 % aller Parzellen hatten eine Schwarzbrache über den Winter und somit keine Bodenbedeckung bzw. ein sehr hohes Erosionsrisiko (Varianten 4 und 6). Die hohen mittleren C-Faktoren der Varianten 4 (0.236) und 6 (0.260) spiegeln das hohe Erosionsrisiko gut wider.

Da der Anbau von Zwischenkulturen als wichtige bzw. wirksame Erosionsschutzmassnahmen gilt, wurden die Kulturabfolgen mit Zwischenkulturen (Variante 5 aus Tabelle 4) detaillierter ausgewertet. 58 % aller Parzellen mit Zwischenkultur hatten eine überwinternde, 42 % eine abfrierende Zwischenkultur. Die häufigste Kombination war Winterweizen – überwinternde Zwischenkultur – Silomais, gefolgt von Winterweizen – abfrierende Zwischenkultur – Zuckerrüben (Tab. 5). Vor allem nach Winterweizen folgte eine Zwischenkultur, teilweise auch nach Wintergerste, Silomais und Winterraps. Gegenüber der Variante 3 mit Schwarzbrache über den Winter wurde der C-Faktor bei Kulturabfolgen mit Zwischenkultur im Mittel um 0.063 bzw. 27 % gesenkt (Tab. 4).

Tabelle 4: Kulturabfolgen des AUI-Datensatzes 2009-2019. Anzahl Parzellen, prozentualer Anteil an der Gesamtzahl und mittlere C-Faktoren für die acht ausgeschiedenen Varianten.

Variante	Kulturabfolge	Anzahl Parzellen	Prozent	Mittlerer C-Faktor
1	Vorkultur – Winter-Hauptkultur	13081	39.5	0.100
2	Vorkultur – Stoppelbrache – Winter-Hauptkultur	1414	4.3	0.061
3	Vorkultur – Stoppelbrache über Winter – Sommer-Hauptkultur	1352	4.1	0.107
4	Vorkultur – Schwarzbrache – Sommer-Hauptkultur	895	2.7	0.236

Variante	Kulturabfolge	Anzahl Parzellen	Prozent	Mittlerer C-Faktor
5	Vorkultur – Zwischenkultur – Sommer-Hauptkultur	4774	14.4	0.173
6	Vorkultur – Herbstzwischenkultur – Schwarzbrache – Sommer-Hauptkultur	702	2.1	0.260
7	Vorkultur – Herbstzwischenkultur – Winter-Hauptkultur	455	1.4	0.105
8	Vorkultur Kunstwiese – Hauptkultur Kunstwiese	9121*	27.6	0.004
9	Vor- oder Hauptkultur keine Ackerkultur	1284	3.9	0.160

*Die Abweichung von +185 Parzellen zu Tabelle 3 resultiert daraus, dass bei dieser Auswertung Fälle mit Angaben von Kunstwiese als Vorkultur und Naturwiese als Hauptkultur mitgezählt wurden.

Tabelle 5: Die 20 häufigsten Kulturabfolgen des AUI-Datensatzes 2009-2019 mit Zwischenkulturen (Variante 5 aus Tab. 4). Anzahl Parzellen mit überwinternder oder abfrierender Zwischenkultur.

Kulturabfolge	Anzahl Parzellen
Winterweizen - Zwischenkultur_überwinternd - Silomais	359
Winterweizen - Zwischenkultur_abfrierend - Zuckerrüben	313
Winterweizen - Zwischenkultur_abfrierend - Kartoffeln	206
Winterweizen - Zwischenkultur_abfrierend - Silomais	170
Winterweizen - Zwischenkultur_überwinternd - Zuckerrüben	152
Wintergerste - Zwischenkultur_überwinternd - Silomais	131
Winterweizen - Zwischenkultur_überwinternd - Körnermais	102
Silomais - Zwischenkultur_überwinternd - Silomais	97
Winterweizen - Zwischenkultur_überwinternd - Kartoffeln	96
Winterweizen - Zwischenkultur_abfrierend - Körnermais	87
Wintergerste - Zwischenkultur_abfrierend - Silomais	78
Winterweizen - Zwischenkultur_abfrierend - Sonnenblumen	71
Wintergerste - Zwischenkultur_abfrierend - Zuckerrüben	66
Winterweizen - Zwischenkultur_abfrierend - Freilandgemüse	61
Winterraps - Zwischenkultur_überwinternd - Silomais	59
Winterweizen - Zwischenkultur_überwinternd - Freilandgemüse	58
Wintergerste - Zwischenkultur_abfrierend - Körnermais	55
Winterweizen - Zwischenkultur_abfrierend - Sommereiwisserbsen	55
Winterweizen - Zwischenkultur_überwinternd - Sonnenblumen	55

3.1.3 Einfluss der Korrekturfaktoren

352 Betriebe bzw. 14 % aller Betriebe (2009-2019) hatten einen Blattfruchtanteil >50 % in der Fruchtfolge. Bei diesen Betrieben erfolgte eine Erhöhung des C-Faktors gegenüber den Standardwerten bei allen Ackerkulturen bzw. Parzellen des Betriebes im jeweiligen Jahr (s. Kap. 2.9.1 und Tab. A10). Entsprechend hatten von den insgesamt 33'078 Parzellen (2009-2019) 4639 Parzellen bzw. 14 % aller Parzellen den Korrekturfaktor Blattfruchtanteil >50 % in der Fruchtfolge.

Bei 859 Betrieben bzw. 35 % aller Betriebe (2009-2019) gab es mindestens eine Parzelle mit Winterweizen oder Raps nach Wurzelfrucht in der Fruchtfolge. Insgesamt 1673 Parzellen bzw. 5 % aller Parzellen (2009-2019) erhielten den entsprechenden Korrekturfaktor und damit ebenfalls eine Erhöhung des C-Faktors (s. Kap. 2.9.2 und Tab. A11).

Mindestens eine Parzelle mit Kunstwiese als Vorkultur hatten 1665 Betriebe bzw. 68 % aller Betriebe (2009-2019). Bei 3558 Parzellen bzw. 11 % aller Parzellen (2009-2019) war Kunstwiese Vorkultur und es folgte eine Ackerhauptkultur (ohne Kunstwiese), bei welcher der Korrekturfaktor angewendet wurde, was zu einer Abnahme des C-Faktors der Folgekultur (ausser bei Kunstwiese-Kunstwiese) führt (s. Kap. 2.9.3 und Tab. A12).

Die Korrekturfaktoren können auch in einzelnen Fällen gemeinsam vorkommen. 483 Parzellen bzw. 1.5 % aller Fälle hatten eine doppelte Erhöhung des C-Faktors, 353 Parzellen bzw. 1.1 % aller Fälle sowohl eine Erhöhung als auch eine Verringerung des C-Faktors. Das gemeinsame Vorkommen aller drei Korrekturfaktoren ist nicht möglich. Insgesamt erfolgte also bei 18 % aller Parzellen eine Erhöhung des C-Faktors und bei 11 % aller Parzellen eine Verringerung.

3.1.4 C-Faktoren

Die Ergebnisse der C-Faktorberechnungen der durchschnittlich 290 Betriebe werden jährlich im Anhang des Agrarberichts des BLW publiziert (BLW, 2022a; <https://apps.agroscope.info/sp/za-ai/2/app/datenreihe?lang=D>). Dargestellt sind dort der Median, der Mittelwert und die Standardabweichung der C-Faktoren aller Betriebe, bezogen einerseits auf die gesamte LN des Betriebes und andererseits nur für die Ackerfläche des Betriebes. Weiterhin sind die Daten aufgeschlüsselt für das Tal-, Hügel- und Berggebiet sowie für vier verschiedene Betriebstypen (Spezialkulturen, Tierhaltung, Ackerbau, Kombiniert).

Die Daten von 2009 bis 2016 wurden von Prasuhn & Blaser (2018) detailliert ausgewertet. Wir haben keine grossen Änderungen bei den Daten von 2017 bis 2019 festgestellt, entsprechend gelten die Erkenntnisse von Prasuhn & Blaser (2018) für den gesamten Datensatz (Tab. 6).

- Der mittlere C-Faktor 2009-2019 aller Betriebe bezogen auf die LN ist mit 0.046 sehr gering. Viele Betriebe haben einen hohen Anteil an Dauergrünland mit sehr niedrigen C-Faktoren.
- Der mittlere C-Faktor 2009-2019 aller Ackerkulturen der durchschnittlich 223 Betriebe mit Ackerkulturen bezogen auf die Ackerfläche ist mit 0.083 zwar deutlich höher, aber trotzdem noch relativ niedrig. Viele Betriebe haben einen hohen Anteil an Kunstwiesen in der Fruchtfolge mit sehr niedrigem C-Faktor.
- Der Mittelwert der C-Faktoren aller Betriebe und Parzellen ist grösser als der Medianwert. Die C-Faktorwerte sind nicht normalverteilt, sondern rechts-schief. Es gibt viele Werte mit hohen C-Faktoren, welche den Mittelwert beeinflussen. Die hohen Werte werden vor allem durch die Korrekturfaktoren bestimmt.
- Der flächengewichtete mittlere C-Faktor aller Ackerparzellen der Jahre 2009-2019 ist mit 0.093 deutlich höher als der Mittelwert der Betriebe (0.083). Die Anzahl kombinierter Betriebe und Tierhaltungsbetriebe mit relativ niedrigen C-Faktoren ist gegenüber den Ackerbaubetrieben und Betrieben mit Spezialkulturen mit relativ hohen C-Faktoren und grossen Ackerflächenanteilen deutlich höher.
- Der flächengewichtete mittlere C-Faktor der durchschnittlich gut 3000 Ackerparzellen der Jahre 2009-2019 ist mit 0.093 nur geringfügig höher als der Mittelwert der Parzellen (0.091).
- Die höchsten C-Faktoren und damit das grösste bewirtschaftungsbedingte Erosionsrisiko zeigen die Ackerbaubetriebe und die Betriebe mit Spezialkulturen.
- Ein Trend bei der zeitlichen Entwicklung der C-Faktoren zwischen 2009 und 2019 ist weder bei Betrachtung aller Betriebe noch bei einem der Betriebstypen erkennbar.
- Die mittleren C-Faktoren der Ackerflächen sind im Hügelgebiet deutlich geringer als im Talgebiet und auf mittleren und stark geneigten Ackerparzellen auch deutlich geringer als in der Ebene. Dies deutet auf eine überwiegend standortangepasste Nutzung hin.

Tabelle 6: Auswertungen der C-Faktoren auf Betriebs- und Parzellenebene für die Jahre 2009 bis 2019.

Jahr	Anzahl AUI-Betriebe total	mittlerer C-Faktor Betrieb bezogen auf LN	Anzahl AUI-Betriebe mit Ackerfläche	mittlerer C-Faktor Betrieb bezogen auf Ackerfläche	Anzahl Ackerparzellen	Fläche Ackerland (ha)	Mittelwert C-Faktor Ackerland	Flächengewichteter C-Faktor Ackerland
2009	309	0.048	245	0.087	3042	4083	0.102	0.096
2010	307	0.047	238	0.084	3014	3926	0.099	0.097
2011	297	0.044	223	0.083	2846	3723	0.090	0.091
2012	279	0.045	216	0.081	2734	3673	0.088	0.091
2013	264	0.042	201	0.078	2484	3350	0.085	0.089
2014	254	0.043	188	0.081	2512	3302	0.086	0.089
2015	270	0.043	204	0.080	2801	3714	0.087	0.090
2016	292	0.049	224	0.088	3345	4670	0.093	0.097
2017	291	0.048	224	0.086	3276	4629	0.095	0.095
2018	306	0.047	238	0.084	3435	4984	0.089	0.094
2019	316	0.048	252	0.082	3589	5310	0.090	0.092
Durchschnitt	290	0.046	223	0.083	3007	4124	0.091	0.093
Summe	3185		2453		33'078	45'365		

4 Kulturspezifische C-Faktoren

4.1 Berechnungsgrundlagen

Die Referenzperiode der Berechnung der C-Faktoren ist immer vom 01.07. des Vorjahres bis zum 30.06. des Erfassungsjahres und umfasst somit eine Teilperiode der Vorkultur, eine allfällige Zwischenkultur oder Winterbrache und eine Teilperiode der Hauptkultur (Kap. 2.6). Folgender Datensatz wurde für die Berechnung der kulturspezifischen C-Faktoren verwendet: Bei allen Parzellen, bei denen eine bestimmte Ackerkultur Vorkultur war, wurde der berechnete C-Faktorwert für 365 Tage für diese Vorkultur verwendet. Zusätzlich wurde für alle Parzellen, bei denen diese Ackerkultur Hauptkultur war, der C-Faktorwert über 365 Tage für diese Hauptkultur verwendet. Verrechnet man beide Werte, wird die Kultur quasi über zwei Jahre der Fruchtfolge abgebildet. Daraus ergibt sich ein Datensatz von 64'244 Parzellen mit 88'901 ha Fläche für alle weiteren Auswertungen für die Zeitspanne 2009-2019. Dieser Datensatz ist damit fast doppelt so gross wie der eigentliche AUI-Datensatz (= 33'078 Parzellen bzw. 45'365 ha Fläche), da die meisten Parzellen doppelt – einmal als Vorkultur und einmal als Hauptkultur – in die Berechnungen eingehen. Dies erhöht die Datenanzahl deutlich und liefert robustere Werte für die statistische Auswertung und deckt die Kulturabfolge vollständig ab.

Die verschiedenen Kulturarten aus dem AUI-Datensatz wurden zunächst aggregiert, indem ähnliche Kulturen zusammengefasst wurden. Die Kulturarten wurden damit auch dem Datensatz des Bundesamtes für Statistik (BFS) angeglichen (BFS, 2020). Sie wurden zwar separat berechnet, sofern entsprechende Daten (Kulturkalender, RBA etc.) vorlagen, aber für die Auswertungen zusammengefasst. So wurden z. B. Zuckerrüben und Futterrüben als Zuckerrüben, Körnermais, Feuchtkörnermais, CCM und Lieschkolbenschrot als Körnermais und Speise-, Industrie-, Futter-, Früh- und Saatkartoffeln als Kartoffeln zusammengefasst (Details siehe Tabelle A15 im Anhang). Anschliessend wurden die 20 am häufigsten vorkommenden Kulturen bzw. aggregierten Kulturgruppen für die weiteren Auswertungen verwendet und die anderen Kulturen als «restliche Kulturen» zusammengefasst. Auch hier wurden die «restlichen Kulturen» separat berechnet – soweit möglich – aber die Ergebnisse (flächengewichtet) zusammengefasst.

Die berechneten kulturspezifischen C-Faktoren gelten streng genommen nur für die den Eingangsdaten entsprechenden Zeitraum zwischen 2009 und 2019. Sie können nur bedingt für Szenarien-Berechnungen in die ferne Zukunft genutzt werden. Sollten sich aufgrund klimatischer Veränderungen eine Verschiebung saisonaler Erosivitätswerte ergeben oder sich die Saat und Erntetermine sowie die dazwischenliegenden Termine zu den Bodenbedeckungsphasen (Kulturkalender) verändern, müssten die entsprechenden Tabellen angepasst werden und Neuberechnungen durchgeführt werden. Das Gleiche gilt, wenn durch Züchtung neue Sorten mit veränderten Saat- und Ernteterminen oder Bodenbedeckungsgraden eingeführt würden. Auch neue Bodenbearbeitungsverfahren wie z. B. der Querdammhäufel im Kartoffelanbau müssten berücksichtigt werden, sowie Änderungen bei den Kulturabfolgen oder die Einführung neuer, bisher in der Schweiz nicht kultivierter Arten müssten berücksichtigt werden.

4.1.1 Angebaute Kulturen

Um die Repräsentativität des AUI-Datensatzes hinsichtlich der Ackerkulturen zu beurteilen, wurde der mittlere Flächenanteil der einzelnen Kulturen der Jahre 2009-2019 des AUI-Datensatzes mit dem mittleren Flächenanteil der entsprechenden Kulturen aus der Betriebsstrukturhaupterhebung der Jahre 2009 bis 2019 der Schweiz des BFS (BFS, 2009-2019) verglichen (Tab. 7). In diesem Datensatz des BFS wird nicht zwischen Winter- und Sommeranbau bei Getreide, Raps und Eiweisserbsen unterschieden; dies ist beim Vergleich zu berücksichtigen.

Die 20 am häufigsten vorkommenden Kulturen umfassen im AUI-Datensatz 63'805 der total 64'244 Parzellen mit Ackerkulturen bzw. 88'208 ha der total 89'901 ha (Vor- und/oder Hauptkultur) und decken somit 99.3 % aller Parzellen bzw. 99.2 % aller Ackerflächen ab. Auch im BFS-Datensatz umfassen diese 20 Kulturen 99.1 % der gesamten Anbaufläche aller Kulturen der Schweiz. Entsprechend konzentrieren sich die weiteren Auswertungen (z. B. mittlere C-Faktoren in Abb. 2) auf diese 20 Kulturen. Der Vergleich des AUI-Datensatzes mit den Flächenangaben vom BFS für die Periode 2009-2019 zeigt, dass die beiden häufigsten Kulturen (Kunstwiese und Winterweizen) im AUI-Daten-

satz in einer ähnlichen Grössenordnung vorliegen wie in der Schweiz. Silo- und Körnermais, Freilandgemüse, Triticale und Soja sind im AUI-Datensatz untervertreten, Raps, Kartoffeln, Buntbrachen, Dinkel, Sonnenblumen und Eiweisserbsen sind dagegen übervertreten. Besonders das Freilandgemüse kommt im AUI-Datensatz deutlich seltener vor. Wegen der hohen C-Faktoren von Freilandgemüse könnte dies einen leichten Einfluss auf die Repräsentativität hinsichtlich der C-Faktoren haben. Insgesamt beurteilen wir aber die Repräsentativität des AUI-Datensatzes für die Kulturartenverteilung als gut.

Tabelle 7: Vergleich der jahresgemittelten Flächenanteile der 20 häufigsten Kulturen der Jahre 2009 bis 2019 des AUI-Datensatzes (Hauptkulturen) mit dem mittleren Flächenanteil der entsprechenden Kulturen aus der Betriebsstrukturhaupterhebung der Jahre 2009 bis 2019 der Schweiz des BFS. Nach Häufigkeit im AUI-Datensatz sortiert. Zellschrift grün = deutlich geringerer Anteil im AUI-Datensatz, Zellschrift rot = deutlich höherer Anteil im AUI-Datensatz.

AUI-Datensatz 2009-2019 Mittelwert					BFS 2009-2019 Mittelwert			
Kultur	Anzahl Parzellen	(%)	Fläche (ha)	(%)	Kultur	Fläche (ha)	(%)	Abweichung
Kunstwiese	2'210	37.8	2'595	32.1	Kunstwiese	128'450	32.0	101
Winterweizen, Futterweizen	1'099	18.8	1'820	22.5	Winter-, Sommerweizen, diverse andere Getreide	84'930	21.2	108*
Silomais	565	9.7	809	10.0	Silomais	46'706	11.7	86
Wintergerste	337	5.8	517	6.4	Winter-, Sommergerste	28'317	7.1	96*
Winterraps	288	4.9	527	6.5	Winter-, Sommerraps	22'119	5.5	118
Zucker-, Futterrüben	255	4.4	433	5.4	Zucker-, Futterrüben	19'890	5.0	107
Kartoffeln	231	3.9	301	3.7	Kartoffeln	11'077	2.8	134
Körnermais	143	2.4	213	2.6	Körnermais	15'913	4.0	66
Bunt-, Rotationsbrache	131	2.2	71	0.9	Bunt-, Rotationsbrache	2'652	0.7	133
Freilandgemüse	107	1.8	95	1.2	Freilandgemüse	10'686	2.7	46
Wintertriticale	107	1.8	147	1.8	Winter-, Sommertriticale	8'813	2.2	83
Dinkel (Winterkorn)	84	1.4	116	1.4	Dinkel (Winterkorn)	4'237	1.1	135
Sonnenblumen	60	1.0	109	1.3	Sonnenblumen	4'364	1.1	123
Sommereiweiss-erb- sen	45	0.8	72	0.9	Winter-, Sommereiweiss- erb- sen	3'819	1.0	134*
Sommerweizen	28	0.5	36	0.4				
Winterroggen	26	0.5	39	0.5	Winterroggen	1'985	0.5	96
Sommerhafer	26	0.4	34	0.4	Winter-, Sommerhafer	1'698	0.4	98
Sommergerste	23	0.4	33	0.4				
Wintereiweiss-erb- sen	23	0.4	31	0.4				
Soja	12	0.2	22	0.3	Soja	1'455	0.4	75
restliche Kulturen	40	0.7	63	0.8	restliche Kulturen	3'759	0.9	82
Summe	5'840	100	8'082	100	Summe	400'872	100	100

* bei Spalte Abweichung: Sommerweizen, Sommergerste, Sommereiweisserbsen vom AUI-Datensatz wurde zu den jeweiligen Wintervarianten addiert.

4.1.2 Dauer der Vegetationsperiode

Die Dauer der Vegetationsperiode wurde aus den Saat- und Ernteterminen der Kulturkalender ermittelt (Tab. A2 und A3 im Anhang). Es handelt sich dabei um fixe Termine, nicht um die realen Termine der einzelnen Kulturen und Jahre (s. Kap. 2.6). Die Termine wurden für das Tal- und Hügellgebiet separat erfasst. 76 % der Ackerflächen lagen im Talgebiet, 24 % im Hügellgebiet. Die Dauer der Vegetationsperiode ist bei den Winterkulturen im Mittel deutlich länger als bei den Sommerkulturen. Bei den Winterkulturen ist sie bei Winterraps im Talgebiet mit 325 Tagen am längsten, bei Wintereiweisserbsen mit 273 am geringsten (Tab. 8). Bei den Sommerkulturen ist sie mit 214 Tagen bei Zuckerrüben im Talgebiet am längsten, mit 120 Tagen bei Sommergerste am kürzesten. Bei Gemüse (Zusammenfassung aller Gemüsearten) gibt es keine fixen Saat- und Erntetermine (s. Kap. 2.1). Kunstwiese und Buntgrün können entweder frisch angesät worden sein, oder sie stehen das ganze Jahr über auf dem Feld.

Im Hügellgebiet ist die Vegetationsperiode bei den Winterkulturen etwas länger. Es wird früher gesät und später geerntet. Bei den Sommerkulturen ist sie dagegen oft etwas kürzer, da häufig etwas später gesät wird (Tab. 8). Neben der Länge der Vegetationsperiode ist das Zusammenspiel zwischen Bodenbedeckung und Erosivität der jeweiligen Niederschläge wichtig (siehe Kap. 2.7). Auch bei gleich langer Vegetationsperiode können sich aufgrund von unterschiedlichem Saat- und Erntezeitpunkt und unterschiedlicher Erosivität der Niederschläge zwischen Tal- und Hügellgebiet Unterschiede bei den C-Faktoren ergeben.

Bei den Winterkulturen wird also der C-Faktor stark von der jeweiligen Kultur bestimmt (im Mittel 295 Tage) und weniger von der Zwischennutzung (im Mittel 70 Tage), während bei den Sommerkulturen der C-Faktor im Mittel nur 155 Tage von der Sommerkultur selbst bestimmt wird und 210 Tage von der Zwischennutzung oder einer anderen Hauptkultur. Deshalb macht es keinen Sinn, kulturspezifische C-Faktoren nur für die Vegetationsperiode einer Kultur zu berechnen und zu vergleichen. Der Jahres-C-Faktor wurde immer über 365 Tage vom 01.07. des Vorjahres bis zum 30.06. des Folgejahres berechnet. Das bedeutet aber auch, dass bei vielen Kulturen die Vegetationsperiode in einem Jahr nicht vollständig abgebildet wird. Deshalb wurde bei der Auswertung der kulturspezifischen C-Faktoren immer der C-Faktor jeder Kultur bestimmt, wenn er zum einen Vorkultur war und wenn er zum anderen eine Hauptkultur war (s. Kap. 3.1).

Tabelle 8: Vergleich der Dauer der Vegetationsperiode der 20 häufigsten Kulturen für das Tal- und Hügellgebiet.

Kultur	Talgebiet			Hügellgebiet			Differenz Tage
	Datum Saat	Datum Ernte	Dauer Vegetationsperiode (Tage)	Datum Saat	Datum Ernte	Dauer Vegetationsperiode (Tage)	
Winterweizen Standard	14.10.	29.07.	290	12.10.	31.7.	294	-4
Wintergerste	26.09.	06.07.	285	23.09.	12.07.	294	-9
Wintertriticale	04.10.	29.07.	300	04.10.	04.08.	306	-6
Dinkel (Winterkorn)	17.10.	27.07.	285	06.10.	28.07.	297	-12
Winterroggen	25.09.	26.07.	306	23.09.	29.07.	311	-5
Winterraps	28.08.	17.07.	325	28.08.	21.07.	329	-4
Wintereiweisserbsen	15.10.	13.07.	273	12.10.	15.07.	278	-5
Sommerweizen	15.03.	01.08.	140	23.03.	14.08.	145	-5
Sommergerste	19.03.	16.07.	120	19.04.	15.08.	119	1
Sommerhafer	19.03.	10.08.	145	13.03.	30.07.	140	5
Sommereiweisserbsen	14.03.	20.07.	129	14.03.	20.07.	129	0
Silomais	09.05.	28.09.	143	11.05.	28.09.	141	2
Körnermais	27.04.	17.10.	174	27.04.	13.10.	170	4
Sonnenblumen	10.04.	25.09.	169	13.04.	28.09.	169	0
Zuckerrüben	21.03.	20.10.	214	18.03.	15.10.	212	2
Soja	24.04.	01.10.	161	24.04.	01.10.	161	0

Kultur	Talgebiet			Hügelgebiet			Differenz
	Datum Saat	Datum Ernte	Dauer Vegetationsperiode (Tage)	Datum Saat	Datum Ernte	Dauer Vegetationsperiode (Tage)	Tage
Speisekartoffeln	13.04.	11.09.	150	17.04.	01.09.	138	12
Gemüse	-	-	-	-	-	-	-
Bunt-, Rotationsbrache	-	-	-	-	-	-	-
Kunstwiese	-	-	-	-	-	-	-

4.1.3 Bodenbearbeitungsverfahren

Um den AUI-Datensatz auch hinsichtlich der verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren auf Repräsentativität zu prüfen, wurden Angaben zur bodenschonenden Bearbeitung in der Schweiz aus den Agrarberichten des BLW (BLW, 2022a) herangezogen. Im Jahr 2014 hat das Ressourceneffizienzprogramm «bodenschonende Bearbeitung» nach LwG Art. 77a b im Verlauf des Jahres gestartet. Bei der bodenschonenden Bearbeitung werden dabei folgende Verfahren unterschieden: Mulchsaat und Direktsaat/Streifensaats/Streifenfrässaat. Alle Verfahren zusammen werden nachfolgend als konservierende Bodenbearbeitung bezeichnet. Die Mulchsaat konnte nicht wie im AUI-Datensatz in Flächen mit >30 % Mulchbedeckung und <30 % Mulchbedeckung unterschieden werden. Für den Vergleich des AUI-Datensatzes mit den BLW-Daten und für die Berechnung der schweizweiten C-Faktoren wurde daher die beiden Mulchvarianten aus dem AUI-Datensatz zu Mulchsaat zusammengefasst.

Tabelle 9: Flächen mit Beiträgen für bodenschonende Bearbeitungsverfahren der Ackerkulturen der Schweiz. Quelle: Agrarberichte 2015 bis 2021, BLW.

Jahr	Mulchsaat			Direkt-/Streifen-/Streifenfrässaat		
	Fläche	Prozent von konservierend	Prozent von Ackerfläche	Fläche	Prozent von konservierend	Prozent von Ackerfläche
	ha	%	%	ha	%	%
2014	9'719	51.7	2.4	9'079	48.3	2.3
2015	34'060	67.5	8.6	16'433	32.5	4.1
2016	45'001	69.4	11.3	19'872	30.6	5.0
2017	50'643	71.5	12.7	20'225	28.5	5.1
2018	56'182	72.9	14.1	20'858	27.1	5.2
2019	61'153	74.6	15.3	20'780	25.4	5.2
2020	60'086	74.2	15.0	20'861	25.8	5.2
Mittel 2015-2020	51'188	72.1	12.8	19'838	27.9	5.0

Tabelle 10: Flächen mit Beiträgen für bodenschonende Bearbeitungsverfahren der Ackerkulturen der Schweiz, aufgliedert in Tal- und Hügelland. Quelle: Agrarberichte 2015 bis 2021, BLW.

Jahr	Talgebiet				Hügelland			
	Mulchsaat	Direkt-Streifen-Streifenfrässaat	Summe konservierend		Mulchsaat	Direkt-Streifen-Streifenfrässaat	Summe konservierend	
	ha	ha	ha	% von total konservierend	ha	ha	ha	% von total konservierend
2014	8'842	7'159	16'001	85	877	1'920	2'797	15
2015	30'273	12'654	42'927	85	3'787	3'779	7'566	15
2016	40'287	14'980	55'267	85	4'714	4'893	9'607	15
2017	45'340	15'322	60'662	86	5'303	4'903	10'206	14
2018	50'603	15'629	66'232	86	5'579	5'229	10'808	14
2019	55'162	15'567	70'729	86	5'991	5'213	11'204	14
2020	53'731	15'636	69'367	86	6'355	5'226	11'581	14
Mittel 2015-2020	45'899	14'965	60'864	86	5'288	4'874	10'162	14

Im Mittel der Jahre 2015 bis 2020 wurden knapp 18 % der Ackerfläche mit konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren bewirtschaftet (Tab. 9). Dabei erfolgte ein kontinuierlicher Anstieg von 12.7 % im Jahr 2015 auf 20.2 % im Jahr 2020. Die Beteiligung war 2014 noch relativ gering und umfasste nicht das ganze Jahr. 2014 wurde deshalb nicht für die Mittelwertbildung berücksichtigt. 72 % der konservierend bearbeiteten Ackerflächen wurden im Mittel der Jahre mit Mulchsaat, 28 % mit Direktsaat/Streifensaat/Streifenfrässaat bearbeitet.

86 % der konservierend bearbeiteten Ackerflächen lagen im Mittel im Talgebiet, 14 % im Hügelland (Tab. 10). Im Talgebiet wurden 75 % der konservierend bearbeiteten Ackerflächen mit Mulchsaat, im Hügelland dagegen nur 52 % mit Mulchsaat bearbeitet. Entsprechend ist der Anteil Direktsaat/Streifensaat/Streifenfrässaat im Hügelland deutlich höher als im Talgebiet.

Im AUI-Datensatz (Tab. 11) kommt die Direktsaat mit 4.3 % der Ackerfläche etwas weniger vor als im schweizweiten Datensatz (5.0 %). Mulchsaat ist dagegen mit 17.1 % der Ackerfläche höher als im schweizweiten Datensatz (12.8 %). Insgesamt sind im AUI-Datensatz mit 21 % aller Ackerflächen etwas mehr Flächen konservierend bearbeitet als im schweizweiten Datensatz (18 %). 80 % der konservierend bearbeiteten Fläche wurden mit Mulchsaat, 20 % mit Direktsaat bearbeitet. Von den durchschnittlich 1725 ha mit konservierender Bodenbearbeitung stammten 78 % aus dem Talgebiet und 22 % aus dem Hügelland. Im Talgebiet ist der Anteil konservierender Bodenbearbeitungsverfahren im AUI-Datensatz mit im Durchschnitt 1346 ha bzw. 22 % aller Ackerflächen im Talgebiet etwas höher als im Hügelland (379 ha bzw. 19 %) (Tab. 12).

Zu berücksichtigen bei diesem Vergleich ist, dass der AUI-Datensatz über die Periode 2009-2019 geht, während der schweizweite Datensatz die Jahre 2015-2020 umfasst. Erstaunlich ist, dass schon vor 2014 (ohne Bundesbeiträge) der Anteil an konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren im AUI-Datensatz recht hoch war. Es gibt aber auch gewisse Unsicherheiten bei der Zuordnung der Bodenbearbeitungsverfahren im AUI-Datensatz, da Mulchsaat nicht explizit in AGRO-TECH abgefragt wurde (s. Kap. 2.5). Andererseits zeigen die Daten von Swiss NO-TILL (<http://no-till.ch>), dass es auch schon vor Einführung der Bundesbeiträge zahlreiche Direktsaatflächen in der Schweiz gab (2000 rund 8000 ha, 2012 rund 17'000 ha). Für Mulchsaatverfahren fehlen entsprechende Angaben. Die mittlere Flächengröße der konservierend bearbeiteten Parzellen ist mit 1.5 ha deutlich grösser als diejenige mit Pflugbearbeitung (1.3 ha). Dies könnte an der Kulturwahl liegen oder aber auch daran, dass konservierende Bodenbearbeitung häufig von Lohnunternehmern durchgeführt werden. Weiterhin sind grössere Betriebe im AUI-Datensatz überrepräsentiert (Gilgen et al., 2023).

Tabelle 11: Bodenbearbeitungsverfahren 2009 bis 2019 aus dem AUI-Datensatz.

Jahr	Mulchsaat			Direkt-/Streifen-/Streifenfrässaat		
	Fläche	Prozent von konservierend	Prozent von Ackerfläche	Fläche	Prozent von konservierend	Prozent von Ackerfläche
	ha	%	%	ha	%	%
2009	681	75.4	8.7	222	24.6	2.8
2010	969	73.0	12.6	359	27.0	4.7
2011	1017	72.1	14.0	393	27.9	5.4
2012	1073	78.3	15.0	297	21.7	4.1
2013	1140	85.0	17.5	201	15.0	3.1
2014	1097	80.5	17.0	266	19.5	4.1
2015	1284	78.6	17.6	350	21.4	4.8
2016	1748	81.4	19.0	400	18.6	4.4
2017	1910	84.1	20.9	361	15.9	4.0
2018	1973	81.7	20.1	441	18.3	4.5
2019	2291	81.8	21.9	509	18.2	4.9
Mittel 2009-2019	1380	80.0	17.1	345	20.0	4.3

Tabelle 12: Bodenbearbeitungsverfahren 2009 bis 2019 aus dem AUI-Datensatz für das Tal- und Hügellgebiet.

Jahr	Talgebiet				Hügellgebiet			
	Mulchsaat	Direkt-Streifen-Streifenfrässaat	Summe konservierend		Mulchsaat	Direkt-Streifen-Streifenfrässaat	Summe konservierend	
	ha	ha	ha	% von total konservierend	ha	ha	ha	% von total konservierend
2009	479	192	671	74.4	202	29	231	25.6
2010	701	291	991	74.6	269	68	337	25.4
2011	722	303	1025	72.7	296	90	386	27.3
2012	774	227	1001	73.0	299	70	369	27.0
2013	846	159	1004	74.9	294	42	336	25.1
2014	806	211	1017	74.7	290	55	345	25.3
2015	937	290	1227	75.1	348	59	407	24.9
2016	1414	355	1769	82.4	334	45	379	17.6
2017	1542	327	1870	82.3	368	34	402	17.7
2018	1554	375	1929	79.9	419	66	485	20.1
2019	1849	457	2307	82.4	442	52	494	17.6
Mittel 2009-2019	1057	290	1346	78.0	324	55	379	22.0

Bezüglich der Kulturen haben Winterweizen, Kunstwiese, Silomais, Winterraps und Wintergerste die grössten Flächen mit konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren im AUI-Datensatz von 2009-2019 (Tab. 13). Winterweizen und Kunstwiese machen zusammen 55 % der gesamten Anbaufläche mit konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren aus. Über 30 % der jeweiligen Anbaufläche werden bei Winterraps, Winterroggen und Wintererbsen mit konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren angebaut, während bei Kartoffeln, Freilandgemüse und Bunt- und Rotationsbrachen der Anteil bei <10 % liegt.

Tabelle 13: Die 20 häufigsten (aggregierten) Ackerkulturen (zur Aggregation s. Tab. A15) mit konservierender Bodenbearbeitung und deren Anteil an der jeweiligen Anbaufläche (Mittelwerte 2009-2019).

Kultur	Konservierend (ha)	% der jeweiligen Anbaufläche
Winterweizen	503	27.6
Kunstwiese	452	17.4
Silomais	161	20.0
Winterraps	161	30.5
Wintergerste	125	24.2
Zuckerrüben	80	18.5
Körnermais	45	21.3
Wintertriticale	42	28.6
Dinkel (Winterkorn)	29	24.9
Sonnenblumen	23	21.3
Kartoffeln	16	5.3
Winterroggen	15	39.2
Sommereiweisserbsen	14	19.8
Wintereiweisserbsen	11	34.8
Sommerweizen	9	24.7
Sommerhafer	8	25.0
Freilandgemüse	8	7.9
Bunt- und Rotationsbrachen	6	8.0
Sommergerste	4	11.8
Soja	3	14.4
restliche Kulturen	11	18.7
Mittel 2009-2019	1726	21.4

4.1.4 Kulturspezifische C-Faktorwerte

Für die 20 häufigsten (aggregierten) Ackerkulturen (zur Aggregation s. Tab. A15) wurden die mittleren berechneten C-Faktoren des AUI-Datensatzes von 2009-2019 in Tabelle 14 und Abbildung 2 dargestellt. Freilandgemüse zeigt den höchsten mittleren C-Faktor mit 0.357, gefolgt von Kartoffeln (0.246), Körnermais (0.184), Soja (0.177), Sonnenblumen (0.166) und Zuckerrüben (0.156). Die niedrigsten mittleren C-Faktoren zeigen Kulturabfolgen mit Kunstwiese (0.024), gefolgt von Bunt- und Rotationsbrachen (0.061), Winterraps (0.069), Winterroggen (0.080, Wintertriticale (0.082) und Wintereiweisserbsen (0.087). Die Daten haben eine sehr grosse Streuung, wie das Boxplot-Diagramm in Abbildung 2 zeigt. Die hohen Ausreisser nach oben bei einzelnen C-Faktorwerten resultieren aus einer

Kombination von ungünstiger Kulturabfolge, Bodenbearbeitungsverfahren Pflug, keiner Winterbegrünung und bei gleichzeitiger Erhöhung des C-Faktors durch ein oder zwei der Korrekturfaktoren (s. Kap. 2.9). Die Mittelwerte der C-Faktoren der einzelnen Kulturen liegen immer über den Medianwerten (Abb. 2). Der aus diesem Datensatz berechnete mittlere flächengewichtete C-Faktor beträgt 0.095 (Tab. 14).

Winterweizen trägt zu 27 % am stärksten zum gesamten C-Faktoranteil aller Kulturen des AUI-Datensatzes bei. Weiterhin hohe C-Faktoranteile erreichen Silomais (16 %), Kartoffeln (10 %) und Zuckerrüben (9 %) (Tab. 14).

Tabelle 14: Mittlere C-Faktoren der Jahre 2009-2019 und C-Faktoranteile der 20 häufigsten Ackerkulturen der Schweiz, berechnet aus dem AUI-Datensatz.

Aggregierte Kultur	Anzahl Parzellen	mittlerer C-Faktor	Summe Parzellenfläche (ha)	Mittlere Parzellengrösse	C-Faktoranteil (%)
Winterweizen	12'085	0.115	28'540	1.66	27.2
Wintergerste	3706	0.091	20'019	1.54	6.1
Wintertriticale	1180	0.082	8'901	1.37	1.6
Dinkel (Winterkorn)	919	0.099	5'690	1.38	1.5
Winterroggen	291	0.080	5'793	1.46	0.4
Winterraps	3172	0.069	4'758	1.83	4.7
Wintereiwisserbsen	250	0.087	3'316	1.36	0.3
Sommerweizen	304	0.108	2'343	1.30	0.5
Sommergerste	258	0.095	781	1.40	0.4
Sommerhafer	281	0.091	1'047	1.31	0.4
Sommereiwisserbsen	495	0.097	1'621	1.61	0.9
Silomais	6217	0.148	1'272	1.43	15.6
Körnermais	1571	0.184	1'197	1.49	5.1
Sonnenblumen	664	0.166	795	1.80	2.4
Zuckerrüben	2809	0.156	396	1.69	8.8
Soja	129	0.177	425	1.89	0.5
Kartoffeln	2536	0.246	369	1.31	9.6
Freilandgemüse	1181	0.357	361	0.89	4.4
Bunt- und Rotationsbrachen	1443	0.061	341	0.54	0.6
Kunstwiese	24'314	0.024	244	1.17	7.9
restliche Kulturen	439	0.124	692	1.58	1.0
Summe	64'244	0.095	88'901	1.38	100.0

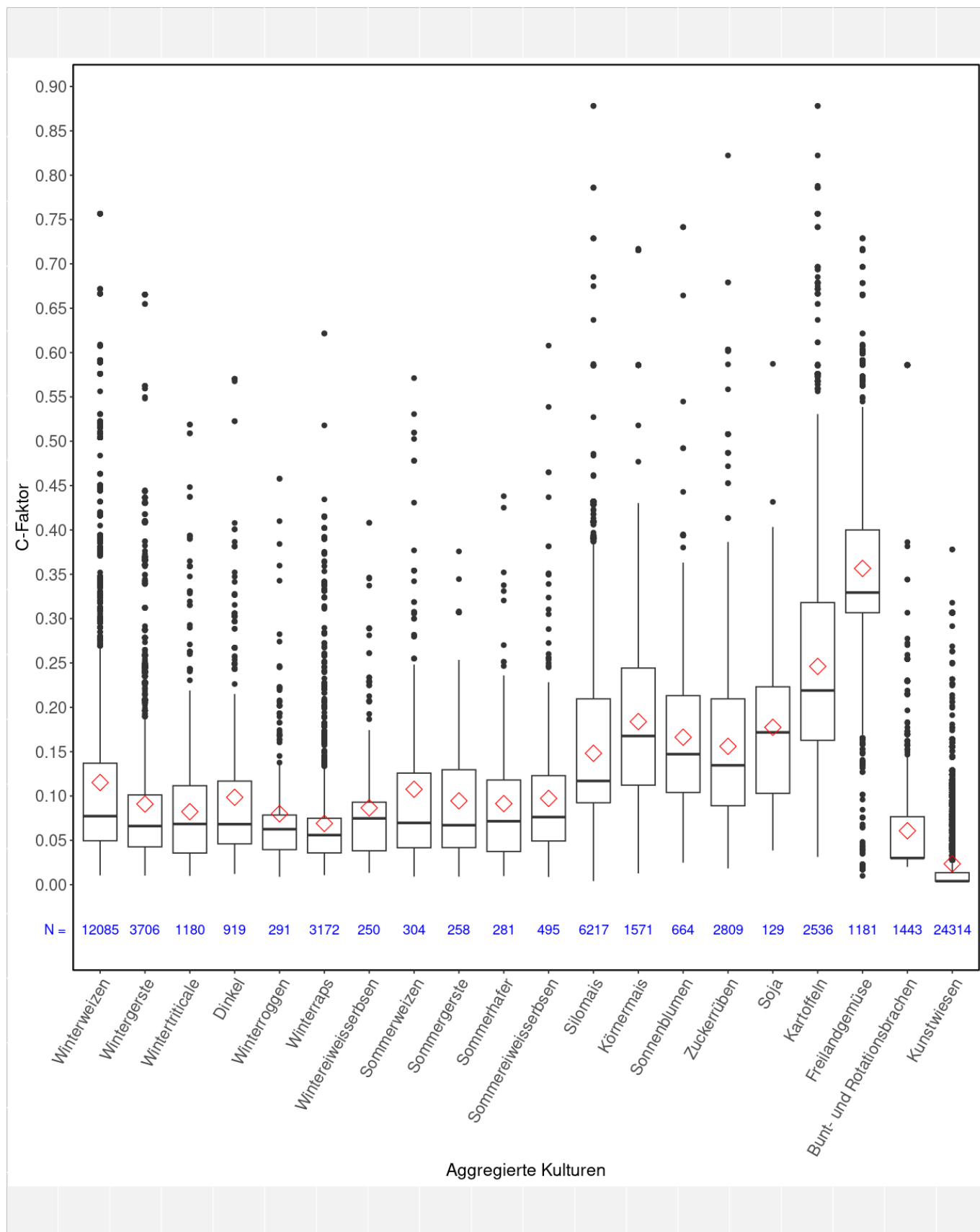


Abbildung 2: Kulturspezifische C-Faktoren der 20 häufigsten Kulturen der Jahre 2009 bis 2019. Die Box zeigt den Median und umfasst die 25 % und 75 % Quantile, die Whiskers die 5 % und 95 % Quantile und die Punkte die Ausreisser. Die roten Rhomben zeigen den Mittelwert; N = Anzahl Parzellen.

4.2 Berechnung des mittleren C-Faktors für das Ackerland der Schweiz

Da die Verteilung der Kulturen sowie der verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren zwischen dem AUI-Datensatz und dem schweizweiten Datensatz als repräsentativ eingestuft wurde (Kap. 4.1.1, 4.1.3), können die kulturspezifischen C-Faktoren (s. Kap. 4) mit der jeweiligen Fläche einer Kultur in der Schweiz gemäss dem Datensatz vom BFS aus dem Jahr 2020 multipliziert werden, um einen flächengewichteten C-Faktor für das Ackerland der Schweiz für das Jahr 2020 zu ermitteln. Da nicht für alle Kulturen gemäss BFS entsprechende Daten zum C-Faktor aus dem AUI-Datensatz vorhanden waren, wurden einerseits mittels Analogieschlüssen C-Faktorwerte eingesetzt (z. B. Werte von Winterweizen für Futterweizen), andererseits grobe Schätzwerte verwendet (Tab. 15). Die Summe aller C-Faktoranteile bezogen auf die Ackerfläche der Schweiz ergibt einen mittleren flächengewichteten C-Faktor von 0.100 (Tab. 16). Mit 19 % trägt Winterweizen am stärksten zum mittleren C-Faktor der Schweiz bei, gefolgt von Silomais (17 %), Freilandgemüse (9 %), Körnermais (7 %), Kunstwiese (7 %) und Zuckerrüben (7 %).

Im Vergleich zum AUI-Datensatz (Kap. 4.1.4) ist der mittlere C-Faktor des Ackerlandes der Schweiz mit 0.100 etwas höher als der entsprechende Wert des AUI-Datensatzes (0.093, Tab. 6) bzw. der mittlere kulturspezifische C-Faktor (0.095, Tab. 14). Ursache dafür ist einerseits der etwas höhere Flächenanteil von besonders erosionsgefährdeten Kulturen mit hohen C-Faktoren wie Gemüse und Mais in der Schweiz (s. Kap. 4.1.1), andererseits der um 3 % niedrigere Anteil an konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren (Kap. 4.1.3). In der Region Frienisberg wurde mit 0.051 ein deutlich geringerer C-Faktor für rund 200 Ackerparzellen für die Periode 2016-2021 ermittelt (Prasuhn et al., 2022; Prasuhn, 2022) – allerdings mit einer etwas anderen Methode nach Rüttimann & Mosimann (1996). In der Region Frienisberg lag der Anteil konservierender Bodenbearbeitungsverfahren aber auch mit rund 75 % massiv höher als im Schweizer Durchschnitt mit rund 18 %, weil in dieser Region konservierende Bodenbearbeitungsverfahren besonders gefördert wurden. Auerswald et al. (2021) haben dagegen für Deutschland einen mittleren C-Faktor der Ackerfläche (ohne Gemüse) von 0.124 ermittelt, welcher um rund ein Viertel höher als der Schweizer Mittelwert ist (s. Kap. 4.2.1).

Tabelle 15: C-Faktoren pro Kultur für das Tal- und Hügellgebiet je nach Bodenbearbeitungsverfahren. Reihenfolge und Bezeichnung gemäss Code des BFS. Kursiv: keine oder zu wenig AUI-Daten vorhanden, aus Analogieschlüssen abgeleitet. Rot und kursiv: keine oder zu wenig AUI-Daten vorhanden, grobe Schätzwerte.

Code BFS	Kultur	C-Faktor Talgebiet			C-Faktor Hügellgebiet		
		Pflug	Mulch-saat	Direkt-saat	Pflug	Mulch-saat	Direkt-saat
501	Sommergerste	0.092	<i>0.080</i>	<i>0.050</i>	0.100	<i>0.080</i>	0.041
502	Wintergerste	0.105	0.075	0.071	0.085	0.053	0.050
504	Hafer	0.101	0.074	0.050	0.101	0.068	0.058
505	Triticale	0.086	0.053	0.039	0.100	0.054	<i>0.050</i>
506	Mischel Futtergetreide	<i>0.123</i>	<i>0.104</i>	<i>0.050</i>	<i>0.100</i>	<i>0.075</i>	<i>0.053</i>
507	Futterweizen gemäss Sortenliste swiss granum	<i>0.123</i>	<i>0.104</i>	<i>0.050</i>	<i>0.100</i>	<i>0.075</i>	<i>0.053</i>
508	Körnermais	0.206	0.100	0.085	0.144	0.098	<i>0.060</i>
509	Reis	<i>0.100</i>	<i>0.080</i>	<i>0.050</i>	<i>0.100</i>	<i>0.080</i>	<i>0.050</i>
511	Emmer, Einkorn	0.096	0.088	<i>0.050</i>	<i>0.090</i>	<i>0.070</i>	<i>0.050</i>
512	Sommerweizen (ohne Futterweizen der Sortenliste swiss granum)	0.130	0.094	0.060	0.064	0.050	0.035
513	Winterweizen (ohne Futterweizen der Sortenliste swiss granum)	0.123	0.104	0.050	0.100	0.075	0.053
514	Roggen	0.079	0.065	0.083	0.094	0.066	0.048
515	Mischel Brotgetreide	<i>0.123</i>	<i>0.104</i>	<i>0.050</i>	<i>0.100</i>	<i>0.075</i>	<i>0.053</i>
516	Dinkel	0.116	0.084	0.043	0.093	0.072	<i>0.060</i>
519	Saatmais (Vertragsanbau)	<i>0.174</i>	<i>0.080</i>	<i>0.058</i>	<i>0.151</i>	<i>0.064</i>	<i>0.043</i>
521	Silo- und Grünmais	0.174	0.080	0.058	0.151	0.064	0.043
522	Zuckerrüben	0.164	0.112	0.072	0.162	0.107	<i>0.070</i>
523	Futterrüben	<i>0.164</i>	<i>0.112</i>	<i>0.072</i>	<i>0.162</i>	<i>0.107</i>	<i>0.070</i>
524	Kartoffeln	0.251	0.155	<i>0.100</i>	0.227	0.136	<i>0.100</i>
525	Pflanzkartoffeln (Vertragsanbau)	<i>0.301</i>	<i>0.186</i>	<i>0.120</i>	<i>0.272</i>	<i>0.164</i>	<i>0.120</i>
526	Sommerraps zur Speiseölgewinnung	<i>0.100</i>	<i>0.080</i>	<i>0.060</i>	<i>0.100</i>	<i>0.080</i>	<i>0.060</i>
527	Winterraps zur Speiseölgewinnung	0.079	0.052	0.051	0.074	0.044	0.036
528	Soja	0.185	0.118	<i>0.100</i>	0.131	<i>0.100</i>	<i>0.060</i>
531	Sonnenblumen zur Speiseölgewinnung	0.185	0.099	0.077	0.167	<i>0.100</i>	<i>0.060</i>
534	Lein	0.106	0.085	<i>0.060</i>	<i>0.090</i>	<i>0.080</i>	<i>0.060</i>
535	Hanf (nur Sorten nach BLW- und EU-Sortenkatalog)	0.116	<i>0.100</i>	<i>0.080</i>	<i>0.120</i>	<i>0.080</i>	<i>0.060</i>
536	Ackerbohnen zu Futterzwecken	0.122	0.088	<i>0.060</i>	<i>0.100</i>	<i>0.080</i>	<i>0.060</i>
537	Eiweisserbsen zu Futterzwecken	0.107	0.078	0.060	0.077	<i>0.068</i>	<i>0.060</i>
538	Lupinen zu Futterzwecken	0.092	0.081	<i>0.060</i>	<i>0.100</i>	<i>0.080</i>	<i>0.060</i>
539	Oelkürbisse	0.350	0.300	0.200	0.400	0.300	0.200
541	Tabak	0.209	<i>0.150</i>	<i>0.100</i>	<i>0.170</i>	<i>0.100</i>	<i>0.060</i>
542	Hirse	0.121	<i>0.100</i>	<i>0.080</i>	<i>0.120</i>	<i>0.080</i>	<i>0.060</i>
543	Getreide siliert	<i>0.123</i>	<i>0.104</i>	<i>0.050</i>	<i>0.100</i>	<i>0.075</i>	<i>0.053</i>
544	Leindotter	<i>0.100</i>	<i>0.080</i>	<i>0.050</i>	<i>0.100</i>	<i>0.080</i>	<i>0.050</i>
545	Einjährige Freilandgemüse (ohne Konservengemüse)	0.376	0.289	<i>0.200</i>	0.330	<i>0.300</i>	<i>0.200</i>

Code BFS	Kultur	C-Faktor Talgebiet			C-Faktor Hügelgebiet		
		Pflug	Mulch-saat	Direkt-saat	Pflug	Mulch-saat	Direkt-saat
546	Freiland-Konservengemüse	0.350	0.300	0.200	0.400	0.300	0.200
547	Wurzeln der Treibzichorie	0.350	0.300	0.200	0.400	0.300	0.200
548	Buchweizen	0.104	0.080	0.060	0.100	0.080	0.060
549	Sorghum	0.174	0.080	0.058	0.151	0.064	0.043
551	Einjährige Beeren (z. B. Erdbeeren)	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
552	Einjährige nachwachsende Rohstoffe (Kenaf, usw.)	0.198	0.100	0.080	0.140	0.080	0.060
553	Einjährige Gewürz- und Medizinalpflanzen	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
554	Einjährige gärtnerische Freilandkulturen (Blumen, Rollrasen, usw.)	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
555	Ackerschonstreifen	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
556	Buntbrache	0.062	0.064	0.050	0.047	0.033	0.027
557	Rotationsbrache	0.062	0.064	0.050	0.047	0.033	0.027
559	Saum auf Ackerfläche	0.050	0.040	0.030	0.050	0.040	0.030
566	Mohn	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
567	Saflor (Färberdistel)	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
568	Linsen	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
569	Mischungen von Ackerbohnen, Eiweisserbsen und Lupinen zu Futterzwecken mit Getreide, mindestens 30 % Anteil Leguminosen bei der Ernte (zur Körnergewinnung)	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
572	Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge	0.050	0.040	0.030	0.050	0.040	0.030
573	Senf	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
574	Quinoa	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
590	Sommerraps als nachwachsender Rohstoff	0.100	0.080	0.060	0.100	0.080	0.060
591	Winterraps als nachwachsender Rohstoff	0.079	0.052	0.051	0.074	0.044	0.036
592	Sonnenblumen als nachwachsender Rohstoff	0.185	0.099	0.077	0.167	0.100	0.060
594	Offene Ackerfläche, beitragsberechtigt (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)	0.050	0.040	0.030	0.050	0.040	0.030
595	Übrige offene Ackerfläche, nicht beitragsberechtigt (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)	0.050	0.040	0.030	0.050	0.040	0.030
597	übrige offene Ackerfläche, beitragsberechtigt	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
598	übrige offene Ackerfläche, nicht beitragsberechtigt	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
601	Kunstpflanzen (ohne Weiden)	0.026	0.033	0.043	0.019	0.021	0.032
602	Übrige Kunstpflanze, beitragsberechtigt (z. B. Schweineweide, Geflügelweide)	0.026	0.033	0.043	0.019	0.021	0.032
631	Futterleguminosen für die Samenproduktion (Vertragsanbau) (Rot-/Weissklee, Luzerne, Esparsette)	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050
632	Futtergräser für die Samenproduktion (Vertragsanbau)	0.100	0.080	0.050	0.100	0.080	0.050

Tabelle 16: Anbauflächen und mittlere C-Faktoren für alle Kulturen gemäss BFS (2020) sowie Flächenanteil der Kulturen am gesamten C-Faktor der Schweiz, sortiert nach Flächenanteil der Kulturen. Rote Schriftfarbe = grobe Schätzwerte, da im AUI-Datensatz keine oder nicht genügend Daten vorhanden waren.

Kultur	Fläche (ha)	Flächenanteil (%)	Mittelwert C-Faktor	C-Faktor * Fläche	Flächenanteil C-Faktor (%)
Kunstpflanzen (ohne Weiden)	123'731	31.4	0.024	2936	7.5
Winterweizen (ohne Futterweizen der Sortenliste swiss granum)	65'223	16.6	0.113	7401	18.8
Silo- und Grünmais	46'167	11.7	0.147	6779	17.2
Wintergerste	26'153	6.6	0.090	2362	6.0
Winterraps zur Speiseölgewinnung	23'611	6.0	0.069	1632	4.1
Zuckerrüben	17'364	4.4	0.154	2671	6.8
Körnermais	16'977	4.3	0.181	3079	7.8
Einjährige Freilandgemüse (ohne Konservengemüse)	9786	2.5	0.367	3593	9.1
Futterweizen gemäss Sortenliste swiss granum	9451	2.4	0.113	1072	2.7
Kartoffeln	9397	2.4	0.241	2269	5.8
Triticale	7380	1.9	0.082	605	1.5
Dinkel	5860	1.5	0.098	576	1.5
Sonnenblumen zur Speiseölgewinnung	4370	1.1	0.165	721	1.8
Eiweisserbsen zu Futterzwecken	3508	0.9	0.092	322	0.8
Buntbrache	2253	0.6	0.060	135	0.3
Sommerweizen (ohne Futterweizen der Sortenliste swiss granum)	2163	0.5	0.105	227	0.6
Soja	1910	0.5	0.175	335	0.8
Freiland-Konservengemüse	1813	0.5	0.350	634	1.6
Hafer	1769	0.4	0.091	162	0.4
Roggen	1731	0.4	0.080	138	0.4
Pflanzkartoffeln (Vertragsanbau)	1507	0.4	0.290	437	1.1
Sommergerste	1048	0.3	0.092	97	0.2
Ackerbohnen zu Futterzwecken	941	0.2	0.101	95	0.2
Mischungen von Ackerbohnen, Eiweisserbsen und Lupinen zu Futterzwecken mit Getreide, mindestens 30 % Anteil Leguminosen bei der Ernte (zur Körnergewinnung)	668	0.2	0.100	67	0.2
Rotationsbrache	614	0.2	0.060	37	0.1
Getreide siliert	559	0.1	0.113	63	0.2
Einjährige Beeren (z. B. Erdbeeren)	495	0.1	0.100	50	0.1
Übrige offene Ackerfläche, nicht beitragsberechtigt (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)	492	0.1	0.050	25	0.1
Tabak	424	0.1	0.205	87	0.2
Futterrüben	414	0.1	0.154	64	0.2
Wurzeln der Treibzichorie	412	0.1	0.350	144	0.4
Ackerschonstreifen	406	0.1	0.100	41	0.1
übrige offene Ackerfläche, beitragsberechtigt	400	0.1	0.100	40	0.1
Übrige Kunstpflanze, beitragsberechtigt (z. B. Schweineweide, Geflügelweide)	367	0.1	0.024	9	0.0
Sorghum	335	0.1	0.147	49	0.1
Emmer, Einkorn	327	0.1	0.094	31	0.1

Kultur	Fläche (ha)	Flächenanteil (%)	Mittelwert C-Faktor	C-Faktor * Fläche	Flächenanteil C-Faktor (%)
Futterleguminosen für die Samenproduktion (Vertragsanbau) (Rot-/Weissklee, Luzerne, Esparsette)	312	0.1	0.100	31	0.1
Einjährige gärtnerische Freilandkulturen (Blumen, Rollrasen, usw.)	291	0.1	0.100	29	0.1
Hanf (nur Sorten nach BLW- und EU-Sortenkatalog)	290	0.1	0.244	71	0.2
Mischel Futtergetreide	247	0.1	0.113	28	0.1
Hirse	240	0.1	0.101	24	0.1
Saum auf Ackerfläche	236	0.1	0.050	12	0.0
Lupinen zu Futterzwecken	209	0.1	0.080	17	0.0
Saatmais (Vertragsanbau)	190	0.0	0.147	28	0.1
übrige offene Ackerfläche, nicht beitragsberechtigt	186	0.0	0.100	19	0.0
Futtergräser für die Samenproduktion (Vertragsanbau)	177	0.0	0.100	18	0.0
Blühstreifen für Bestäuber und andere Nützlinge	171	0.0	0.050	9	0.0
Einjährige Gewürz- und Medizinalpflanzen	152	0.0	0.100	15	0.0
Linsen	132	0.0	0.100	13	0.0
Winterraps als nachwachsender Rohstoff	117	0.0	0.069	8	0.0
Lein	116	0.0	0.123	14	0.0
Reis	90	0.0	0.100	9	0.0
Oelkürbisse	79	0.0	0.350	28	0.1
Buchweizen	77	0.0	0.104	8	0.0
Sommerraps zur Speiseölgewinnung	71	0.0	0.060	4	0.0
Senf	39	0.0	0.100	4	0.0
Mischel Brotgetreide	38	0.0	0.113	4	0.0
Offene Ackerfläche, beitragsberechtigt (regionsspezifische Biodiversitätsförderfläche)	30	0.0	0.050	1	0.0
Sonnenblumen als nachwachsender Rohstoff	30	0.0	0.165	5	0.0
Quinoa	26	0.0	0.100	3	0.0
Leindotter	18	0.0	0.100	2	0.0
Mohn	10	0.0	0.100	1	0.0
Einjährige nachwachsende Rohstoffe (Kenaf, usw.)	8	0.0	0.198	2	0.0
Safflor	1	0.0	0.100	0	0.0
Sommerraps als nachwachsender Rohstoff	0	0.0	0.060	0	0.0
Summe/Mittelwert	393'609	100	0.100	39'390	100

Fasst man die zahlreichen Kulturen aus Tabelle 16 zu den wichtigsten Kulturartengruppen zusammen, ergibt sich folgendes Bild (Tab. 17): Wintergetreide/Winterraps tragen zu 36 % zum Flächenanteil und zum C-Faktoranteil der Schweiz bei. Sommergetreide ist mit 1 % unbedeutend. Mais hat mit 16 % Flächenanteil einen geringeren Anteil als am C-Faktoranteil mit 25 %. Zuckerrüben/Kartoffeln haben nur 7 % Flächenanteil, aber 14 % C-Faktoranteil und Gemüse hat nur 3 % Flächenanteil, aber 11 % C-Faktoranteil. Mais, Zuckerrüben/Kartoffeln und Gemüse tragen also überproportional zum C-Faktor der Schweiz bei. Dies sind bekanntlich auch die am stärksten erosionsgefährdeten Kulturen. Kunstwiese dagegen hat 32 % Flächenanteil, trägt aber nur zu 7 % zum C-Faktoranteil der Schweiz bei. Die positiven Effekte auf das Erosionsrisiko der nachfolgenden Kulturen (s. Kap. 2.9.3) ist dabei noch nicht einmal berücksichtigt.

Tabelle 17: Flächen- und C-Faktoranteile der Schweiz der wichtigsten Kulturgruppen (Aggregation aus Tab. 16).

Kulturgruppe	Flächenanteil (%)	C-Faktoranteil (%)
Wintergetreide/Raps	36.2	35.8
Sommergetreide	0.8	0.8
Mais	16.1	25.1
Rüben/Kartoffeln	7.3	13.8
Gemüse	3.1	11.2
Eiweisserbsen/Ackerbohnen	1.3	1.2
Kunstwiese	31.5	7.5
Restliche Kulturen	3.7	4.6
Summe	100	100

4.2.1 Vergleich der C-Faktoren der Schweiz mit entsprechenden Daten aus Deutschland

Auerswald et al. (2021) haben für Deutschland «aufsummierbare» C-Faktoren entwickelt, welche den vorliegenden kulturspezifischen C-Faktoren für die Schweiz weitgehend entsprechen. Sie haben für die Ermittlung der Erosivität der Niederschläge einen umfangreichen, aktuellen Radardatensatz ausgewertet (Auerswald et al., 2019). Die Niederschlagsdaten sind damit aktueller als diejenigen, die in der Schweiz verwendet wurden. Für den Kulturkalender wurden Daten zu phänologischen Stadien aus ganz Deutschland zwischen 1960 und 2020 ausgewertet und in Saattermin, Termine für die Bodenbedeckungsgrade und den Erntetermin umgewandelt. Die RBA-Werte sind identisch mit denen der vorliegenden Studie. Für die Berechnung der aufsummierbaren C-Faktoren wurden 33 Kulturpflanzen/Anbausysteme-Kombinationen in 261 Fruchtfolgen gerechnet (= 935 Kulturpflanzenjahre). Für die Bodenbearbeitungsverfahren Mulchsaat und Direktsaat lagen in Auerswald et al. (2021) nur für Mais, Zuckerrüben und Sonnenblumen C-Faktoren vor. Für Mulchsaat sind die C-Faktoren in der Schweiz bei Mais und Sonnenblumen deutlich niedriger, bei Direktsaat sind sie dagegen in der Schweiz deutlich höher (Tab. 18).

Für den Vergleich der aufsummierbaren C-Faktoren von Auerswald et al. (2021) und den vorliegenden kulturspezifischen C-Faktoren aus dem AUI-Datensatz wurden die C-Faktoren aus dem Talgebiet verwendet, da diese klimatisch am ehesten den Werten aus Deutschland entsprechen dürften. Der Vergleich zeigt, dass beim Bodenbearbeitungsverfahren Pflug für die Getreidearten – besonders für das Wintergetreide (Winterweizen, Wintergerste, Triticale) – höhere mittlere C-Faktorwerte in der Schweiz berechnet wurden als in Deutschland (Tab. 18). Bei den meisten Sommerkulturen, wie z. B. Silomais, Kartoffeln oder Sonnenblumen, sind die berechneten mittleren C-Faktoren dagegen in der Schweiz niedriger als in Deutschland. In Deutschland sind die C-Faktoren für Sommergetreide leicht höher als für Wintergetreide. In der Schweiz sind die C-Faktoren für Winterweizen leicht höher als für Sommerweizen; für Wintergerste und Sommergerste sind die C-Faktoren sehr ähnlich (Tab. 18). Da die gleichen RBA-Werte für alle Kulturen in der Schweiz und in Deutschland verwendet wurden, resultieren die Unterschiede entweder aus unterschiedlichen Saatterminen und Entwicklungsstadien der Kulturen und/oder unterschiedlichen Erosivitätswerten zu diesen Zeitpunkten oder aus den verschiedenen methodischen Berechnungsansätzen.

Der Verlauf der Jahreserosivität ist in der Schweiz und in Deutschland recht ähnlich (Abb. 3). In Deutschland gibt es ab Mitte Mai (Tag 138) bis zum 4. Juli (Tag 188) einen etwas stärkeren Anstieg der Erosivität als in der Schweiz. Dies ist der Zeitraum, an dem die Sommerkulturen wie z. B. Mais noch eine geringe Bodenbedeckung haben. Damit können die höheren C-Faktoren in Deutschland bei Sommerkulturen gegenüber den Schweizer Werten zum Teil erklärt werden. In der Schweiz gibt es ab Anfang September (Tag 247) bis Mitte November (Tag 322) einen etwas stärkeren Anstieg der Erosivität als in Deutschland. Dies ist ein Grund für die höheren C-Faktoren bei Wintergetreide in der Schweiz.

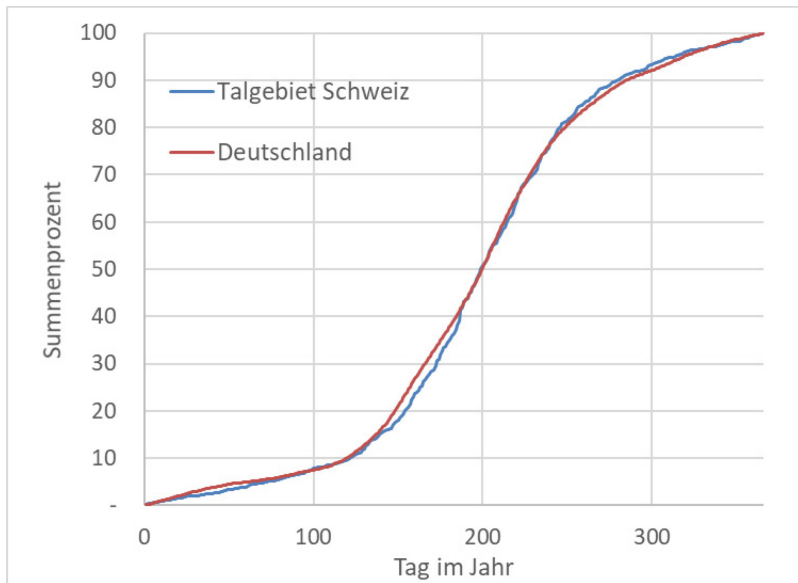


Abbildung 3: Verlauf der jährlichen Erosivität der Niederschläge in der Schweiz (Talgebiet) und in Deutschland.

Tabelle 18: Vergleich der C-Faktoren ausgewählter Kulturen und Bodenbearbeitungsverfahren für das Talgebiet der Schweiz aus dem AUI-Datensatz und für Deutschland nach Auerswald et al. (2021). Rote Zahlen = Schätzwerte.

Kultur / Bodenbearbeitung	C-Faktoren Talgebiet Schweiz			C-Faktoren Deutschland			Abweichung (%)		
	Pflug	Mulchsaat	Direktsaat	Pflug	Mulchsaat	Direktsaat	Pflug	Mulchsaat	Direktsaat
Winterweizen	0.123	0.104	0.050	0.085	-	-	145	-	-
Wintergerste	0.105	0.075	0.071	0.070	-	-	149	-	-
Triticale	0.086	0.053	0.039	0.073	-	-	118	-	-
Roggen	0.079	0.065	0.083	0.071	-	-	112	-	-
Sommerweizen	0.130	0.094	0.060	0.116	-	-	112	-	-
Sommergerste	0.092	0.080	0.060	0.076	-	-	121	-	-
Hafer	0.101	0.074	0.050	0.117	-	-	86	-	-
Winterraps	0.079	0.052	0.051	0.087	-	-	90	-	-
Silo- und Grünmais	0.174	0.080	0.058	0.252	0.166	0.050	69	48	117
Körnermais	0.206	0.100	0.085	0.245	0.156	0.048	84	64	178
Zuckerrüben	0.164	0.112	0.072	0.181	0.119	0.051	91	95	141
Kartoffeln	0.251	0.155	0.100	0.376	-	-	67	-	-
Soja	0.185	0.118	0.100	0.241	-	-	77	-	-
Sonnenblumen	0.185	0.099	0.077	0.261	0.164	0.040	71	61	192
Hanf	0.116	0.100	0.080	0.117	-	-	99	-	-
Ackerbohnen	0.122	0.088	0.060	0.178	-	-	69	-	-
Eiweisserbsen	0.107	0.078	0.060	0.141	-	-	76	-	-
Hirse	0.121	0.100	0.080	0.148	-	-	82	-	-
Buchweizen	0.104	0.080	0.060	0.189	-	-	55	-	-
Kunstpflanzen	0.026	0.033	0.043	0.039	-	-	68	-	-

Die Daten der Kulturkalender (Saat, 10 %-, 50 %-, 75 %-Bodenbedeckung, Ernte) in der Schweiz und Deutschland decken sich auch recht gut (Abb. 4). Einzig der Wert 75 %-Bodenbedeckung bei Winterraps weicht deutlich ab (Abb. 4). Der grosse Unterschied resultiert daraus, dass in der Schweiz die 75 %-Bodenbedeckung noch knapp vor dem Winter erreicht werden und in Deutschland erst im zeitigen Frühjahr. Letztendlich geht der Winterraps aber in beiden Ländern mit ca. 75 % Bodenbedeckung in den Winter. Mais wird in Deutschland deutlich früher gesät und erreicht die 10 % Bodenbedeckung früher als in der Schweiz (Abb. 4). Dies könnte an der Vorverlegung der Saattermine aufgrund des Klimawandels in Deutschland liegen, da die Daten zu den Saatterminen aus Deutschland aktueller sind als diejenigen aus der Schweiz (mündliche Mitteilung K. Auerswald, 2022). Winterweizen und Wintergerste erreichen in der Schweiz etwas später die 10 %-Bodenbedeckung als in Deutschland, gleichzeitig ist die Erosivität zu diesem Zeitpunkt in der Schweiz etwas höher als in Deutschland. Damit ist auch die Erosionsgefährdung bei Winterweizen und Wintergerste in der Schweiz grösser.

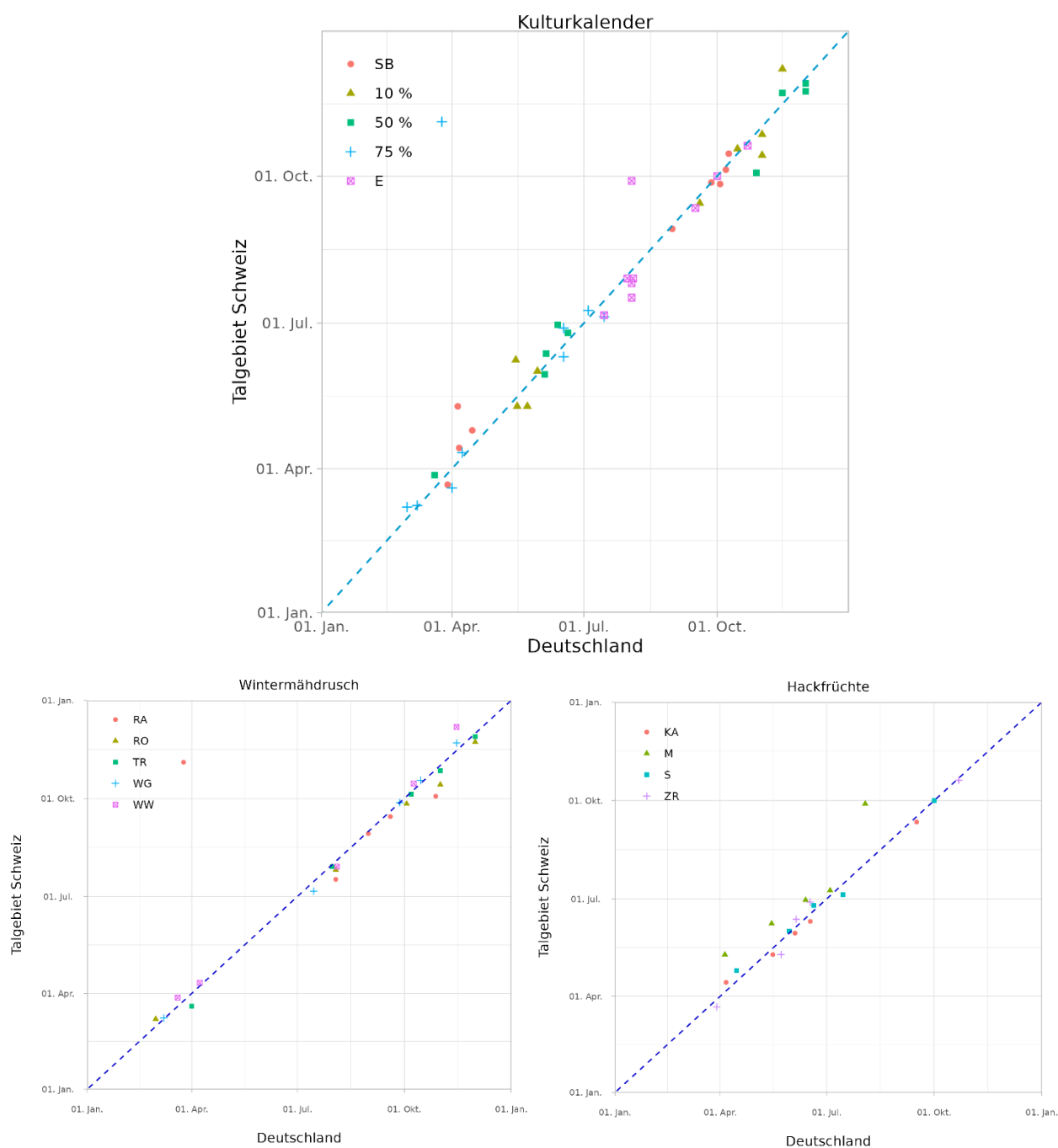


Abbildung 4: Vergleich der Entwicklungsstadien ausgewählter Ackerkulturen der Schweiz mit entsprechenden Daten aus Deutschland. Oben: Vergleich der Zeitpunkte der verschiedenen Entwicklungsstadien aller Kulturen (SB = Saattbettbereitung, 10 %, 50 %, 75 % = Bedeckungsgrad, E = Ernte). Unten links: Winterkulturen (RA = Winterraps, RO = Winterroggen; TR = Wintertriticale, WG = Wintergerste, WW = Winterweizen). Unten rechts: Hackfrüchte (KA = Kartoffeln, M = Mais, S = Soja, ZR = Zuckerrüben), (Quelle: Auerswald, unveröffentlicht, verändert).

Unterschiede bei den C-Faktoren zwischen der Schweiz und Deutschland bei einzelnen Kulturen dürften aber auch aus der Stellung in der Fruchtfolge resultieren. Mais folgt in der Schweiz häufig nach Kunstwiese und hat entsprechend einen geringen C-Faktor, während in Deutschland die Kulturabfolge Mais auf Mais mit einem hohen C-Faktor sehr verbreitet ist. Winterzwischenkulturen sind in der Schweiz wesentlich häufiger als in Deutschland, entsprechend sind auch niedrigere C-Faktoren in der Schweiz zu erwarten. In der Schweiz gibt es sehr häufig Kunstwiesen in der Fruchtfolge. Der carry-over effect der Kunstwiese führt zu niedrigeren C-Faktoren der anderen Hauptkulturen (s. Kap. 2.9.3).

Auerswald et al. (2021) kommen hochgerechnet für die Ackerkulturen in ganz Deutschland auf einen mittleren flächengewichteten C-Faktor von 0.124. Dabei wurde allerdings Gemüse nicht berücksichtigt. Kunstwiese geht bei der Berechnung der mittleren C-Faktoren bei Auerswald et al. (2021) mit einem negativen Wert ein, spielt aber keine grosse Rolle, da der Flächenanteil von Kunstwiese in Deutschland mit 2.5 % gegenüber der Schweiz (32 %) sehr gering ist (Tab. 19). Weiterhin wurde bei Auerswald et al. (2021) nur das Bodenbearbeitungsverfahren Pflug für alle Kulturen gerechnet, da Angaben zu den verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren fehlten. Nach Auerswald et al. (2021) wurden in Deutschland aber nur 1.8 % der Ackerflächen mit Mulch- oder Direktsaat angebaut, sodass die Überschätzung des flächengewichteten mittleren C-Faktors für Deutschland nur sehr gering ist. Der von Auerswald et al. (2021) berechnete mittlere flächengewichtete C-Faktor für die Ackerfläche von Bayern (= 19'573 km²), welche den naturräumlichen Gegebenheiten der Schweiz ähnlich ist, beträgt 0.132 und liegt damit etwas über dem Wert von ganz Deutschland.

Tabelle 19: Vergleich der C-Faktoranteile bestimmter Kulturgruppen am gesamten C-Faktor aller Ackerkulturen (ohne Gemüse) von Deutschland und der Schweiz.

Kulturgruppe	C-Faktor-Anteil (%)	
	Deutschland	Schweiz
Getreide	34.5	37.2
Mais	46.6	27.3
Zuckerrüben/Kartoffeln	11.0	15.1
Kunstwiese	-2.5	9.4
Restliche Kulturen	10.5	11.0

In Deutschland hat Mais mit 47 % den grössten Anteil am gesamten C-Faktor, während in der Schweiz Mais nur 27 % zum nationalen mittleren C-Faktor beiträgt (Tab. 19). Mais wird in Deutschland allerdings auch etwas häufiger angebaut als in der Schweiz (Deutschland 21 % gegenüber Schweiz 16 %). Dies ist bei der Planung von Erosionsschutzmassnahmen von Bedeutung. Beim Getreide ist der Anteil in der Schweiz mit 37 % etwas höher als in Deutschland, ebenso bei Zuckerrüben/Kartoffeln mit 15 % gegenüber 11 %. Kunstwiesen tragen in der Schweiz wegen ihrem hohen Flächenanteil trotz niedrigem kulturspezifischen C-Faktor mit 9 % zum gesamten C-Faktor (ohne Gemüse) bei.

Der für alle Ackerkulturen der Schweiz berechnete flächenspezifische C-Faktorwert liegt bei 1.000; inklusive Gemüse (Kap. 4.2, Tab. 16). Ohne Gemüse liegt der Wert bei 0.092. Der mittlere C-Faktor in der Schweiz ist also deutlich geringer als in Deutschland und beträgt nur 73 %. Die Gründe dafür sind vielfältig: abwechslungsreiche Fruchtfolgen mit deutlich weniger Mais und deutlich mehr Kunstwiese und deutlich mehr konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren in der Schweiz als in Deutschland. Vermutlich ist auch der Anteil Zwischenkulturen in der Schweiz höher, aber dazu lagen in Auerswald et al. (2021) keine Angaben vor. Würde man im Schweizer Datensatz die Kunstwiese ausklammern, ergäbe sich ein mittlerer C-Faktor der Ackerkulturen von 0.123, welche dem mittleren C-Faktor von Deutschland (0.124) sehr nahe kommt. Allfällige carry-over-Effekte der Kunstwiese auf die folgenden Kulturen sind dabei allerdings noch nicht berücksichtigt. Dies zeigt die grosse Bedeutung von Kunstwiesen für den Erosionsschutz.

5 C-Faktorkarten der Schweiz

Eine erste einfache, qualitative C-Faktorkarte für die Schweiz wurde bereits Anfang der 1990er Jahre von Prasuhn & Schaub (1996) bzw. Schaub & Prasuhn (1998) erstellt. Basierend auf den statistischen Angaben zu den Kulturen des Jahres 1990 pro Gemeinde und Literaturwerten zu deren Erosionsgefährdung wurden fünf Gefährdungsklassen gebildet (Abb. 5). Von den insgesamt 3018 Gemeinden im Jahr 1990 hatten 2236 Gemeinden mehr als 5 % Ackerland an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche und flossen in die Bewertung ein. Gemeinden mit hohen gemeindespezifischen C-Faktoren lagen vor allem im Seeland, im östlichen Mittelland, im Rhonetal und im St. Galler Rheintal.

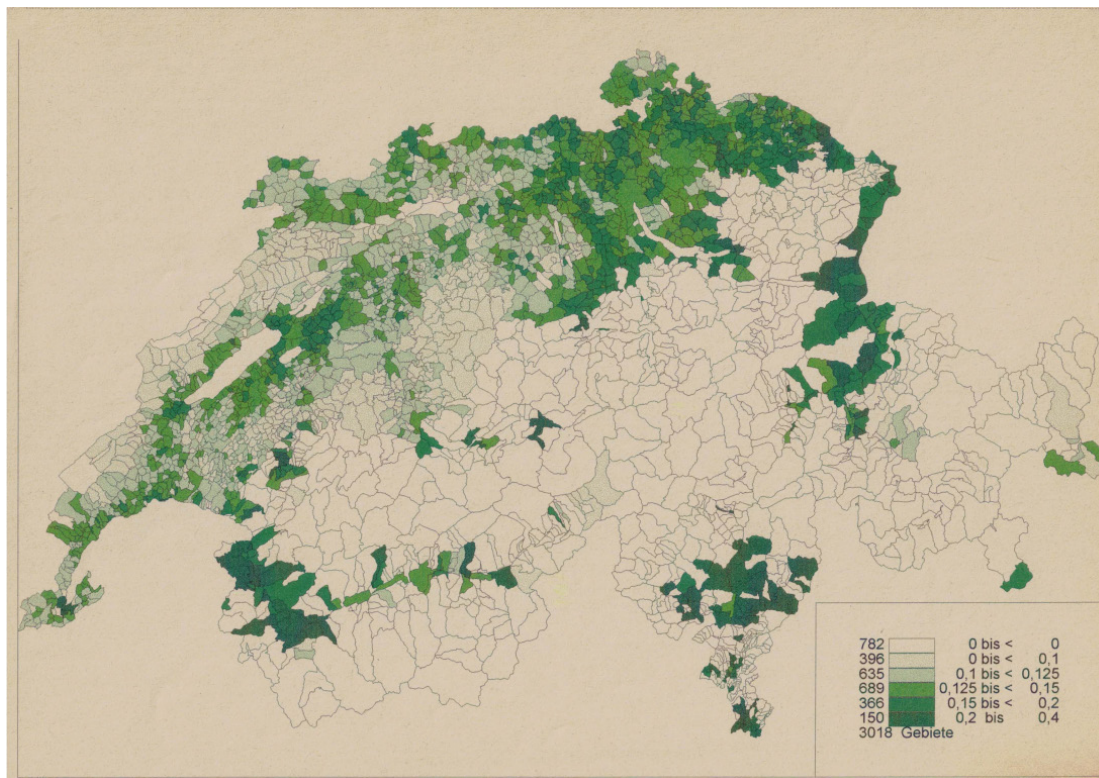


Abbildung 5: Karte der C-Faktoren der Schweiz auf Gemeindeebene. Quelle: Prasuhn & Schaub (1996), Karte bisher unveröffentlicht.

Prasuhn et al. (2007) haben dann eine erste quantitative C-Faktorkarte im Hektarraster für die Schweiz erstellt. Da noch keine digitale Karte des Ackerlandes vorlag, musste basierend auf der Arealstatistik 1992/97 und Daten der landwirtschaftlichen Betriebsstrukturerhebung 2004 eine Karte des Ackerlandes konstruiert werden. Für jede Gemeinde wurde entsprechend der prozentualen Kulturanteile gemäss Betriebszählungsdaten 2002/03/04 der C-Faktor unter Verwendung von kulturspezifischen C-Faktorwerten von Prasuhn & Grünig (2001), Prasuhn & Mohni (2003) und Mosimann & Rüttimann (2006) über ein additives Verfahren berechnet. Für alle Ackerflächen wurde konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug sowie Winterbrache statt Zwischenkulturanbau unterstellt, da Angaben zum Bodenbearbeitungsverfahren und zur Winternutzung nicht zur Verfügung standen. Die berechneten gemeindespezifischen C-Faktoren schwankten zwischen 0.008 und 0.278, bei einem Mittelwert von 0.068. Gebiete mit hohen C-Faktoren waren das Seeland, das Orbetal, das Rhonetal am Genfersee und das Zürcher Unter- und Weinland; Regionen mit niedrigen C-Faktoren waren die Voralpen und der Jura (Abb. 6). Prasuhn et al. (2007) haben auch verschiedene Szenarien berechnet. In einem Szenario wurden überall Zwischenkulturen statt Winterbrache angebaut. Dies hätte den C-Faktor um durchschnittlich neun Prozent gesenkt. In einem anderen Szenario wurde zusätzlich noch der Anbau mit dem Pflug durch flächendeckende Direktsaat ersetzt. Daraus würde eine massive Verminderung des C-Faktors von durchschnittlich 70 % resultieren.

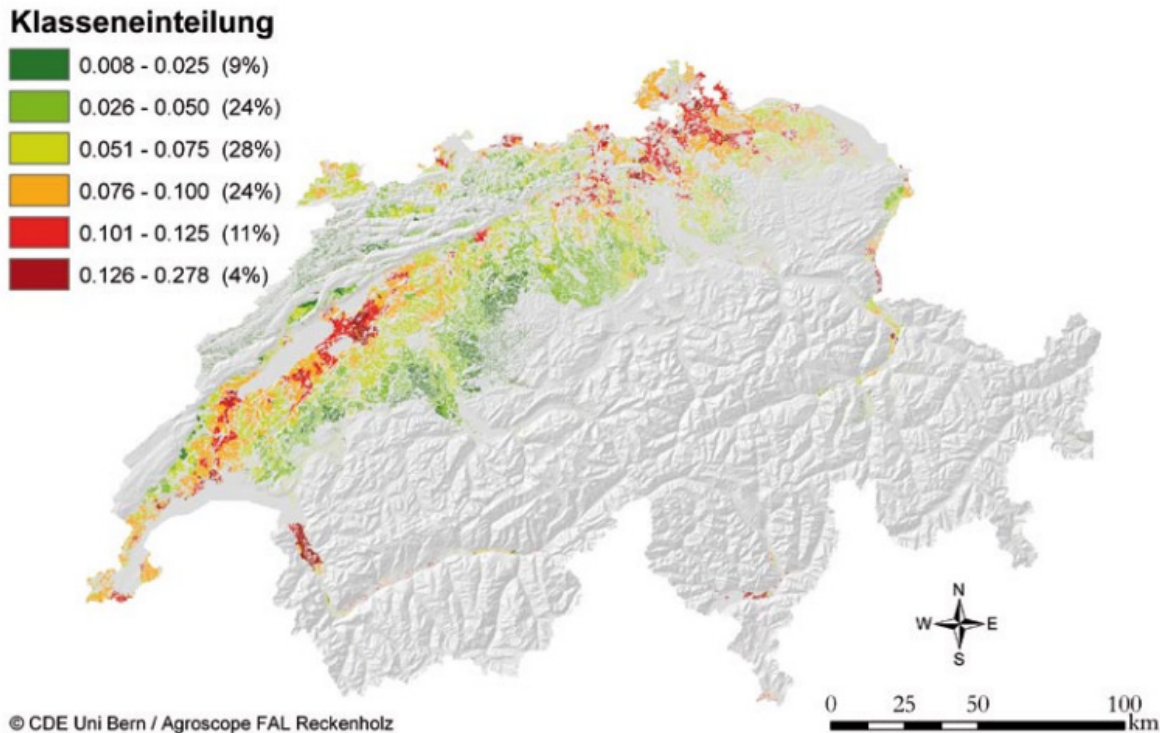


Abbildung 6: C-Faktoren der Ackerflächen der Schweiz basierend auf gemeindespezifischen C-Faktoren und der entwickelten Karte des Ackerlandes im Hektarraster (Quelle: Prasuhn et al., 2007).

Für das Stoffflussmodell MODIFFUS 3.0 (Hürdler et al. 2015) wurde zur Berechnung der Phosphor- und Stickstoffeinträge in die Gewässer der Schweiz über den Eintragspfad Bodenerosion von Ackerflächen ein mittlerer C-Faktor für die Ackerkulturen berechnet. Die Höhe der potentiellen Bodenerosion wurde der damaligen Version der Erosionsrisikokarte im 2 m-Raster von Gisler et al. (2010) entnommen. Die kulturspezifischen C-Faktoren wurden aus den Datensätzen der einzelnen Anbauparzellen der Jahre 2009-2012 des AUI-Betriebsnetzes abgeleitet. Da über die Arealstatistik keine kulturspezifische Differenzierung der Ackerlandfläche vorgenommen werden konnte, musste ein gewichteter gemeindespezifischer C-Faktor gebildet werden. Über die Betriebszählungsdaten (BFS, 2020) konnten flächengewichtete C-Faktoren anhand der verschiedenen Kulturen für jede Gemeinde gebildet werden. Diese wurden mit der potentiellen Erosion aus der Erosionsrisikokarte verrechnet und ergaben das aktuelle Erosionsrisiko. Karten zum mittleren C-Faktor oder zur aktuellen Erosion der Ackerflächen wurden im Bericht von Hürdler et al. (2015) nicht abgebildet.

Für die Neuberechnung der diffusen Phosphor- und Stickstoffeinträge in die Gewässer der Schweiz wurde mit der Modellversion MODIFFUS 3.1 auch die Berechnung des aktuellen Erosionsrisikos angepasst (Hutchings et al., 2023). Die Höhe der potentiellen Bodenerosion wurde der aktualisierten Version der Erosionsrisikokarte im 2 m-Raster von Bircher et al. (2019) entnommen. Die C-Faktoren wurden aus den in Kapitel 2 beschriebenen Daten des AUI-Betriebsnetzes abgeleitet. Für den Zeitraum 2009-2019 wurde der mittlere C-Faktor pro Kultur, aufgeschlüsselt nach drei Bodenbearbeitungsverfahren (Direkt- und Streifensaat, Mulchsaat und Pflug) sowie nach Tal- und Hügelgebiet (unter bzw. über 600 m ü. M.) aus Tabelle 15 verwendet. Da über die Arealstatistik keine kulturspezifische Differenzierung der Ackerfläche vorgenommen werden konnte, musste ein gemeindespezifischer C-Faktor gebildet werden. Mit den Daten der Kulturartenverteilung pro Gemeinde (BLW, 2022b) konnte gemäss Anteil der Kulturen ein flächengewichteter mittlerer C-Faktor pro Gemeinde berechnet werden. Da die Unterscheidung der Ackerflächen der Gemeinden in Tal- und Hügelgebiet mittels der BLW-Daten nicht möglich war, musste das Ackerland der Gemeindeflächen diesen beiden Regionen zugewiesen werden. Basierend auf dem DHM25 wurde bei der Zuordnung der Gemeindefläche in Tal- und Hügelgebiet wie folgt vorgegangen:

- Alle Gemeinden, in denen 100 % der Gemeindefläche unter 600 m ü. M. lag, wurden vollständig dem Talgebiet zugeordnet und alle Ackerflächen mit den kulturspezifischen C-Faktoren des Talgebiets gerechnet.
- Alle Gemeinden, in denen 100 % der Gemeindefläche über 600 m ü. M. lag, wurden vollständig dem Hügелgebiet zugeordnet und alle Ackerflächen mit den kulturspezifischen C-Faktoren des Hügелgebiets gerechnet.
- Bei allen anderen Gemeinden wurde flächenanteilmässig die C-Faktoren für das Tal- und Hügелgebiet verwendet.

Aus den AGIS-Daten des BLW lagen für das Jahr 2020 die Daten zur Teilnahme am Ressourcenprojekt schonende Bodenbearbeitung mit Angaben zur Fläche für jede Kultur mit Direktsaat/Streifenfrässaat, Mulchsaat und Pflugbearbeitung vor (BLW, 2022b). Die Flächenangaben zu den verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren konnten mit den entsprechenden kulturspezifischen C-Faktoren zu den Bodenbearbeitungsverfahren aus Tabelle 15 verrechnet werden. Dadurch konnte für jede Gemeinde der flächengewichtete C-Faktor unter Berücksichtigung der Bodenbearbeitungsverfahren sowohl für das Tal- als auch für das Hügелgebiet berechnet werden (Abb. 7).

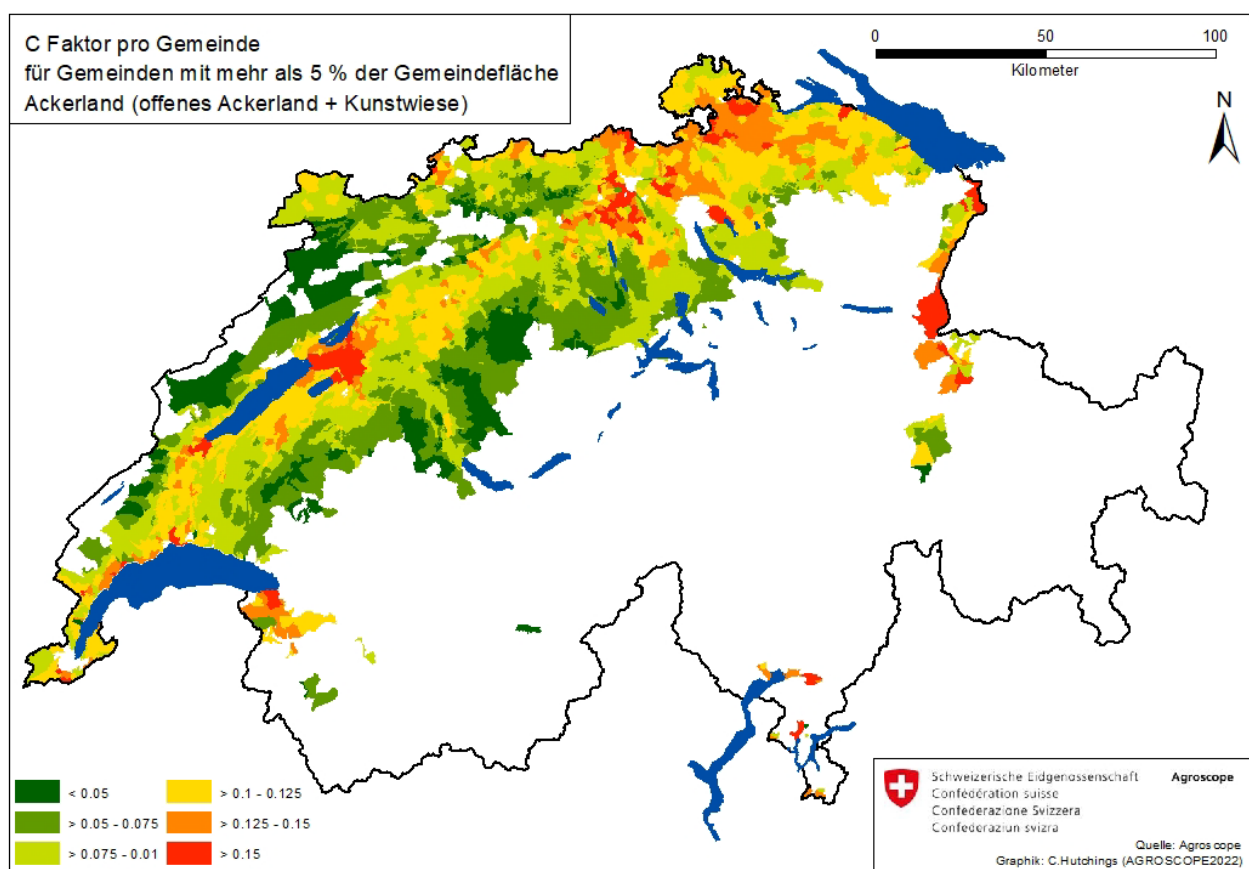


Abbildung 7: Mittlere C-Faktoren des Ackerlandes pro Gemeinde unter Berücksichtigung der Kulturartenverteilung, der Tal- und Hügелregion sowie der unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren des Jahres 2020. Dargestellt sind alle Gemeinden mit mehr als 5 % Ackerland an der Gemeindefläche.

Gebiete mit hohen C-Faktoren waren das Seeland, das Orbetal, das Rhonetal am Genfersee, das Zürcher Unter- und Weinland, das St. Galler Rheintal; Regionen mit niedrigen C-Faktoren waren die Voralpen und der Jura. Im Vergleich zu den älteren C-Faktorkarten (Abb. 5 und 6) ist die geografische Verteilung der Gemeinden mit hohen bzw. niedrigen C-Faktoren grossräumig betrachtet ähnlich geblieben. Für einzelne Gemeinden und bei den absoluten C-Faktorwerten gibt es aber teilweise grosse Unterschiede.

6 Karte des aktuellen Erosionsrisikos der Schweiz

Die Erstellung der Karte des aktuellen Erosionsrisikos der Schweiz erfolgte im Rahmen der Modellierung der diffusen N- und P-Einträge in die Gewässer der Schweiz mit MODIFFUS 3.1 (Hutchings et al., 2023). Für die Berechnung wurde die Erosionsrisikokarte der Schweiz ERK2 (Bircher et al., 2019) verwendet. Die ERK2 ist ein Update jener Karte von Gisler et al. (2010) und Prasuhn et al. (2013). Die ERK2 zeigt das potentielle Erosionsrisiko (Faktoren $R \times K \times L \times S$ der USLE) der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche der Schweiz in einer 2-Meter-Auflösung in Tonnen Bodenmaterial pro Hektare und Jahr. Um die aktuelle Erosion abschätzen zu können, wurde die ERK2 mit dem Bedeckungs- und Bodenbearbeitungsfaktor (C-Faktor) sowie Erosionsschutzfaktor (P-Faktor) verrechnet.

Für die Verwendung der ERK2 in MODIFFUS 3.1 wurde in einem ersten Schritt die Ackerlandfläche der Arealstatistik gesondert aus der ERK2 extrahiert und in der Folge separat aggregiert (Hutchings et al., 2023). Bei der Aggregation ins Hektarraster wurden vom 2 m-Raster der ERK2 alle Rasterzellen berücksichtigt, welche ein Erosionsrisiko aufwiesen. Falls aber z. B. in einer Hektare Ackerland der Arealstatistik nur die Hälfte der 2 m-Raster ein Erosionsrisiko aufwiesen und die andere Hälfte nicht, wurde der Mittelwert des Erosionsrisikos aus sämtlichen Rasterzellen gebildet unter der Annahme, dass es auf einer Hälfte der Hektare Ackerland kein Erosionsrisiko gibt. Bei dieser Aggregationsmethode stimmt die so berechnete Summe der schweizweiten potentiellen Erosion mit jener von der ERK2 exakt überein. Abbildung 8 zeigt die Karte des potentiellen Erosionsrisikos des Ackerlandes der Schweiz.

Für den C-Faktor wurden die berechneten gemeindespezifischen C-Faktoren (Kap. 5, Abb. 7) für jede Ackerfläche in der jeweiligen Gemeinde verwendet und mit dem potentiellen Abtrag verrechnet. Für den P-Faktor (Erosionsschutzfaktor) liegen nach wie vor keine schweizweiten Daten vor, sodass dieser auf Annahmen zum Erosionsschutz (z. B. Querbearbeitung) abgeleitet wurde. Für 2020 wurde in Anlehnung an Bircher et al. (2021) pauschal ein P-Faktor von 0.8 verwendet. Abbildung 9 zeigt die Karte des aktuellen Erosionsrisikos des Ackerlandes der Schweiz.

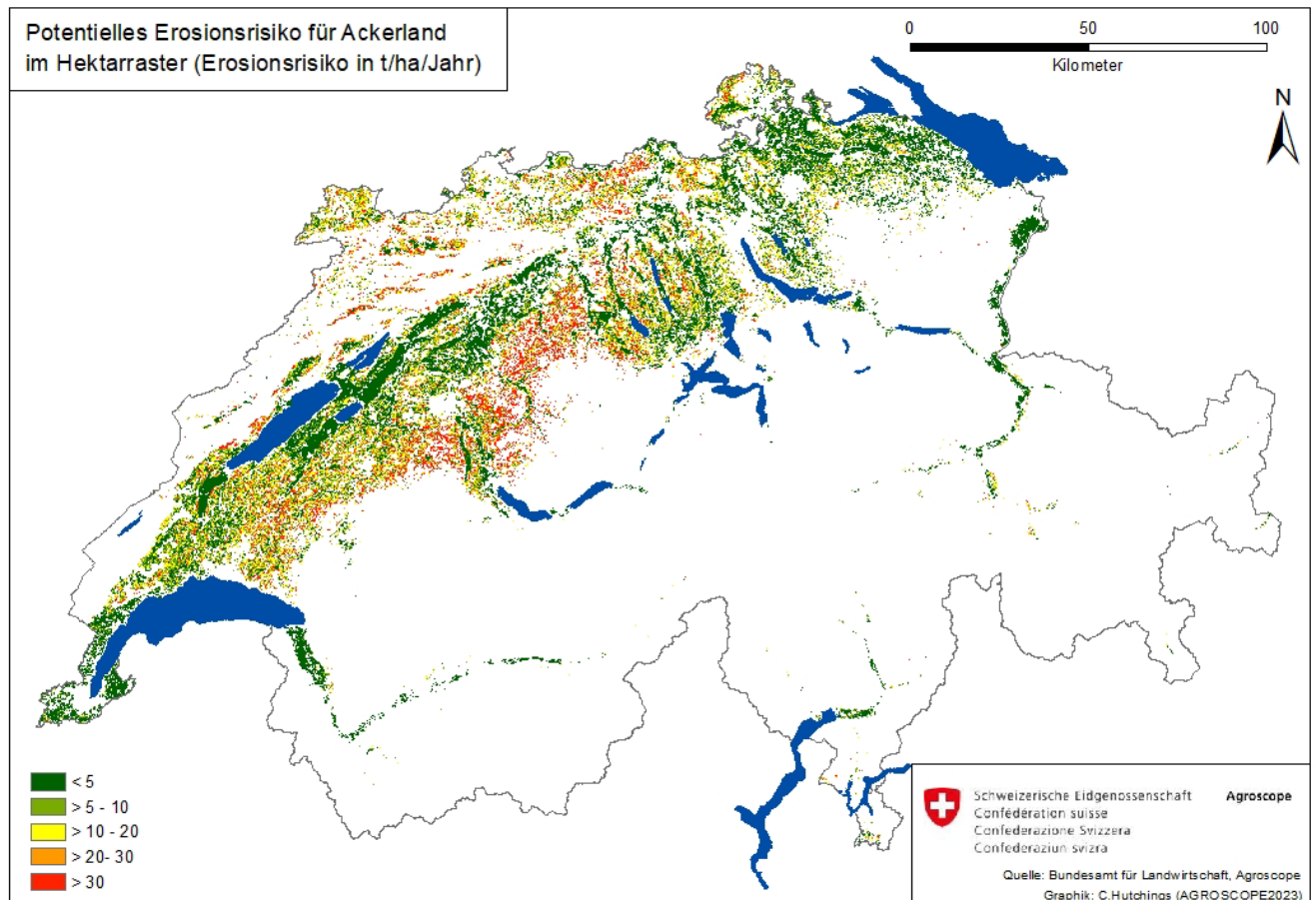


Abbildung 8: Karte des potentiellen Erosionsrisiko (t/ha/Jahr) des Ackerlandes der Schweiz im Hektarraster.

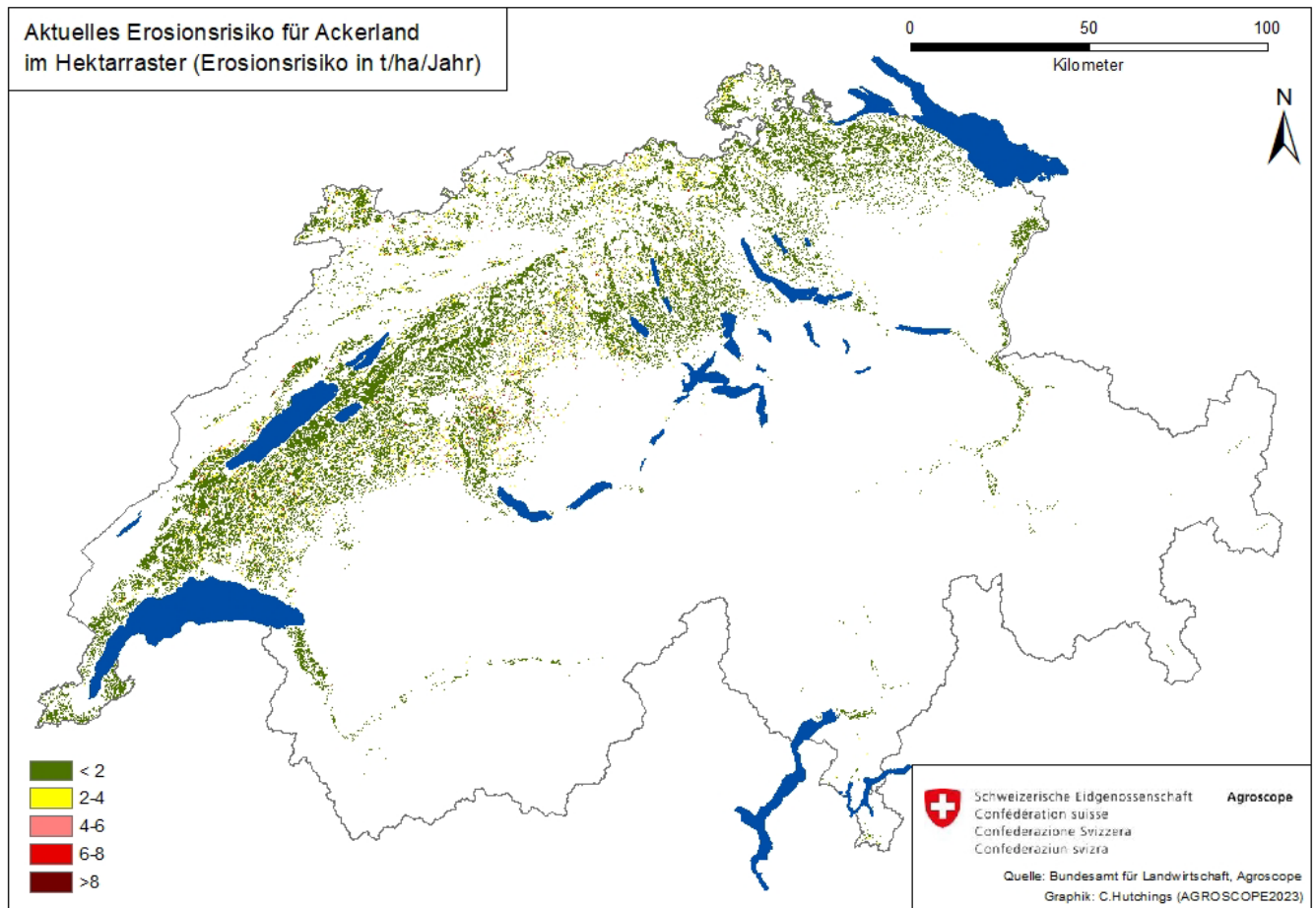


Abbildung 9: Karte des aktuellen Erosionsrisiko (t/ha/Jahr) des Ackerlandes der Schweiz im Hektarraster.

Der mittlere potentielle Bodenabtrag (Faktoren $R \times K \times L \times S$ der USLE) liegt bei 12.7 t/ha/Jahr (Tab. 20, Tab. 21). Mit dem C- und P-Faktor für das Jahr 2020 verrechnet ergibt sich daraus ein mittlerer aktueller Bodenabtrag von 0.81 t/ha/Jahr. Für die knapp 390'000 ha Ackerfläche der Schweiz resultiert daraus ein totaler Bodenabtrag von etwa 314'000 t für das Jahr 2020. Ein hohes potentielles Erosionsrisiko liegt vor allem in den Voralpen vor, bedingt durch relativ hohe Hangneigungen in dieser Region (Abb. 8). Beim aktuellen Erosionsrisiko zeichnet sich bei der nationalen Übersicht keine Hot-spot-Region ab (Abb. 9). In der ganzen Schweiz ist das aktuelle Erosionsrisiko relativ niedrig (<2 t/ha/Jahr), nur vereinzelte Hektare weisen ein mittleres oder hohes Erosionsrisiko auf. Bedingt durch die Aggregationsmethode ist der mittlere potentielle Bodenabtrag allerdings mit 12.7 t/ha/Jahr rund 9 % tiefer als bei der Erosionsrisikokarte im 2-m-Raster (14.0 t/ha/Jahr). Da die Ackerfläche gemäss Arealstatistik in der vorliegenden Berechnung aber um rund 10 % höher ist als in der Erosionsrisikokarte im 2-m-Raster, ist die Abtragsumme gemäss vorliegender Berechnungsweise und Erosionsrisikokarte im 2-m-Raster gleich gross. Bei einer anderen Aggregationsmethode oder Verwendung von parzellenscharfen Daten zu den Ackerflächen könnte der mittlere aktuelle Bodenabtrag leicht höher liegen.

Beim aktuellen Erosionsrisiko wurden die Abtragsklassen (Abb. 9 und Tab. 22) in Anlehnung an die Richtwerte der VBBo gewählt. Demnach ist das aktuelle Erosionsrisiko mit <2 t/ha/Jahr als gering bzw. tolerierbar einzustufen und wurde entsprechend in der Karte in grün eingefärbt und nicht weiter differenziert, obwohl 90 % aller Ackerflächen in diese Klasse fallen. Mit 2-4 t/ha/Jahr ist der Abtrag je nach Gründigkeit des Bodens allenfalls nicht mehr tolerierbar und wurde daher in gelb dargestellt. Gut 8 % aller Ackerflächen fallen in diese Klasse. Mehr als 4 t/ha/Jahr Bodenabtrag sind gemäss VBBo langjährig nicht tolerierbar und wurde in der Karte entsprechend rot eingefärbt. Insgesamt 7214 ha bzw. 1.8 % aller Ackerflächen überschreiten nach unseren Modellberechnungen den tolerierbaren Bodenabtrag langfristig. Davon haben 424 ha mit mehr als 8 t/ha/Jahr ein doppelt so hohen Bodenabtrag als tolerierbar (Tab. 22). Auf allen Flächen mit Richtwertüberschreitungen müssten gemäss VBBo Massnahmen zur Verminderung

der Bodenerosion durchgeführt werden. Da aber die C-Faktoren nur gemeindespezifisch berechnet wurden, der P-Faktor pauschal für alle Hektaren gleich gerechnet wurde und das Hektarraster der Arealstatistik die räumliche Bezugsgrösse ist, dürfen diese Werte bzw. die Erosionsrisikokarte nicht überinterpretiert werden. Auf der Grundlage der vorliegenden Karte können keine parzellenscharfen Aussagen bezüglich notwendiger Minderungsmassnahmen getroffen werden. Die Karte zeigt nur Grössenordnungen des Bodenabtrages an, und auch räumliche Aussagen können nur regional und nicht parzellenscharf getroffen werden.

Tabelle 20: Potentielles und aktuelles Erosionsrisiko des Ackerlandes der Schweiz.

	Fläche (ha)*	Mittlerer Bodenabtrag (t/ha/Jahr)	Total Bodenabtrag (t/Jahr)
Potentielles Erosionsrisiko Ackerland	386'264	12.7	4'923'870
Aktuelles Erosionsrisiko Ackerland	386'249	0.81	313'627

*Kleine Unterschiede ergeben sich durch unterschiedliche Verschneidungen im GIS

Tabelle 21: Verteilung des potentiellen Erosionsrisikos auf die verschiedenen Abtragsklassen.

Abtragsklasse (t/ha/Jahr)	Fläche (ha)	Prozent
<5	178'995	46.3
5-10	70'465	18.2
10-20	64'235	16.6
20-30	29'748	7.7
>30	42'821	11.1

Tabelle 22: Verteilung des aktuellen Erosionsrisikos auf die verschiedenen Abtragsklassen.

Abtragsklasse (t/ha/Jahr)	Fläche (ha)	Prozent
<2	347'419	89.9
2-4	31'616	8.2
4-6	4'330	1.1
6-8	2'460	0.6
>8	424	0.1

Im Vergleich mit dem kartierten Bodenabtrag im Erosions-Langzeitmonitoringgebiet Frienisberg ist der mittlere Bodenabtrag des Ackerlandes der Schweiz des Jahres 2020 mit 0.81 t/ha/Jahr deutlich höher. In Frienisberg wurde in den Jahren 1997/98 bis 2006/07 ein mittlerer Bodenabtrag von 0.70 t/ha/Jahr im Feld kartiert, in den Jahren 2007/08 bis 2020/21 dann nur noch 0.15 t/ha/Jahr (Prasuhn et al., 2022). In Frienisberg ist aber auch der Anteil konservierender Bodenbearbeitungsverfahren in der zweiten Periode mit rund 75 % massiv höher als im Schweizer Durchschnitt mit weniger als 20 %. Entsprechend betrug auch der C-Faktor im Gebiet Frienisberg mit 0.051 nur rund die Hälfte des mittleren C-Faktors der Schweiz von 0.100 (s. Kap. 4.2).

In der Region Frienisberg hatten in der Periode 1997/98 bis 2006/07 2.5 % der 203 untersuchten Parzellen den tolerierbaren Bodenabtrag von 4 t/ha/Jahr im langjährigen Mittel überschritten und 4.4 % lagen im kritischen Bereich zwischen 2-4 t/ha/Jahr (Prasuhn, 2020). In der Periode 2007/08 bis 2020/21 hatten dann nur noch 1.5 % der 203 Parzellen einen Bodenabtrag von >2 t/ha/Jahr. Die Anzahl Parzellen mit Richtwertüberschreitungen hat also in der Region Frienisberg – ähnlich wie die mittleren kartierten Bodenabträge – deutlich abgenommen und war geringer als für die gesamte Schweiz berechnet (Tab. 22). Da in der Region Frienisberg aber der Anteil konservierender Bodenbearbeitungsverfahren deutlich höher ist als in der Schweiz, stimmt die Grössenordnung an Parzellen mit Richtwertüberschreitungen für die gesamte Schweiz aber.

Im internationalen Vergleich ist der berechnete mittlere Bodenabtrag des Ackerlandes der Schweiz relativ gering (Prasuhn, 2020). Panagos et al. (2015) kalkulierten den mittleren Bodenabtrag mit der RUSLE für 28 Länder der EU. Die Abtragswerte variierten zwischen 0.54 t/ha/Jahr (Niederlande) bis 15.93 t/ha/Jahr (Malta) bei einem Mittelwert von 2.67 t/ha/Jahr für das Ackerland aller 28 Länder. Mit der USLE/RUSLE modellierte Abtragswerte können aber ohne regionale Anpassungen zu einer Überschätzung des Bodenabtrages führen (Bircher et al., 2022).

7 Fazit und Ausblick

Mit dem vorliegenden Bericht liegt eine ausführliche Methodendokumentation für den AUI Erosionsrisiko vor, der sämtliche Grundlagendaten in tabellarischer Form umfasst. Damit kann die Berechnungsweise Schritt für Schritt nachvollzogen werden und es können bei Bedarf Anpassungen der Eingangsdaten vorgenommen werden, falls sich in Zukunft z. B. die Kulturphasen oder die Erosivitätswerte aufgrund des Klimawandels verändern sollten. Die Auswertungen des AGRO-TECH-Datensatzes von 2009-2019 der rund 290 Betriebe ermöglichte auch Einblicke in wichtige anbautechnische Fragen hinsichtlich des Erosionsrisikos in der Schweiz. So konnte der Einfluss verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren, bestimmter Kulturkombinationen, der Nutzung der Ackerflächen über den Winter und der Einfluss von Kunstwiesen aufgezeigt werden.

Aus dem umfangreichen Datensatz konnten kulturspezifische C-Faktoren für die Schweiz ermittelt werden, die für weitere Erosionsmodellierungen in Zukunft genutzt werden können. Die kulturspezifischen C-Faktoren der Schweiz wurden mit entsprechenden Daten einer in Deutschland entwickelten Methode verglichen (Auerswald et al., 2021). Grundsätzlich ergibt sich eine befriedigende Übereinstimmung zwischen den ermittelten kulturspezifischen C-Faktoren in der Schweiz und in Deutschland. Kleinere geografisch bedingte Unterschiede bei den Zeitpunkten der verschiedenen Kulturphasen (Saat, 10 %-, 50 %-, 75 %-Bodenbedeckungsphase, Ernte) und der Erosivitätswerte führen zu gewissen Abweichungen. Zudem sorgen grosse Unterschiede bei den Kulturabfolgen und den Bodenbearbeitungsverfahren zu Unterschieden bei den mittleren kulturspezifischen C-Faktorwerten. Mit einem Wert von 0.100 (inklusive Freilandgemüse) bzw. 0.093 (ohne Freilandgemüse) ist der flächengewichtete mittlere C-Faktor der Schweiz deutlich geringer als der entsprechende Wert in Deutschland mit 0.124 (ohne Freilandgemüse). Der hohe Anteil an Kunstwiesen in der Fruchtfolge (32 %) sowie der relativ hohe Anteil an Ackerflächen mit konservierenden Bodenbearbeitungsverfahren (18 %) in der Schweiz sind ausschlaggebend dafür.

Durch die Verschneidung mit agrarstatistischen Daten der Schweiz wurde eine C-Faktorkarte auf Gemeindeebene erstellt. Die Verknüpfung dieser Karte mit der bereits existierenden Karte des potentiellen Erosionsrisikos führte zu einer Karte des aktuellen Erosionsrisikos der Schweiz. Beide Karten sind für die landwirtschaftliche Beratung und die Politikberatung hilfreich. Der berechnete mittlere aktuelle Bodenabtrag beträgt demnach 0.81 t/ha*Jahr. Für die knapp 390'000 ha Ackerfläche der Schweiz resultiert daraus ein totaler Bodenabtrag von etwa 314'000 t für das Jahr 2020. In der ganzen Schweiz ist das aktuelle Erosionsrisiko relativ niedrig (<2 t/ha/Jahr), nur gut 8 % der Ackerfläche weist ein mittleres (2-4 t/ha/Jahr) und 1.8 % ein hohes (>4 t/ha/Jahr) Erosionsrisiko auf. Je nach Gründigkeit des Bodens sind mehr als 2 bzw. 4 t/ha/Jahr Bodenabtrag gemäss Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) langjährig nicht tolerierbar. Insgesamt 31'616 ha liegen im kritischen Abtragsbereich von 2-4 t/ha/Jahr und 7214 ha überschreiten mit >4 t/ha/Jahr nach unseren Modellberechnungen den tolerierbaren Bodenabtrag in jedem Fall langfristig. Auf diesen rund 10 % der Ackerflächen sind Erosionsschutzmassnahmen erforderlich.

In Zukunft könnte für derartigen Berechnungen die verwendete Ackerfläche aus der Arealstatistik durch die neu vorliegenden jährlichen, parzellenscharfen kantonalen Daten zur Verbreitung der Ackerflächen ersetzt werden. Dadurch würde die geografische Lage der Ackerparzellen – vor allem die Lage am Hang – präziser abgebildet werden. Da zu diesen parzellenscharfen Daten auch die Angabe der angebauten Kultur jedes Jahr angegeben wird, können in Zukunft auch die bisher verwendeten gemeindespezifischen C-Faktoren durch parzellenspezifische C-Faktorwerte ersetzt werden. Auch dies wird zu einer – vor allem räumlich – präziseren Abschätzung des aktuellen Erosionsrisikos führen. Eine Publikation, die die kantonalen Polygone als Grundlage verwendet, ist bereits in Arbeit. Um eine vollständige Fruchtfolge aller Parzellen abbilden zu können, sind allerdings noch einige Jahre abzuwarten, dauert eine Fruchtfolge doch in der Schweiz häufig rund sieben Jahre.

Eine weitere Möglichkeit zur automatisierten und flächendeckenden Erfassung der Landnutzung besteht in der Nutzung von Fernerkundungsdaten. Mittels Sentinel-Daten können Kulturen, Fruchtfolgen und Bodenbedeckungsgrad parzellenscharf, zeitnah und regelmässig erfasst werden, um beispielsweise unzureichend bedeckte Flächen zu identifizieren oder um C-Faktoren zu berechnen (Matthews et al., 2023, Blickensdörfer et al., 2022). Dadurch könnten nach Starkregenereignissen Ackerflächen mit grossen Erosionsschäden leichter identifiziert werden.

8 Literaturverzeichnis

- Alewell C, Borrelli P, Meusburger K, Panagos P. (2019): Using the USLE: chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. *International Soil and Water Conservation Research* 7(3), 203–225.
- Auerswald, K., Kainz, M. (1998): Erosionsgefährdung durch Sonderkulturen (C-Faktor). *Bodenschutz* 3, 98–102.
- Auerswald, K., Fischer, F.K., Winterrath, T., Brandhuber, R. (2019): Rain erosivity map for Germany derived from contiguous radar rain data. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 23, 1819–1832. <https://doi.org/10.5194/hess-23-1819-2019>.
- Auerswald, K., Ebertseder, F., Levin, K., Yuan, Y., Prasuhn, V., Plambeck, N. O., Menzel, A., Kainz, M. (2021): Summable C factors for contemporary soil use. *Soil and Tillage Research*, 213, 105155.
- Badreldin, N., Lobb, D. A. (2023): The Costs of Soil Erosion to Crop Production in Canada between 1971 and 2015. *Sustainability*, 15(5), 4489.
- Bircher, P., Liniger, H. P., Prasuhn, V. (2019): Aktualisierung und Optimierung der Erosionsrisikokarte (ERK2). Die neue ERK2 (2019) für das Ackerland der Schweiz. Schlussbericht 2019. Agroscope und CDE Bern.
- Bircher, P., Liniger, H. P., Prasuhn, V. (2022): Comparison of long-term field-measured and RUSLE-based modelled soil loss in Switzerland. *Geoderma Regional*, 31, e00595.
- Bircher, P., Liniger, H. P., Kupferschmied, P., Prasuhn, V. (2021): Tools for USLE-CP-factor calculation and actual erosion risk on field block level for Switzerland. *MethodsX*, 8, 101569.
- BFS (2020): Landwirtschaftliche Betriebszählungen 2020. Bundesamt für Statistik.
- BFS (2009-2019): Landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) auf Klassifizierungsebene 3 nach Kanton. Bundesamt für Statistik. <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/daten.assetdetail.24945304.html>
- Blickensdörfer, L., Schwieder, M., Pflugmacher, D., Nendel, C., Erasmi, S., Hostert, P. (2022): Mapping of crop types and crop sequences with combined time series of Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 data for Germany. *Remote sensing of environment*, 269, 112831. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112831>
- BLW (2022a): Agrarberichte des Bundesamtes für Landwirtschaft. [Agrarbericht 2022 - Agrarumweltindikatoren \(AUI\)](https://apps.agroscope.info/sp/za-aii/2/app/datenreihe?lang=D), <https://apps.agroscope.info/sp/za-aii/2/app/datenreihe?lang=D>
- BLW (2022b): AGIS Daten Kulturen, RE-Programm und Tierzahlen. Bundesamt für Landwirtschaft.
- Boardman, J. (2021): How much is soil erosion costing us? *Geography*, 106(1), 32-38. <https://doi.org/10.1080/00167487.2020.1862584>.
- Boardman, J., Vandaele, K. (2023): Soil erosion and runoff: the need to re-think mitigation strategies for sustainable agricultural landscapes in western Europe. *Soil Use and Management*. <https://doi.org/10.1111/sum.12898>
- Boardman, J., Evans, B., Favis-Mortlock, D., Foster, I., Vandaele, K. (2023): Progress in soil erosion research: A European perspective. *Journal of Soil and Water Conservation* 78 (3), 69A-74A; <https://doi.org/10.2489/jswc.2023.0223A>
- Bockstaller, C., Guichard, L., Makowski, D., Aveline, A., Girardin, P., Plantureux, S. (2008): Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. *Agronomy for sustainable development*, 28, 139-149. DOI: 10.1051/agro:2007052.
- Borrelli, P., Panagos, P. (2020): An indicator to reflect the mitigating effect of Common Agricultural Policy on soil erosion. *Land Use Policy*, 92, Article 104467. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2020.104467>.
- Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J. A. A., Baartman, J., Ballabio, C., ... Panagos, P. (2021): Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. *Science of the total environment*, 780, 146494.
- Efthimiou, N., Psomiadis, E., Papanikolaou, I., Soulis, K. X., Borrelli, P., Panagos, P. (2022): A new high resolution object-oriented approach to define the spatiotemporal dynamics of the cover-management factor in soil erosion modelling. *Catena*, 213, Article 106149. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2022.106149>

- FAO (2019): Soil Erosion: The Greatest Challenge to Sustainable Soil Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.
- FAO & ITPS (2015): Status of the World's Soil Resources – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils: Rome
- Gilgen, A., Drobnik, T., Mann, S., Flury, C., Mack, G., Ritzel, C., Roesch, A., Gaillard, G. (2022a). Can agricultural policy achieve environmental goals through an indicator-based direct payment system? Q Open. <https://doi.org/10.1093/qopen/qoac034>
- Gilgen, A., Drobnik, T., Roesch, A., Mack, G., Ritzel, C., Iten, L., Flury, C., Mann, S., Gaillard, G. (2022b): Indikatorbasierte Direktzahlungen im Agrarumweltbereich. Schlussbericht ans Bundesamt für Landwirtschaft. Agroscope Science, 136, 2022, 1-101.
- Gilgen, A., Blaser, S., Schneuwly, J., Liebisch, F., Merbold, L. (2023): The Swiss agri-environmental data network (SAEDN): Description and critical review of the dataset. Agricultural Systems, 205, 103576.
- Gisler, S., Liniger, H.P., Prasuhn, V. (2010): Technisch-wissenschaftlicher Bericht zur Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2x2-Meter-Raster (ERK2). Bericht im Auftrag des BLW, 113 S.
- Gobin, A., Jones, R., Kirkby, M., Campling, P., Govers, G., Kosmas, C., Gentile, A. R. (2004): Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water. Environmental Science & Policy, 7(1), 25-38.
- Hürdler, J., Prasuhn, V., Spiess, E. (2015): Abschätzung diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer der Schweiz. MODIFFUS 3.0. Bericht z. H. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Agroscope, Zürich, 117 S.
- Hutchings, C., Spiess, E., Prasuhn, V. (2023): Abschätzung diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer der Schweiz mit MODIFFUS 3.1, Stand 2020. Agroscope Science (im Druck)
- Matthews, F., Verstraeten, G., Borrelli, P., Panagos, P. (2023): A field parcel-oriented approach to evaluate the crop cover-management factor and time-distributed erosion risk in Europe. International Soil and Water Conservation Research, 11(1), 43-59.
- Montanarella, L. (2003). The EU thematic strategy on soil protection. In: Land Degradation in Central and Eastern Europe. R.J.A. Jones and L. Montanarella (eds.). European Soil Bureau Research Report No.10. EUR 20688 EN, (2003), 324 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, pp. 15-29.
- Mosimann, T., Rüttimann, M. (2006a): Dokumentation Berechnungsgrundlagen zum Fruchtfolgefaktor zentrales Mittelland 2005 im Modell Erosion CH (Version V2.02). Terragon, Bubendorf.
- Mosimann, T., Rüttimann, M. (2006b): Bodenerosion selber abschätzen. Erosion V2.02 – Ackerbauggebiete des zentralen Mittellandes. Elektronisches Tool.
- OECD (2013): OECD Compendium of Agri-environmental Indicators, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264181151-en>
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C. (2015a): The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. Environmental Science & Policy. 54: 438-447.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., Montanarella, L. (2015b): Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. Land Use Policy, 48, 38e50. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.021>
- Prasuhn, V. (2015): Erfahrungen, Erfolge und Probleme mit Bodenerosionsrichtwerten auf Ackerflächen. Bulletin BGS 36, 11-18.
- Prasuhn, V. (2020): Twenty years of soil erosion on-farm measurement: Annual variation, spatial distribution and the impact of conservation programmes for soil loss rates in Switzerland. Earth Surf. Process. Landforms. <https://doi.org/10.1002/esp.4829>
- Prasuhn, V. (2022): Experience with the assessment of the USLE cover-management factor for arable land compared with long-term measured soil loss in the Swiss Plateau. Soil and Tillage Research, 215, 105199.

- Prasuhn V. und Schaub D. (1996): Bodenerosionskarte der Schweiz. BGS Dokument Nr. 8, 11-14.
- Prasuhn V., Grünig K., (2001): Evaluation der Ökomassnahmen: Phosphorbelastung der Oberflächengewässer durch Bodenerosion / FAL-Schriftenreihe Nr. 37, 152 S.
- Prasuhn, V., Mohni, R. (2003): GIS-gestützte Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffeinträge aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern. Bericht z.H. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft Kanton Bern (GSA), 223 S.
- Prasuhn, V., Blaser, S. (2018): Der Agrarumweltindikator «Erosionsrisiko». Bulletin BGS, 39, 11-18.
- Prasuhn, V., Hofer, P., Liniger, H.P. (2022): 24 Jahre Erosionsmonitoring in der Region Frienisberg. Agrarforschung Schweiz 13, 86-95.
- Prasuhn, V., Liniger, H.P., Hurni, H. Friedli, S. (2007): Bodenerosionsgefährdungskarte der Schweiz. – Agrarforschung 14/3, 120-127
- Prasuhn, V., Liniger, H.P., Gisler, S., Herweg, K., Candinas, A., Clément, J.-P. (2013): A high-resolution soil erosion risk map of Switzerland as strategic policy support system. Land Use Policy 32, 281-291.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C., (1997): Predicting Soil Erosion by Water, a Guide for Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture Handbook 703. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, D.C.
- Roesch, A., Flury, C., Nemecek, T., Mann, S., Ritzel, C., Gilgen, A. (2023): Indicator-based agri-environmental direct payments: Assessment of three systems of different complexity levels. Ecological Indicators, 147, 109886.
- Schaub, D., Prasuhn, V. (1998): A map on soil erosion on arable land as a planning tool for sustainable land use in Switzerland. In: Blume H.P., Eger H., Fleischhauer E., Hebel A., Reij C. und Steiner K.G.(Eds.): Towards sustainable land use. Advances in GeoEcology 31, 161-168.
- Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmassnahmen. Ulmer, Stuttgart, 64 S..
- Steinhoff-Knopp, B., Saggau, P. (2023): The impact of new detailed (R)USLE-C-factor maps for Germany on soil loss estimates. EGU23-9334, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9334>
- Strauss, V., Paul, C., Dönmez, C., Löbmann, M., Helming, K. (2023): Sustainable soil management measures: a synthesis of stakeholder recommendations. Agronomy for Sustainable Development, 43(1), 17. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-022-00864-7>
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. USDA Agricultural Handbook No. 537.
- Xiong, M., Leng, G., Tang, Q. (2023): Global Analysis of the Cover-Management Factor for Soil Erosion Modeling. Remote Sens. 2023, 15, 2868. <https://doi.org/10.3390/rs15112868>

9 Anhang

Tabelle A1: Fixe C-Faktoren für Dauerkulturen und bestimmte andere Kulturen.

Kultur	C-Faktor
Kunstpflanzen mehrjährig	0.004
Naturwiesen und Weiden	0.004
Obst, Streuobst	0.010
andere Sonderkulturen	0.100
Rotationsbrache	0.100
Buntbrache	0.030
Kulturen in Gewächshaus	0.000
Saum auf Acker	0.030
Gemüse (alle Arten)	0.400
Erdbeeren	0.400
Hopfen	0.490
Spargel	0.500
Weiden für Schweine	0.300
Schwarzbrache	0.320
Reben pflanzen ohne Mulchen	0.800
Reben pflanzen mit Mulchen	0.320
Reben - Bodenbearbeitung ohne Mulchen	0.400
Reben - Bodenbearbeitung mit Mulchen	0.100
Reben begrünt ohne Bodenbearbeitung	0.030

Tabelle A2: Kulturkalender für das Talgebiet.

Talgebiet	Bodenbearbeitung - Saat	Saat - 10 % Bedeckung	10 % Bedeckung - 50 %	50 % Bedeckung - 75 %	75 % Bedeckung - Ernte	Ernte – Bodenbearbeitung
Kulturphase (Nr.)	1	2	3	4	5	6
Kultur (alphabetisch)	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum
Buchweizen	04.05.	05.05.	20.05.	15.06.	30.06.	15.09.
CCM	30.04.	01.05.	01.06.	25.06.	09.07.	12.10.
Dinkel (Winterkorn)	17.10.	18.10.	07.12.	28.03.	11.04.	27.07.
Faserhanf	24.04.	25.04.	10.05.	01.06.	15.06.	05.09.
Feuchtkörnermais	24.04.	25.04.	25.05.	20.06.	09.07.	14.10.
Frühkartoffeln	06.04.	07.04.	01.05.	20.05.	03.06.	12.08.
Futterkartoffeln	13.04.	14.04.	10.05.	30.05.	10.06.	11.09.
Futterrüben	31.03.	01.04.	13.05.	13.06.	28.06.	14.10.
Futterweizen	19.10.	20.10.	07.12.	28.03.	11.04.	29.07.
Hirse	30.04.	01.05.	01.06.	25.06.	09.07.	05.09.
Industriekartoffeln	09.04.	10.04.	06.05.	30.05.	10.06.	26.09.
Kenaf	24.05.	25.05.	15.07.	05.08.	25.08.	15.10.
Körnermais	27.04.	28.04.	03.06.	24.06.	05.07.	17.10.
Kunstwiese/Mähweide extensiv	siehe Zwischenkulturen					
Kunstwiese/Mähweide intensiv	siehe Zwischenkulturen					
Kunstwiese/Mähweide mittelintensiv	siehe Zwischenkulturen					
Kunstwiese/Mähweide wenig intensiv	siehe Zwischenkulturen					
Lieschkolbenschrot	05.05.	06.05.	04.06.	27.06.	09.07.	10.10.
Ölhanf	24.04.	25.04.	10.05.	01.06.	15.06.	05.09.
Reis	14.05.	15.05.	15.06.	15.07.	15.08.	15.10.
Saatkartoffeln	09.04.	10.04.	01.05.	20.05.	03.06.	12.08.
Saatmais	30.04.	01.05.	01.06.	25.06.	09.07.	15.10.
Silomais	09.05.	10.05.	08.06.	30.06.	09.07.	28.09.
Soja	24.04.	25.04.	01.06.	25.06.	05.07.	01.10.
Sommerackerbohnen	13.03.	14.03.	18.04.	08.05.	20.05.	19.08.
Sommereiweisserbsen	14.03.	15.03.	12.04.	27.04.	27.05.	20.07.
Sommeremmer-/einkorn	15.03.	16.03.	17.04.	4.05.	21.05.	01.08.
Sommergerste	19.03.	20.03.	19.04.	08.05.	20.05.	16.07.
Sommerhafer	19.03.	20.03.	21.04.	14.05.	27.05.	10.08.
Sommerlein (Fasergewinn)	20.03.	21.03.	01.05.	01.06.	01.07.	31.08.
Sommerlein (Ölgewinn)	20.03.	21.03.	01.05.	01.06.	01.07.	31.08.
Sommerraps als NWR	14.03.	15.03.	05.04.	25.04.	05.05.	15.08.
Sommerraps für Speiseöl	14.03.	15.03.	05.04.	25.04.	05.05.	15.08.
Sommertriticale	19.03.	20.03.	19.03.	06.05.	18.05.	10.08.
Sommerweizen	15.03.	16.03.	17.04.	4.05.	21.05.	01.08.
Sonnenblumen als NWR	10.04.	11.04.	01.06.	15.06.	28.06.	25.09.
Sonnenblumen für Speiseöl	10.04.	11.04.	01.06.	15.06.	28.06.	25.09.
Speisekartoffeln	13.04.	14.04.	10.05.	30.05.	10.06.	11.09.
Süsslupinen	19.03.	20.03.	25.04.	07.05.	18.05.	15.09.
Tabak Burley	09.05.	10.05.	25.05.	10.06.	30.06.	20.08.
Tabak Virginia	09.05.	10.05.	25.05.	10.06.	30.06.	20.08.
Urhanf	08.05.	09.05.	04.06.	27.06.	09.07.	05.09.

Talgebiet	Bodenbearbeitung - Saat	Saat - 10 % Bedeckung	10 % Bedeckung - 50 %	50 % Bedeckung - 75 %	75 % Bedeckung - Ernte	Ernte – Bodenbearbeitung
Kulturphase (Nr.)	1	2	3	4	5	6
Kultur (alphabetisch)	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum
Winterackerbohnen	15.10.	16.10.	07.12.	28.03.	11.04.	30.08.
Wintereiweisserbsen	15.10.	16.10.	07.12.	28.03.	11.04.	13.07.
Winteremmer / -einkorn	14.10.	15.10.	07.12.	28.03.	11.04.	29.07.
Wintergerste	26.09.	27.09.	18.10.	22.11.	09.03.	06.07.
Winterhafer	24.09.	25.09.	12.10.	11.12.	18.03.	01.08.
Winterlein (Fasergewinn)	14.09.	15.09.	30.09.	20.10.	10.03.	16.08.
Winterlein (Ölgewinn)	14.09.	15.09.	30.09.	20.10.	10.03.	16.08.
Winterraps als NWR	28.08.	29.08.	14.09.	03.10.	04.11.	17.07.
Winterraps für Speiseöl	28.08.	29.08.	14.09.	03.10.	04.11.	17.07.
Winterroggen (Hybridsorten)	25.09.	26.09.	14.10.	23.11.	08.03.	26.07.
Winterroggen (Populationssorten)	25.09.	26.09.	14.10.	23.11.	08.03.	26.07.
Wintertriticale	04.10.	05.10.	27.10.	28.11.	20.03.	29.07.
Winterweizen nach Zuckerrüben, Futterrüben, Körnermais	24.10.	25.10.	20.03.	15.04.	01.05.	29.07.
Winterweizen Standard	14.10.	15.10.	07.12.	28.03.	11.04.	29.07.
Zuckerrüben	21.03.	22.03.	10.05.	12.06.	28.06.	20.10.

Tabelle A3: Kulturkalender für das Hüggebiet.

Hüggebiet	Bodenbearbeitung - Saat	Saat - 10 % Bedeckung	10 % Bedeckung - 50 %	50 % Bedeckung - 75 %	75 % Bedeckung - Ernte	Ernte - Bodenbearbeitung
Kulturphase (Nr.)	1	2	3	4	5	6
Kultur (alphabetisch)	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum
Buchweizen	07.05.	08.05.	20.05.	15.06.	30.06.	18.09.
CCM	30.04.	01.05.	01.06.	25.06.	09.07.	12.10.
Dinkel (Winterkorn)	06.10.	07.10.	01.12.	30.03.	12.04.	28.07.
Faserhanf	24.04.	25.04.	10.05.	01.06.	15.06.	05.09.
Feuchtkörnermais	24.04.	25.04.	25.05.	20.06.	09.07.	14.10.
Frühkartoffeln	14.03.	15.03.	01.05.	20.05.	03.06.	18.08.
Futterkartoffeln	09.04.	10.04.	06.05.	30.05.	10.06.	16.09.
Futterrüben	31.03.	01.04.	13.05.	13.06.	28.06.	14.10.
Futterweizen	19.10.	07.10.	01.12.	28.03.	11.04.	01.08.
Hirse	30.04.	01.05.	01.06.	25.06.	09.07.	05.09.
Industriekartoffeln	09.04.	10.04.	06.05.	30.05.	10.06.	16.09.
Kenaf	24.05.	25.05.	15.07.	05.08.	25.08.	15.10.
Körnermais	27.04.	28.04.	03.06.	24.06.	05.07.	13.10.
Kunstwiese/Mähweide extensiv	siehe Zwischenkulturen					
Kunstwiese/Mähweide intensiv	siehe Zwischenkulturen					
Kunstwiese/Mähweide mittelintensiv	siehe Zwischenkulturen					
Kunstwiese/Mähweide wenig intensiv	siehe Zwischenkulturen					
Lieschkolbenschrot	05.05.	06.05.	04.06.	27.06.	09.07.	10.10.
Ölhanf	24.04.	25.04.	10.05.	01.06.	15.06.	05.09.
Reis	14.05.	15.05.	15.06.	15.07.	15.08.	15.10.
Saatkartoffeln	10.04.	11.04.	01.05.	20.05.	03.06.	10.08.
Saatmais	30.04.	01.05.	01.06.	25.06.	09.07.	15.10.
Silomais	11.05.	12.05.	10.06.	30.06.	09.07.	28.09.
Soja	24.04.	25.04.	01.06.	25.06.	05.07.	01.10.
Sommerackerbohnen	13.03.	14.03.	18.04.	08.05.	20.05.	19.08.
Sommereiweisserbsen	14.03.	15.03.	12.04.	27.04.	27.05.	20.07.
Sommeremmer/-einkorn	15.03.	16.03.	17.04.	04.05.	21.05.	01.08.
Sommergerste	19.04.	20.04.	19.05.	08.06.	20.06.	15.08.
Sommerhafer	13.03.	14.03.	17.04.	14.05.	27.05.	30.07.
Sommerlein (Fasergewinn)	20.03.	21.03.	01.05.	01.06.	01.07.	31.08.
Sommerlein (Ölgewinn)	20.03.	21.03.	01.05.	01.06.	01.07.	31.08.
Sommerraps als NWR	17.03.	18.03.	08.04.	27.04.	07.05.	20.08.
Sommerraps für Speiseöl	17.03.	18.03.	08.04.	27.04.	07.05.	20.08.
Sommertriticale	23.03.	24.03.	21.04.	06.05.	25.05.	14.08.
Sommerweizen	23.03.	24.03.	21.04.	06.05.	25.05.	14.08.
Sonnenblumen als NWR	13.04.	14.04.	01.06.	15.06.	28.06.	28.09.
Sonnenblumen für Speiseöl	13.04.	14.04.	01.06.	15.06.	28.06.	28.09.
Speisekartoffeln	17.04.	18.04.	13.05.	30.05.	10.06.	01.09.
Süsslupinen	19.03.	20.03.	25.04.	07.05.	18.05.	15.09.
Tabak Burley	09.05.	10.05.	25.05.	10.06.	30.06.	20.08.
Tabak Virginia	09.05.	10.05.	25.05.	10.06.	30.06.	20.08.
Urhanf	08.05.	09.05.	04.06.	27.06.	09.07.	05.09.

Hügelgebiet	Bodenbearbeitung - Saat	Saat - 10 % Bedeckung	10 % Bedeckung - 50 %	50 % Bedeckung - 75 %	75 % Bedeckung - Ernte	Ernte - Bodenbearbeitung
Kulturphase (Nr.)	1	2	3	4	5	6
Kultur (alphabetisch)	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum
Winterackerbohnen	12.10.	13.10.	04.12.	28.03.	11.04.	15.07.
Wintereiweisserbsen	12.10.	13.10.	04.12.	28.03.	11.04.	15.07.
Winteremmer / -einkorn	12.10.	13.10.	06.12.	30.03.	13.04.	31.07.
Wintergerste	23.09.	24.09.	17.10.	22.11.	12.03.	12.07.
Winterhafer	22.09.	23.09.	11.10.	11.12.	18.03.	04.08.
Winterlein (Fasergewinn)	12.09.	13.09.	30.09.	20.10.	10.03.	20.08.
Winterlein (Ölgewinn)	12.09.	13.09.	30.09.	20.10.	10.03.	20.08.
Winterraps als NWR	28.08.	29.08.	14.09.	03.10.	04.11.	21.07.
Winterraps für Speiseöl	28.08.	29.08.	14.09.	03.10.	04.11.	21.07.
Winterroggen (Hybridsorten)	23.09.	24.09.	13.10.	23.11.	08.03.	29.07.
Winterroggen (Populationssorten)	23.09.	24.09.	13.10.	23.11.	08.03.	29.07.
Wintertriticale	04.10.	05.10.	27.10.	28.11.	23.03.	04.08.
Winterweizen nach Zuckerrüben, Futterrüben, Körnermais	26.10.	27.10.	20.03.	15.04.	01.05.	31.07.
Winterweizen Standard	12.10.	13.10.	06.12.	30.03.	13.04.	31.07.
Zuckerrüben	18.03.	19.03.	10.05.	12.06.	28.06.	15.10.

Tabelle A4: Summenprozentanteile der täglichen Erosivitätsanteile für das Talgebiet.

Da- tum	Wert	Da- tum	Wert	Da- tum	Wert	Da- tum	Wert	Da- tum	Wert	Da- tum	Wert	Da- tum	Wert	Da- tum	Wert	Da- tum	Wert	Da- tum	Wert	Da- tum	Wert	Da- tum	Wert
01.01	0.22	01.02	2.21	01.03	3.56	01.04	5.42	01.05	10.62	01.06	18.65	01.07	34.30	01.08	65.94	01.09	82.85	01.10	90.50	01.11	94.45	01.12	96.68
02.01	0.22	02.02	2.21	02.03	3.65	02.04	5.84	02.05	10.92	02.06	18.80	02.07	34.48	02.08	66.64	02.09	82.87	02.10	90.50	02.11	94.56	02.12	97.01
03.01	0.22	03.02	2.33	03.03	3.92	03.04	5.84	03.05	10.92	03.06	19.44	03.07	35.09	03.08	66.64	03.09	83.34	03.10	90.74	03.11	94.73	03.12	97.01
04.01	0.22	04.02	2.45	04.03	4.24	04.04	5.91	04.05	11.15	04.06	19.44	04.07	35.09	04.08	66.84	04.09	83.54	04.10	90.74	04.11	94.93	04.12	97.11
05.01	0.95	05.02	2.52	05.03	4.27	05.04	6.20	05.05	11.20	05.06	19.55	05.07	36.87	05.08	67.25	05.09	83.54	05.10	90.74	05.11	95.03	05.12	97.11
06.01	1.16	06.02	2.62	06.03	4.27	06.04	6.25	06.05	11.20	06.06	20.05	06.07	37.29	06.08	67.50	06.09	83.74	06.10	90.87	06.11	95.03	06.12	97.11
07.01	1.21	07.02	2.62	07.03	4.27	07.04	6.25	07.05	11.20	07.06	20.05	07.07	37.37	07.08	68.50	07.09	83.96	07.10	91.01	07.11	95.03	07.12	98.58
08.01	1.21	08.02	2.68	08.03	4.33	08.04	6.30	08.05	11.42	08.06	20.18	08.07	40.20	08.08	70.35	08.09	84.24	08.10	91.40	08.11	95.10	08.12	98.67
09.01	1.25	09.02	2.68	09.03	4.35	09.04	6.30	09.05	11.63	09.06	20.26	09.07	40.20	09.08	70.54	09.09	84.99	09.10	91.40	09.11	95.19	09.12	98.73
10.01	1.32	10.02	2.82	10.03	4.35	10.04	6.30	10.05	11.63	10.06	20.26	10.07	40.32	10.08	70.75	10.09	85.47	10.10	91.48	10.11	95.33	10.12	98.73
11.01	1.32	11.02	2.82	11.03	4.35	11.04	6.40	11.05	11.83	11.06	21.79	11.07	41.74	11.08	70.87	11.09	85.62	11.10	91.59	11.11	95.42	11.12	99.38
12.01	1.32	12.02	2.82	12.03	4.44	12.04	6.58	12.05	12.26	12.06	22.63	12.07	42.52	12.08	71.29	12.09	85.91	12.10	91.68	12.11	95.42	12.12	99.38
13.01	1.35	13.02	2.85	13.03	4.59	13.04	6.58	13.05	15.26	13.06	23.47	13.07	42.71	13.08	74.13	13.09	85.97	13.10	91.68	13.11	95.49	13.12	99.38
14.01	1.35	14.02	2.85	14.03	4.59	14.04	6.58	14.05	15.26	14.06	23.47	14.07	44.36	14.08	76.20	14.09	88.13	14.10	91.68	14.11	95.90	14.12	99.38
15.01	1.35	15.02	3.08	15.03	4.62	15.04	6.64	15.05	15.26	15.06	23.59	15.07	44.48	15.08	76.20	15.09	88.13	15.10	91.84	15.11	95.95	15.12	99.38
16.01	1.42	16.02	3.18	16.03	4.62	16.04	6.74	16.05	15.35	16.06	26.63	16.07	46.46	16.08	76.29	16.09	88.57	16.10	92.72	16.11	95.95	16.12	99.38
17.01	1.42	17.02	3.21	17.03	4.68	17.04	6.74	17.05	15.56	17.06	26.90	17.07	48.93	17.08	76.63	17.09	88.71	17.10	92.72	17.11	96.09	17.12	99.38
18.01	1.42	18.02	3.21	18.03	4.76	18.04	6.74	18.05	16.00	18.06	26.90	18.07	48.93	18.08	76.63	18.09	88.71	18.10	92.81	18.11	96.09	18.12	99.48
19.01	1.52	19.02	3.29	19.03	4.85	19.04	6.74	19.05	16.21	19.06	30.06	19.07	48.93	19.08	76.96	19.09	88.91	19.10	92.89	19.11	96.09	19.12	99.58
20.01	1.67	20.02	3.33	20.03	4.85	20.04	7.82	20.05	16.37	20.06	30.60	20.07	50.93	20.08	77.77	20.09	89.23	20.10	92.99	20.11	96.16	20.12	99.58
21.01	1.87	21.02	3.36	21.03	4.85	21.04	7.82	21.05	16.60	21.06	31.02	21.07	51.20	21.08	78.40	21.09	89.23	21.10	93.40	21.11	96.20	21.12	99.58
22.01	1.87	22.02	3.36	22.03	4.85	22.04	8.02	22.05	16.60	22.06	31.36	22.07	58.40	22.08	78.40	22.09	89.59	22.10	93.51	22.11	96.27	22.12	99.58
23.01	1.87	23.02	3.36	23.03	4.85	23.04	8.26	23.05	16.67	23.06	31.92	23.07	59.03	23.08	79.25	23.09	89.68	23.10	93.63	23.11	96.38	23.12	99.58
24.01	1.97	24.02	3.36	24.03	5.00	24.04	8.26	24.05	16.67	24.06	32.23	24.07	59.16	24.08	79.25	24.09	89.89	24.10	93.63	24.11	96.38	24.12	99.62
25.01	2.02	25.02	3.47	25.03	5.00	25.04	8.32	25.05	17.37	25.06	33.41	25.07	59.16	25.08	79.55	25.09	89.97	25.10	93.91	25.11	96.38	25.12	99.62
26.01	2.07	26.02	3.47	26.03	5.11	26.04	9.93	26.05	17.59	26.06	33.86	26.07	59.16	26.08	80.18	26.09	90.02	26.10	93.91	26.11	96.38	26.12	99.62
27.01	2.10	27.02	3.47	27.03	5.42	27.04	10.06	27.05	17.99	27.06	34.16	27.07	60.43	27.08	80.88	27.09	90.13	27.10	93.91	27.11	96.51	27.12	99.79
28.01	2.10	28.02	3.47	28.03	5.42	28.04	10.06	28.05	18.17	28.06	34.16	28.07	60.62	28.08	81.12	28.09	90.13	28.10	94.02	28.11	96.51	28.12	99.79
29.01	2.10	29.02	3.50	29.03	5.42	29.04	10.27	29.05	18.23	29.06	34.16	29.07	60.70	29.08	81.25	29.09	90.30	29.10	94.25	29.11	96.54	29.12	99.86
30.01	2.10			30.03	5.42	30.04	10.55	30.05	18.65	30.06	34.30	30.07	61.91	30.08	82.14	30.09	90.38	30.10	94.25	30.11	96.68	30.12	99.93
31.01	2.10			31.03	5.42			31.05	18.65			31.07	65.82	31.08	82.59			31.10	94.35			31.12	100.00

Tabelle A5: Summenprozent der täglichen Erosivitätsanteile für das Hügellgebiet.

Datum	Wert	Datum	Wert	Datum	Wert	Datum	Wert	Datum	Wert	Datum	Wert	Datum	Wert	Datum	Wert	Datum	Wert	Datum	Wert	Datum	Wert	Datum	Wert
01.01	0.00	01.02	0.78	01.03	2.11	01.04	4.22	01.05	9.29	01.06	15.48	01.07	27.92	01.08	48.10	01.09	77.27	01.10	85.02	01.11	93.87	01.12	98.36
02.01	0.00	02.02	0.84	02.03	2.16	02.04	4.32	02.05	9.37	02.06	15.66	02.07	28.32	02.08	49.26	02.09	77.63	02.10	90.74	02.11	94.04	02.12	98.36
03.01	0.00	03.02	0.84	03.03	2.16	03.04	4.32	03.05	9.84	03.06	16.42	03.07	28.49	03.08	49.56	03.09	77.73	03.10	90.93	03.11	94.13	03.12	98.52
04.01	0.00	04.02	0.90	04.03	2.26	04.04	4.48	04.05	10.31	04.06	18.67	04.07	28.49	04.08	51.01	04.09	77.83	04.10	91.00	04.11	94.13	04.12	98.68
05.01	0.22	05.02	0.90	05.03	2.26	05.04	4.60	05.05	10.38	05.06	18.74	05.07	28.88	05.08	51.25	05.09	78.31	05.10	91.89	05.11	95.18	05.12	98.68
06.01	0.22	06.02	1.02	06.03	2.26	06.04	4.60	06.05	10.38	06.06	19.45	06.07	28.94	06.08	54.18	06.09	78.31	06.10	92.30	06.11	95.22	06.12	98.68
07.01	0.30	07.02	1.02	07.03	2.31	07.04	4.60	07.05	10.54	07.06	19.78	07.07	30.43	07.08	55.34	07.09	78.69	07.10	92.33	07.11	95.22	07.12	98.77
08.01	0.30	08.02	1.02	08.03	2.31	08.04	4.65	08.05	10.87	08.06	20.22	08.07	30.50	08.08	57.19	08.09	79.07	08.10	92.33	08.11	95.35	08.12	98.90
09.01	0.30	09.02	1.02	09.03	2.31	09.04	4.73	09.05	10.87	09.06	20.57	09.07	34.65	09.08	57.36	09.09	79.23	09.10	92.33	09.11	95.35	09.12	99.03
10.01	0.30	10.02	1.02	10.03	2.45	10.04	4.89	10.05	11.12	10.06	20.60	10.07	34.81	10.08	68.14	10.09	79.23	10.10	92.38	10.11	95.35	10.12	99.10
11.01	0.30	11.02	1.02	11.03	2.45	11.04	4.93	11.05	11.12	11.06	20.60	11.07	35.01	11.08	68.23	11.09	79.93	11.10	92.93	11.11	95.53	11.12	99.22
12.01	0.36	12.02	1.02	12.03	2.45	12.04	4.93	12.05	11.12	12.06	20.72	12.07	35.96	12.08	68.43	12.09	80.08	12.10	92.93	12.11	95.53	12.12	99.28
13.01	0.36	13.02	1.02	13.03	2.48	13.04	4.93	13.05	11.12	13.06	21.60	13.07	36.17	13.08	68.43	13.09	80.64	13.10	92.99	13.11	95.60	13.12	99.28
14.01	0.36	14.02	1.39	14.03	2.54	14.04	4.93	14.05	11.12	14.06	21.84	14.07	40.79	14.08	70.19	14.09	81.60	14.10	92.99	14.11	95.60	14.12	99.28
15.01	0.36	15.02	1.39	15.03	2.54	15.04	4.93	15.05	11.22	15.06	22.00	15.07	40.79	15.08	70.92	15.09	81.84	15.10	92.99	15.11	95.60	15.12	99.28
16.01	0.36	16.02	1.42	16.03	2.63	16.04	5.52	16.05	11.29	16.06	22.79	16.07	40.79	16.08	71.08	16.09	81.84	16.10	93.08	16.11	95.77	16.12	99.47
17.01	0.40	17.02	1.42	17.03	2.63	17.04	5.52	17.05	11.59	17.06	23.37	17.07	41.39	17.08	71.15	17.09	81.84	17.10	93.14	17.11	96.10	17.12	99.50
18.01	0.40	18.02	1.42	18.03	2.63	18.04	5.58	18.05	11.87	18.06	23.79	18.07	41.82	18.08	71.89	18.09	81.84	18.10	93.19	18.11	96.19	18.12	99.50
19.01	0.40	19.02	1.42	19.03	2.69	19.04	8.13	19.05	12.12	19.06	23.92	19.07	41.82	19.08	72.06	19.09	82.15	19.10	93.25	19.11	96.19	19.12	99.60
20.01	0.40	20.02	1.49	20.03	2.69	20.04	8.28	20.05	12.36	20.06	23.92	20.07	42.53	20.08	72.62	20.09	82.28	20.10	93.25	20.11	96.19	20.12	99.60
21.01	0.40	21.02	1.52	21.03	2.77	21.04	8.28	21.05	13.30	21.06	24.83	21.07	42.94	21.08	73.59	21.09	82.28	21.10	93.34	21.11	96.70	21.12	99.60
22.01	0.53	22.02	1.52	22.03	2.85	22.04	8.28	22.05	13.30	22.06	24.96	22.07	43.80	22.08	73.78	22.09	82.68	22.10	93.34	22.11	96.99	22.12	99.60
23.01	0.53	23.02	1.55	23.03	3.27	23.04	8.50	23.05	13.30	23.06	25.00	23.07	44.62	23.08	74.28	23.09	82.93	23.10	93.34	23.11	97.37	23.12	99.60
24.01	0.59	24.02	1.55	24.03	3.27	24.04	8.53	24.05	13.30	24.06	25.54	24.07	44.62	24.08	75.09	24.09	83.67	24.10	93.46	24.11	97.37	24.12	99.74
25.01	0.59	25.02	1.61	25.03	3.70	25.04	8.88	25.05	13.38	25.06	25.79	25.07	44.88	25.08	75.14	25.09	84.20	25.10	93.46	25.11	97.41	25.12	99.74
26.01	0.59	26.02	1.61	26.03	3.79	26.04	8.92	26.05	14.21	26.06	25.79	26.07	44.88	26.08	75.59	26.09	84.20	26.10	93.54	26.11	97.50	26.12	99.74
27.01	0.69	27.02	1.70	27.03	3.79	27.04	9.23	27.05	14.21	27.06	26.47	27.07	45.77	27.08	75.84	27.09	84.25	27.10	93.54	27.11	97.77	27.12	99.77
28.01	0.69	28.02	2.00	28.03	3.90	28.04	9.23	28.05	14.21	28.06	26.60	28.07	47.46	28.08	76.12	28.09	84.33	28.10	93.58	28.11	98.16	28.12	99.77
29.01	0.73	29.02	2.00	29.03	3.90	29.04	9.23	29.05	14.46	29.06	26.60	29.07	47.46	29.08	77.08	29.09	84.94	29.10	93.61	29.11	98.36	29.12	99.92
30.01	0.73			30.03	3.90	30.04	9.29	30.05	14.53	30.06	26.60	30.07	47.46	30.08	77.27	30.09	84.94	30.10	93.61	30.11	98.36	30.12	99.92
31.01	0.73			31.03	3.90			31.05	15.28			31.07	47.72	31.08	77.27			31.10	93.75			31.12	100.00

Tabelle A6: Relative Bodenabträge (RBA) für die Bodenbearbeitung mit Pflug (BB = Bodenbearbeitung, SB = Saattbettbereitung).

Pflug	Kulturphasen					
	1	2	3	4	5	6
	BB-SB	SB-10 %	10 %- 50 %	50 %- 75 %	75 %- Ernte	Ernte- BB
Buchweizen	0.320	0.440	0.350	0.030	0.020	0.030
CCM	0.320	0.940	0.450	0.120	0.085	0.010
Dinkel (Winterkorn)	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Faserhanf	0.320	0.500	0.400	0.100	0.080	0.250
Feuchtkörnermais	0.320	0.940	0.450	0.120	0.085	0.010
Frühkartoffeln	0.320	2.000	0.500	0.050	0.100	1.500
Futterkartoffeln	0.320	2.000	0.500	0.050	0.100	1.500
Futterrüben	0.320	0.850	0.450	0.050	0.030	0.440
Futterweizen	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Hirse	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Industriekartoffeln	0.320	2.000	0.500	0.050	0.100	1.500
Kenaf	0.320	0.500	0.400	0.100	0.080	0.250
Körnermais	0.320	0.940	0.450	0.120	0.085	0.010
Kunstwiese/Mähweide extensiv	0.320	0.700	0.400	0.050	0.020	0.004
Kunstwiese/Mähweide intensiv	0.320	0.700	0.400	0.050	0.020	0.004
Kunstwiese/Mähweide mittelintensiv	0.320	0.700	0.400	0.050	0.020	0.004
Kunstwiese/Mähweide wenig intensiv	0.320	0.700	0.400	0.050	0.020	0.004
Lieschkolbenschrot	0.320	0.940	0.450	0.120	0.085	0.010
Ölhanf	0.320	0.500	0.400	0.040	0.010	0.350
Reis	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Saatkartoffeln	0.320	2.000	0.500	0.050	0.100	1.500
Saatmais	0.320	0.940	0.450	0.120	0.085	0.440
Silomais	0.320	0.940	0.450	0.120	0.085	0.440
Soja	0.320	0.850	0.450	0.050	0.070	0.300
Sommerackerbohnen	0.320	0.850	0.450	0.050	0.020	0.030
Sommereiweisserbsen	0.320	0.500	0.400	0.050	0.010	0.030
Sommeremmer/-einkorn	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Sommergerste	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Sommerhafer	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Sommerlein (Fasergewinn)	0.320	0.500	0.400	0.100	0.080	0.060
Sommerlein (Ölgewinn)	0.320	0.500	0.400	0.100	0.080	0.060
Sommerraps als NWR	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Sommerraps für Speiseöl	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Sommertriticale	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Sommerweizen	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Sonnenblumen als NWR	0.320	0.870	0.350	0.080	0.090	0.030
Sonnenblumen für Speiseöl	0.320	0.870	0.350	0.080	0.090	0.030
Speisekartoffeln	0.320	2.000	0.500	0.050	0.100	1.500
Süsslupinen	0.320	0.850	0.450	0.060	0.070	0.060
Tabak Burley	0.320	0.940	0.450	0.120	0.100	0.440
Tabak Virginia	0.320	0.940	0.450	0.120	0.100	0.440
Urhanf	0.320	0.500	0.400	0.040	0.010	0.350
Winterackerbohnen	0.320	0.850	0.450	0.050	0.020	0.030
Wintereiweisserbsen	0.320	0.500	0.400	0.050	0.010	0.030

Pflug	Kulturphasen					
	1	2	3	4	5	6
	BB-SB	SB-10 %	10 %- 50 %	50 %- 75 %	75 %- Ernte	Ernte- BB
Winteremmer / -einkorn	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Wintergerste	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Winterhafer	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Winterlein (Fasergewinn)	0.320	0.500	0.400	0.100	0.080	0.250
Winterlein (Ölgewinn)	0.320	0.500	0.400	0.100	0.080	0.060
Winterraps als NWR	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Winterraps für Speiseöl	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Winterroggen (Hybridsorten)	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Winterroggen (Populationsorten)	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Wintertriticale	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Winterweizen nach Zuckerrüben, Futterrüben, Körnermais	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Winterweizen Standard	0.320	0.460	0.380	0.030	0.010	0.030
Zuckerrüben	0.320	0.850	0.450	0.050	0.030	0.440
überwinternde Zwischenkultur	0.320	0.700	0.400	0.050	0.020	0.020
abfrierende Zwischenkultur	0.320	0.700	0.400	0.040	0.040	0.020
Herbstzwischenkultur	0.320	0.700	0.400	0.050	0.020	0.020
Schwarzbrache (gepflügt), ganze Dauer	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320

Tabelle A7: Relative Bodenabträge (RBA) für die Bodenbearbeitung mit Mulchsaat mit <30 % Bodenbedeckung (BB = Bodenbearbeitung, SB = Saatbettbereitung).

<30 % Mulch	Kulturperioden					
	1	2	3	4	5	6
	BB-SB	SB-10%	10%-50%	50%-75%	75%-Ernte	Ernte-BB
Buchweizen	0.160	0.230	0.130	0.030	0.010	0.030
CCM	0.190	0.270	0.130	0.040	0.030	0.010
Dinkel (Winterkorn)	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Faserhanf	0.160	0.230	0.130	0.030	0.010	0.250
Feuchtkörnermais	0.190	0.270	0.130	0.040	0.030	0.010
Frühkartoffeln	0.160	0.600	0.300	0.050	0.075	0.600
Futterkartoffeln	0.160	0.600	0.300	0.050	0.075	0.600
Futterrüben	0.170	0.240	0.130	0.050	0.030	0.200
Futterweizen	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Hirse	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Industriekartoffeln	0.160	0.600	0.300	0.050	0.075	0.600
Kenaf	0.160	0.230	0.130	0.030	0.010	0.250
Körnermais	0.190	0.270	0.130	0.040	0.030	0.010
Kunstwiese/Mähweide extensiv	0.160	0.160	0.090	0.030	0.020	0.004
Kunstwiese/Mähweide intensiv	0.160	0.160	0.090	0.030	0.020	0.004
Kunstwiese/Mähweide mittelintensiv	0.160	0.160	0.090	0.030	0.020	0.004
Kunstwiese/Mähweide wenig intensiv	0.160	0.160	0.090	0.030	0.020	0.004
Lieschkolbenschrot	0.190	0.270	0.130	0.040	0.030	0.010
Ölhanf	0.160	0.230	0.130	0.030	0.010	0.250
Reis	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Saatkartoffeln	0.160	0.600	0.300	0.050	0.075	0.600
Saatmais	0.190	0.270	0.130	0.040	0.030	0.140
Silomais	0.190	0.270	0.130	0.040	0.030	0.140
Soja	0.160	0.250	0.130	0.050	0.070	0.200
Sommerackerbohnen	0.160	0.250	0.130	0.050	0.020	0.020
Sommereiweisserbsen	0.160	0.230	0.130	0.040	0.010	0.020
Sommeremmer/-einkorn	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Sommergerste	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Sommerhafer	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Sommerlein (Fasergewinn)	0.160	0.230	0.200	0.080	0.060	0.200
Sommerlein (Ölgewinn)	0.160	0.230	0.200	0.080	0.060	0.050
Sommerraps als NWR	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Sommerraps für Speiseöl	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Sommertriticale	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Sommerweizen	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Sonnenblumen als NWR	0.190	0.250	0.130	0.060	0.060	0.020
Sonnenblumen für Speiseöl	0.190	0.250	0.130	0.060	0.060	0.020
Speisekartoffeln	0.160	0.600	0.300	0.050	0.075	0.600
Süsslupinen	0.160	0.230	0.130	0.050	0.060	0.050
Tabak Burley	0.160	0.270	0.130	0.040	0.030	0.150
Tabak Virginia	0.160	0.270	0.130	0.040	0.030	0.150
Urhanf	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Winterackerbohnen	0.160	0.250	0.130	0.050	0.020	0.020
Wintereiweisserbsen	0.160	0.230	0.130	0.040	0.010	0.020
Winteremmer / -einkorn	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Wintergerste	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028

<30 % Mulch	Kulturperioden					
	1	2	3	4	5	6
	BB-SB	SB-10%	10%-50%	50%-75%	75%-Ernte	Ernte-BB
Winterhafer	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Winterlein (Fasergewinn)	0.160	0.230	0.200	0.080	0.060	0.200
Winterlein (Ölgewinn)	0.160	0.230	0.200	0.080	0.060	0.050
Winterraps als NWR	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Winterraps für Speiseöl	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Winterroggen (Hybridsorten)	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Winterroggen (Populationsorten)	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Wintertriticale	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Winterweizen nach Zuckerrüben, Futterrüben, Körnermais	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Winterweizen Standard	0.160	0.230	0.130	0.029	0.010	0.028
Zuckerrüben	0.170	0.240	0.130	0.050	0.030	0.200
überwinternde Zwischenkultur	0.160	0.160	0.090	0.030	0.010	0.010
abfrierende Zwischenkultur	0.160	0.160	0.090	0.020	0.020	0.010
Herbstzwischenkultur	0.160	0.160	0.090	0.020	0.020	0.010
Schwarzbrache (gepflügt), ganze Dauer	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320

Tabelle A8: Relative Bodenabträge (RBA) für die Bodenbearbeitung mit Mulchsaat mit >30 % Bodenbedeckung (BB = Bodenbearbeitung, SB = Saatbettbereitung).

>30% Mulch	Kulturperioden					
	1	2	3	4	5	6
	BB-SB	SB-10%	10%-50%	50%-75%	75%-Ernte	Ernte-BB
Buchweizen	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
CCM	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.010
Dinkel (Winterkorn)	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Faserhanf	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.150
Feuchtkörnermais	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.010
Frühkartoffeln	0.110	0.400	0.200	0.040	0.060	0.440
Futterkartoffeln	0.110	0.400	0.200	0.040	0.060	0.440
Futterrüben	0.110	0.110	0.070	0.040	0.030	0.200
Futterweizen	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Hirse	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Industriekartoffeln	0.110	0.400	0.200	0.040	0.060	0.440
Kenaf	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.150
Körnermais	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.010
Kunstwiese/Mähweide extensiv	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.004
Kunstwiese/Mähweide intensiv	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.004
Kunstwiese/Mähweide mittelintensiv	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.004
Kunstwiese/Mähweide wenig intensiv	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.004
Lieschkolbenschrot	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.010
Ölhanf	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.150
Reis	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Saatkartoffeln	0.110	0.400	0.200	0.040	0.060	0.440
Saatmais	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.100
Silomais	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.100
Soja	0.110	0.110	0.070	0.040	0.040	0.100
Sommerackerbohnen	0.110	0.110	0.070	0.040	0.020	0.020
Sommereiweisserbsen	0.110	0.110	0.070	0.030	0.010	0.020
Sommeremmer/-einkorn	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Sommergerste	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Sommerhafer	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Sommerlein (Fasergewinn)	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.150
Sommerlein (Ölgewinn)	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.050
Sommerraps als NWR	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Sommerraps für Speiseöl	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Sommertriticale	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Sommerweizen	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Sonnenblumen als NWR	0.110	0.120	0.070	0.040	0.040	0.020
Sonnenblumen für Speiseöl	0.110	0.120	0.070	0.040	0.040	0.020
Speisekartoffeln	0.110	0.400	0.200	0.040	0.060	0.440
Süsslupinen	0.080	0.110	0.080	0.040	0.050	0.050
Tabak Burley	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.100
Tabak Virginia	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.100
Urhanf	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.150
Winterackerbohnen	0.110	0.110	0.070	0.040	0.020	0.020
Wintereiweisserbsen	0.110	0.110	0.070	0.030	0.010	0.020
Winteremmer / -einkorn	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Wintergerste	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020

>30% Mulch	Kulturperioden					
	1	2	3	4	5	6
	BB-SB	SB-10%	10%-50%	50%-75%	75%-Ernte	Ernte-BB
Winterhafer	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Winterlein (Fasergewinn)	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.150
Winterlein (Ölgewinn)	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.050
Winterraps als NWR	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Winterraps für Speiseöl	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Winterroggen (Hybridsorten)	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Winterroggen (Populationsorten)	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Wintertriticale	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Winterweizen nach Zuckerrüben, Futterrüben, Körnermais	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Winterweizen Standard	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.020
Zuckerrüben	0.110	0.110	0.070	0.040	0.030	0.200
überwinternde Zwischenkultur	0.110	0.110	0.070	0.030	0.010	0.010
abfrierende Zwischenkultur	0.110	0.110	0.070	0.030	0.020	0.010
Herbstzwischenkultur	0.110	0.110	0.070	0.020	0.020	0.010
Schwarzbrache (gepflügt) ganze Dauer	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320

Tabelle A9: Relative Bodenabträge (RBA) für die Bodenbearbeitung mit Direktsaat (BB = Bodenbearbeitung, SB = Saatbettbereitung).

Direktsaat	Kulturperioden					
	1	2	3	4	5	6
	BB-SB	SB-10%	10%-50%	50%-75%	75%-Ernte	Ernte-BB
Buchweizen	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
CCM	0.080	0.080	0.060	0.020	0.010	0.010
Dinkel (Winterkorn)	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Faserhanf	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.100
Feuchtkörnermais	0.080	0.080	0.060	0.020	0.010	0.010
Frühkartoffeln	0.110	0.400	0.200	0.040	0.060	0.440
Futterkartoffeln	0.110	0.400	0.200	0.040	0.060	0.440
Futterrüben	0.080	0.090	0.060	0.030	0.030	0.150
Futterweizen	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Hirse	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Industriekartoffeln	0.110	0.400	0.200	0.040	0.060	0.440
Kenaf	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.100
Körnermais	0.080	0.080	0.060	0.020	0.010	0.010
Kunstwiese/Mähweide extensiv	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.004
Kunstwiese/Mähweide intensiv	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.004
Kunstwiese/Mähweide mittelintensiv	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.004
Kunstwiese/Mähweide wenig intensiv	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.004
Lieschkolbenschrot	0.080	0.080	0.060	0.020	0.010	0.010
Ölhanf	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.100
Reis	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Saatkartoffeln	0.110	0.400	0.200	0.040	0.060	0.440
Saatmais	0.080	0.080	0.060	0.020	0.010	0.100
Silomais	0.080	0.080	0.060	0.020	0.010	0.100
Soja	0.080	0.090	0.060	0.030	0.030	0.100
Sommerackerbohnen	0.080	0.080	0.060	0.030	0.010	0.020
Sommereiweisserbsen	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Sommeremmer/-einkorn	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Sommergerste	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Sommerhafer	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Sommerlein (Fasergewinn)	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.100
Sommerlein (Ölgewinn)	0.080	0.080	0.060	0.030	0.020	0.020
Sommerraps als NWR	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Sommerraps für Speiseöl	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Sommertriticale	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Sommerweizen	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Sonnenblumen als NWR	0.080	0.100	0.060	0.025	0.030	0.020
Sonnenblumen für Speiseöl	0.080	0.100	0.060	0.025	0.030	0.020
Speisekartoffeln	0.110	0.400	0.200	0.040	0.060	0.440
Süsslupinen	0.080	0.080	0.060	0.030	0.020	0.020
Tabak Burley	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.100
Tabak Virginia	0.110	0.110	0.070	0.020	0.010	0.100
Urhanf	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.100
Winterackerbohnen	0.080	0.080	0.060	0.030	0.010	0.020
Wintereiweisserbsen	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Winteremmer / -einkorn	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Wintergerste	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020

Direktsaat	Kulturperioden					
	1	2	3	4	5	6
	BB-SB	SB-10%	10%-50%	50%-75%	75%-Ernte	Ernte-BB
Winterhafer	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Winterlein (Fasergewinn)	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.100
Winterlein (Ölgewinn)	0.080	0.080	0.060	0.030	0.020	0.020
Winterraps als NWR	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Winterraps für Speiseöl	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Winterroggen (Hybridsorten)	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Winterroggen (Populationsorten)	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Wintertriticale	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Winterweizen nach Zuckerrüben, Futterrüben, Körnermais	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Winterweizen Standard	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.020
Zuckerrüben	0.080	0.090	0.060	0.030	0.030	0.150
überwinternde Zwischenkultur	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.010
abfrierende Zwischenkultur	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.010
Herbstzwischenkultur	0.080	0.080	0.060	0.010	0.010	0.010
Schwarzbrache (gepflügt) ganze Dauer	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320

Tabelle A10: Erhöhungsfaktoren der relativen Bodenabträge (RBA), wenn der Blattfruchtanteil in der Fruchtfolge >50 % ist.

Verfahren	ohne Kunstwiese in der Fruchtfolge	erstes Jahr nach Kunstwiese
	Faktor	Faktor
Pflug	1.50	1.39
Mulchsaat 10-30 % Bedeckung	1.35	1.21
Mulchsaat >30 % Bedeckung	1.20	1.16
Direktsaat, Streifenfrässsaat	1.00	1.00

Tabelle A11: Erhöhungsfaktoren der relativen Bodenabträge (RBA) für Getreide und Raps nach einer Wurzelfrucht.

Verfahren	ohne Kunstwiese in der Fruchtfolge	erstes Jahr nach Kunstwiese
	Faktor	Faktor
Pflug	1.250	1.120
Mulchsaat 10-30 % Bedeckung	1.110	1.040
Mulchsaat >30 % Bedeckung	1.010	1.004
Direktsaat, Streifenfrässsaat	1.000	1.000

Tabelle A12: Reduktionsfaktoren der relativen Bodenabträge (RBA) für Hauptkulturen, wenn Kunstwiese Vorkultur war, für die verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren und die verschiedenen Kulturphasen.

Bodenbearbeitungsverfahren	Bodenbearbeitung bis Saatbett	Saatbett bis 10% Bodenbedeckung	10%-50% Bodenbedeckung	50%-75% Bodenbedeckung	75% bis Ernte	Ernte bis Bodenbearbeitung
	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor	Faktor
Pflug	0.650	0.750	0.750	0.800	0.800	0.850
Mulchsaat <30 % Bedeckung	0.750	0.859	0.859	0.916	0.916	0.950
Mulchsaat >30 % Bedeckung	0.850	0.924	0.924	0.986	0.986	1.000
Direkt-, Streifenfrässsaat	0.900	0.950	0.950	1.000	1.000	1.000

Tabelle A13: Kulturkalender für die Zwischenkulturen im Talgebiet nach der jeweiligen Vorkultur.

Vorkultur	Ernte Vor-kultur	Bodenbe-arbeitung bis Saat	Saat - 10% Bedeckung	10 %-50% Be-deckung	50 %-75% Be-deckung	75 % Be-deckung bis Ernte	Ernte bis Bo-denbearbei-tung
Buchweizen	15.09.	20.09.	21.09.	06.10.	26.10.	10.11.	*
CCM	12.10.	17.10.	18.10.	19.11.	15.03.	25.03.	*
Dinkel (Winterkorn)	27.07.	01.08.	02.08.	12.08.	22.08.	01.09.	*
Faserhanf	05.09.	10.09.	11.09.	26.09.	10.10.	25.10.	*
Feuchtkörnermais	14.10.	19.10.	20.10.	20.11.	15.03.	25.03.	*
Frühkartoffeln	12.08.	17.08.	18.08.	28.08.	12.09.	22.09.	*
Futterkartoffeln	11.09.	16.09.	17.09.	02.10.	22.10.	06.11.	*
Futterrüben	14.10.	19.10.	20.10.	20.11.	15.03.	25.03.	*
Futterweizen	29.07.	03.08.	04.08.	14.08.	24.08.	03.09.	*
Hirse	05.09.	10.09.	11.09.	26.09.	10.10.	25.10.	*
Industriekartoffeln	26.09.	01.10.	02.10.	22.10.	22.11.	15.03.	*
Kenaf	15.10.	20.10.	21.10.	21.11.	15.03.	25.03.	*
Körnermais	17.10.	22.10.	23.10.	24.11.	15.03.	25.03.	*
Lieschkolbenschrot	10.10.	15.10.	16.10.	17.11.	15.03.	25.03.	*
Ölhanf	05.09.	10.09.	11.09.	26.09.	10.10.	25.10.	*
Reis	15.10.	20.10.	21.10.	22.11.	15.03.	25.03.	*
Saatkartoffeln	12.08.	17.08.	18.08.	28.08.	12.09.	22.09.	*
Saatmais	15.10.	20.10.	21.10.	22.11.	15.03.	25.03.	*
Silomais	28.09.	03.10.	04.10.	24.10.	24.11.	15.03.	*
Soja	01.10.	06.10.	07.10.	27.10.	27.11.	15.03.	*
Sommerackerbohnen	19.08.	24.08.	25.08.	04.09.	19.09.	26.09.	*
Sommereiweisserbsen	20.07.	25.07.	26.07.	05.08.	15.08.	25.08.	*
Sommeremmer/-einkorn	01.08.	06.08.	07.08.	17.08.	27.08.	06.09.	*
Sommergerste	16.07.	21.07.	22.07.	01.08.	11.08.	21.08.	*
Sommerhafer	10.08.	15.08.	16.08.	26.08.	10.09.	20.09.	*
Sommerlein (Fasergew.)	31.08.	05.09.	06.09.	21.09.	05.10.	15.10.	*
Sommerlein (Ölgewinn)	31.08.	05.09.	06.09.	21.09.	05.10.	15.10.	*
Sommerraps als NWR	15.08.	20.08.	21.08.	31.08.	15.09.	25.09.	*
Sommerraps für Speiseöl	15.08.	20.08.	21.08.	31.08.	15.09.	25.09.	*
Sommertriticale	10.08.	15.08.	16.08.	26.08.	10.09.	20.09.	*
Sommerweizen	01.08.	06.08.	07.08.	17.08.	27.08.	06.09.	*
Sonnenblumen als NWR	25.09.	30.09.	01.10.	21.10.	21.11.	15.03.	*
Sonnenblumen für Spei-seöl	25.09.	30.09.	01.10.	21.10.	21.11.	15.03.	*
Speisekartoffeln	11.09.	16.09.	17.09.	02.10.	22.10.	06.11.	*
Süsslupinen	15.09.	20.09.	21.09.	06.10.	26.10.	10.11.	*
Tabak Burley	20.08.	25.08.	26.08.	05.09.	20.09.	30.09.	*
Tabak Virginia	20.08.	25.08.	26.08.	05.09.	20.09.	30.09.	*
Urhanf	05.09.	10.09.	11.09.	26.09.	10.10.	25.10.	*
Winterackerbohnen	30.08.	04.09.	05.09.	20.09.	04.10.	14.10.	*
Wintereiweisserbsen	13.07.	18.07.	19.07.	29.07.	08.08.	18.08.	*
Winteremmer / -einkorn	29.07.	03.08.	04.08.	14.08.	24.08.	03.09.	*
Wintergerste	06.07.	11.07.	12.07.	22.07.	01.08.	11.08.	*
Winterhafer	01.08.	06.08.	07.08.	17.08.	27.08.	06.09.	*
Winterlein (Fasergewinn)	16.08.	21.08.	22.08.	01.09.	16.09.	26.09.	*
Winterlein (Ölgewinn)	16.08.	21.08.	22.08.	01.09.	16.09.	26.09.	*
Winterraps als NWR	17.07.	22.07.	23.07.	02.08.	12.08.	22.08.	*

Vorkultur	Ernte Vorkultur	Bodenbearbeitung bis Saat	Saat - 10% Bedeckung	10 %-50% Bedeckung	50 %-75% Bedeckung	75 % Bedeckung bis Ernte	Ernte bis Bodenbearbeitung
Winterraps für Speiseöl	17.07.	22.07.	23.07.	02.08.	12.08.	22.08.	*
Winterroggen (Hybridsorten)	26.07.	01.08.	02.08.	12.08.	22.08.	01.09.	*
Winterroggen (Populationssorten)	26.07.	01.08.	02.08.	12.08.	22.08.	01.09.	*
Wintertriticale	29.07.	03.08.	04.08.	14.08.	24.08.	03.09.	*
Winterweizen nach Zuckerrüben, Futterrüben, Körnermais	29.07.	03.08.	04.08.	14.08.	24.08.	03.09.	*
Winterweizen Standard	29.07.	03.08.	04.08.	14.08.	24.08.	03.09.	*
Zuckerrüben	20.10.	25.10.	26.10.	27.11.	15.03.	25.03.	*
							*
Kunstwieseansaat nach Brache/Zwischenkultur		25.03.	05.04.	15.04.	25.04.	05.05.	*

*immer der Tag vor der Bodenbearbeitung der Hauptkultur

Tabelle A14: Kulturkalender für die Zwischenkulturen im Hügelgebiet nach der jeweiligen Vorkultur.

Vorkultur	Ernte Vor-kultur	Bodenbe-arbeitung bis Saat	Saat - 10% Bedeckung	10 %-50% Be-deckung	50 %-75% Be-deckung	75 % Be-deckung bis Ernte	Ernte bis Bodenbear-beitung
Buchweizen	18.09	23.09	24.09	09.10	09.11	15.03	*
CCM	12.10	17.10	18.10	19.11	15.03	25.03	*
Dinkel (Winterkorn)	28.07	02.08	03.08	13.08	23.08	23.09	*
Faserhanf	05.09	10.09	11.09	26.09	10.10	25.10	*
Feuchtkörnermais	14.10	19.10	20.10	21.11	15.03	25.03	*
Frühkartoffeln	18.08	23.08	24.08	03.09	18.09	28.09	*
Futterkartoffeln	16.09	21.09	22.09	07.10	07.11	15.03	*
Futterrüben	14.10	19.10	20.10	21.11	15.03	25.03	*
Futterweizen	01.08	06.08	07.08	17.08	01.09	11.09	*
Hirse	05.09	10.09	11.09	26.09	16.10	31.10	*
Industriekartoffeln	16.09	21.09	22.09	07.10	07.11	15.03	*
Kenaf	15.10	20.10	21.10	22.11	15.03	25.03	*
Körnermais	13.10	18.10	19.10	20.11	15.03	25.03	*
Lieschkolbenschrot	10.10	15.10	16.10	17.11	15.03	25.03	*
Ölhanf	05.09	10.09	11.09	26.09	10.10	25.10	*
Reis	15.10	20.10	21.10	22.11	15.03	25.03	*
Saatkartoffeln	10.08	15.08	16.08	26.08	10.09	20.09	*
Saatmais	15.10	20.10	21.10	22.11	15.03	25.03	*
Silomais	28.09	03.10	04.10	24.10	24.11	25.03	*
Soja	01.10	06.10	07.10	27.10	27.11	25.03	*
Sommerackerbohnen	19.08	24.08	25.08	04.09	19.09	29.09	*
Sommereiweisserbsen	20.07	25.07	26.07	05.08	15.08	15.09	*
Sommeremmer/-einkorn	01.08	06.08	07.08	17.08	27.08	06.09	*
Sommergerste	15.08	20.08	21.08	31.08	15.09	25.09	*
Sommerhafer	30.07	04.08	05.08	15.08	25.08	04.09	*
Sommerlein (Fasergew.)	31.08	05.09	06.09	21.09	05.10	15.10	*
Sommerlein (Ölgewinn)	31.08	05.09	06.09	21.09	05.10	15.10	*
Sommerraps als NWR	20.08	25.08	26.08	10.09	24.09	04.10	*
Sommerraps für Speiseöl	20.08	25.08	26.08	05.09	20.09	30.09	*
Sommertriticale	14.08	19.08	20.08	30.08	14.09	24.09	*
Sommerweizen	14.08	19.08	20.08	30.08	14.09	24.09	*
Sonnenblumen als NWR	28.09	03.10	04.10	24.10	24.11	25.03	*
Sonnenblumen für Speiseöl	28.09	03.10	04.10	24.10	24.11	15.03	*
Speisekartoffeln	01.09	06.09	07.09	22.09	06.10	21.10	*
Süsslupinen	15.09	20.09	21.09	06.10	26.10	15.03	*
Tabak Burley	20.08	25.08	26.08	05.09	20.09	30.09	*
Tabak Virginia	20.08	25.08	26.08	05.09	20.09	30.09	*
Urhanf	05.09	10.09	11.09	26.09	16.10	31.10	*
Winterackerbohnen	15.07	20.07	21.07	31.07	10.08	10.09	*
Wintereiweisserbsen	15.07	20.07	21.07	31.07	10.08	10.09	*
Winteremmer / -einkorn	31.07	05.08	06.08	16.08	26.08	05.09	*
Wintergerste	12.07	17.07	18.07	28.07	07.08	07.09	*
Winterhafer	04.08	09.08	10.08	20.08	04.09	14.09	*
Winterlein (Fasergewinn)	20.08	25.08	26.08	10.09	24.09	04.10	*
Winterlein (Ölgewinn)	20.08	25.08	26.08	10.09	24.09	04.10	*
Winterraps als NWR	21.07	26.07	27.07	06.08	16.08	16.09	*

Vorkultur	Ernte Vorkultur	Bodenbearbeitung bis Saat	Saat - 10% Bedeckung	10 %-50% Bedeckung	50 %-75% Bedeckung	75 % Bedeckung bis Ernte	Ernte bis Bodenbearbeitung
Winterraps für Speiseöl	21.07	26.07	27.07	06.08	16.08	16.09	*
Winterroggen (Hybridsorten)	29.07	03.08	04.08	14.08	24.08	03.09	*
Winterroggen (Populationssorten)	29.07	03.08	04.08	14.08	24.08	24.09	*
Wintertriticale	04.08	09.08	10.08	20.08	04.09	14.09	*
Winterweizen nach Zuckerrüben, Futterrüben, Körnermais	31.07	05.08	06.08	16.08	26.08	05.09	*
Winterweizen Standard	31.07	05.08	06.08	16.08	26.08	05.09	*
Zuckerrüben	15.10	20.10	21.10	22.11	15.03	25.03	*
Kunstwieseansaat nach Brache/Zwischenkultur	20.03.	01.04.	10.04.	25.04.	05.05.	15.05.	*

*immer der Tag vor der Bodenbearbeitung der Hauptkultur

Tabelle A15: Kulturbezeichnungen aus dem AUI-Datensatz und aggregierte Kulturen für die C-Faktorberechnungen. Rote Schrift = aggregierte Kulturen.

Kulturbezeichnung AUI	Kulturbezeichnung aggregierte Kultur
Futterrüben	Zuckerrüben
Zuckerrüben	Zuckerrüben
Futterweizen	Winterweizen
Winterweizen nach Zuckerrüben, Futterrüben, Körnermais	Winterweizen
Winterweizen Standard	Winterweizen
Winterroggen (Hybridsorten)	Winterroggen
Winterroggen (Populationsorten)	Winterroggen
Winterraps als NWR	Winterraps
Winterraps für Speiseöl	Winterraps
Winterlein (Fasergewinn.)	Winterlein
Winterlein (Ölgewinn.)	Winterlein
Tabak Burley	Tabak
Tabak Virginia	Tabak
Sonnenblumen als NWR	Sonnenblumen
Sonnenblumen für Speiseöl	Sonnenblumen
Sommerraps als NWR	Sommerraps
Sommerraps für Speiseöl	Sommerraps
Sommerlein (Fasergew.)	Sommerlein
Sommerlein (Ölgewinn.)	Sommerlein
Saatmais	Silomais
Kunstwiese/Mähweide extensiv	Kunstwiese
Kunstwiese/Mähweide intensiv	Kunstwiese
Kunstwiese/Mähweide mittelintensiv	Kunstwiese
Kunstwiese/Mähweide wenig intensiv	Kunstwiese
CCM	Körnermais
Feuchtkörnermais	Körnermais
Lieschkolbenschrot	Körnermais
Frühkartoffeln	Kartoffeln
Futterkartoffeln	Kartoffeln
Industriekartoffeln	Kartoffeln
Saatkartoffeln	Kartoffeln
Speisekartoffeln	Kartoffeln
Faserhanf	Hanf
Ölhanf	Hanf
Urhanf	Hanf
Buchweizen	Buchweizen
Dinkel (Winterkorn)	Dinkel (Winterkorn)
Hirse	Hirse
Kenaf	Kenaf
Körnermais	Körnermais
Reis	Reis
Silomais	Silomais

Kulturbezeichnung AUI	Kulturbezeichnung aggregierte Kultur
Soja	Soja
Sommerackerbohnen	Sommerackerbohnen
Sommereiwisserbsen	Sommereiwisserbsen
Sommeremmer/-einkorn	Sommeremmer/-einkorn
Sommergerste	Sommergerste
Sommerhafer	Sommerhafer
Sommertriticale	Sommertriticale
Sommerweizen	Sommerweizen
Süsslupinen	Süsslupinen
Winterackerbohnen	Winterackerbohnen
Wintereiwisserbsen	Wintereiwisserbsen
Winteremmer / -einkorn	Winteremmer / -einkorn
Wintergerste	Wintergerste
Winterhafer	Winterhafer
Wintertriticale	Wintertriticale