



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Bodenerosion

**Die Allgemeine Bodenabtragsgleichung - ABAG -
Hilfsmittel und Handlungsempfehlung
Neuaufgabe 2023**



LfL-Information

1 Warum muss der Boden vor Erosion geschützt werden?

Bodenerosion ist die Verlagerung von Bodenmaterial an der Oberfläche durch Wasser oder Wind als Transportmittel. Sie gilt als die derzeit größte Gefährdung unserer Böden und ihrer Funktionen. In Bayern spielt die Erosion durch Wasser eine große Rolle mit weitreichenden Folgen.

Schäden auf landwirtschaftlichen Flächen zeigen sich insbesondere durch:

- Schädigung, Entwurzelung, Überdeckung und Vernichtung von Kulturpflanzen
- Verlust an durchwurzelbarer Bodensubstanz
- Vermindertes Wasserspeicher-, Filter- und Puffervermögen
- Verarmung des Bodens an Humus und Pflanzennährstoffen
- Wegspülen von Saatgut vom Ausbringungsort und Ablagerung an unerwünschter Stelle
- Austrag von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln und Eintrag in Gewässer oder angrenzende Flächen (Abb. 1)
- Erschwertes Befahren und Bearbeiten der Äcker durch tiefe Erosionsrinnen oder Auflandungen (Abb. 2)
- Beeinträchtigung der ökologischen Funktionsfähigkeit geschädigter Böden
- Minderung der Ertragsfähigkeit
- Zunahme der Heterogenität im Feld, ungleiche Abreife



Abb. 1: Eintrag von Boden in Gewässer



Abb. 2: Erosionsrinnen im Mais und abgeschwemmte Kartoffeln (Quelle Foto links: W. Bauer, www.agroluftbild.de)

Nicht nur landwirtschaftlich genutzte Flächen sind von den negativen Folgen der Erosion betroffen, sondern auch andere Bestandteile des Naturhaushaltes und der Infrastruktur werden zum Teil erheblich beeinträchtigt durch:

- Einträge von Bodenpartikeln, Pflanzennährstoffen oder Pflanzenschutzmitteln in Gewässer oder benachbarte Biotope (Folgen: Eutrophierung, Vergiftung, Verschlammung usw.)
- Verschmutzung von angrenzenden Straßen, Wegen und Gräben

Nach dem Bodenschutzrecht haben Landwirtinnen und Landwirte die Pflicht zur Gefahrenabwehr und Vorsorge. In der Regel erfolgt dies durch die Anwendung der guten fachlichen Praxis. Zu deren Grundsätzen gehört, dass Bodenabträge durch standortangepasste Nutzung möglichst vermieden werden.

2 Wovon hängt das Ausmaß der Bodenerosion ab?

Ackerflächen sind in der Regel am stärksten von Bodenabtrag betroffen. Die Dimension der Bodenerosion hängt insbesondere von der Art und Intensität der Niederschläge, der Bodenart, der Hanglänge und Hangneigung sowie den jeweiligen Bewirtschaftungsmaßnahmen ab. Der langfristige Bodenabtrag einer bestimmten ackerbaulich genutzten Fläche lässt sich unter Berücksichtigung dieser Faktoren mit Hilfe der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) bestimmen. Ebenso kann die Auswirkung bestimmter Fruchtfolgen und Bearbeitungsmaßnahmen auf den Bodenabtrag eingeschätzt werden. Jedoch sind auch die Grenzen der ABAG zu beachten. Die Anwendung unterschätzt die Erosionsgefährdung dort, wo der gebündelte Abfluss eine Rinnen- oder Grabenerosion verursacht. Gleiches gilt für sehr lange, aber nur gering geneigte Hänge, die dennoch ein Zusammenfließen des Oberflächenabflusses erlauben.

3 Wie viel Abtrag ist tolerierbar?

Erosion lässt sich nicht vollständig vermeiden. Der heutige Stand der Technik zur Bodenbearbeitung und Bestellverfahren ermöglicht es jedoch das Erosionsrisiko niedrig zu halten, insbesondere in Verbindung mit weiteren Vorsorgemaßnahmen.

In den 1980er Jahren haben Schwertmann et al. (1987) einen Vorschlag erarbeitet, wie der mit der ABAG ermittelte Bodenabtrag bewertet werden kann. Dabei kommt der Gründigkeit eines Bodens eine entscheidende Bedeutung zu. Flachgründige Böden verlieren durch Bodenabtrag erheblich mehr Funktionalität als tiefgründige. (Abb. 3)



Abb. 3: Flachgründige Böden büßen bei geringen Abträgen viele ihrer Funktionen ein

Die Gründigkeit steht in Wechselbeziehung mit der Bodenzahl (bzw. bei Umbruchflächen der Grünlandgrundzahl), die für alle Ackerflächen vorliegt. So hat Schwertmann eine Toleranzgrenze festgesetzt, die bei einem mittleren Bodenabtrag t/ha/Jahr von $\frac{\text{Bodenzahl}}{8}$ liegt. Bei einer Bodenzahl von 48 ergibt sich daher eine Toleranzgrenze von 6 Tonnen pro Hektar und Jahr. Diese kann auch heute noch eine hilfreiche Orientierung bieten. Bodenabträge über dieser Grenze sind in jedem Fall zu hoch. Um die Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie einzuhalten, sind häufig niedrigere Bodenabträge erforderlich. Dies kann mit der richtigen Maßnahmenkombination erreicht werden.

Dementsprechend sollen auf erosionsgefährdeten Flächen Vorkehrungen bezüglich der Bewirtschaftung getroffen werden, um den Bodenabtrag möglichst gering zu halten. Hierzu gehören Maßnahmen wie z. B. konservierende Bodenbearbeitung, Direktsaat, Mulchsaat von Reihenkulturen mit möglichst hoher Bodenbedeckung nach der Saat (Abb. 5) oder Anbau von Untersaaten, Verbleib von Ernterückständen auf der Bodenoberfläche, Querbewirtschaftung, Unterteilung erosionsgefährdeter Hänge (Abb. 4), Fruchtfolgegestaltung und Kulturartenauswahl dem Standort entsprechend, Zwischenfruchtanbau, ein raues Saatbett, ausreichende Humus- und Kalkversorgung. Diese Maßnahmen stellen unabhängig voneinander oder in Kombination keine Musterlösung dar, sondern müssen den Bedingungen am jeweiligen Standort angepasst werden.



Abb. 4: Unterteilung erosionsgefährdeter Hänge sowie Bodenbedeckung durch Zwischenfrüchte als Mulchsaat mit Mais (ohne Saatbettbereitung)



Abb. 5: Mulchsaat im Mais, rechts nach Starkregen: „Jeder Strohalm ein Staudamm“

4 Wie wird der Bodenabtrag auf den Flächen ermittelt?

Der Bodenabtrag wird mit Hilfe der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG) berechnet. Nach der ABAG bestimmen die folgenden sechs Faktoren maßgeblich die Höhe des Abtrags:

R = Regen- und Oberflächenabflussfaktor (Regenerosivität)

K = Bodenerodierbarkeitsfaktor

S = Hangneigungsfaktor

L = Hanglängenfaktor

C = Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor

P = Erosionsschutzfaktor (Querbewirtschaftung)

Multipliziert ergeben diese den langjährigen mittleren Bodenabtrag A in Tonnen je Hektar und Jahr [t/ha/Jahr]:

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

Die einzelnen Faktoren wiederum müssen aus verschiedenen Datenquellen abgeleitet werden. Kapitel 5 beschreibt die Vorgehensweise der Abtragsberechnung anhand von Hilfstabellen. Daneben sind nicht nur genaue Kenntnisse über die Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der gewünschten Fläche, sondern auch der Kennzahlen nach der Bodenschätzung erforderlich.

Alternativ kann auch die Erosionsschutz-App „ABAG interaktiv“ zum Berechnen des Erosionsrisikos von landwirtschaftlichen Flächen verwendet werden. Die App steht als Web-Anwendung auf der Internetseite der LfL unter folgendem Link zur Verfügung:

www.lfl.bayern.de/abag



5 Vorgehen zur Ermittlung der Erosion

1. Schritt: Ermittlung des Regenerosivitätsfaktors R

Anhand der Tabelle 1 und der Bayern-Karte in Abbildung 6 kann der R-Faktor für jeden Landkreis im Freistaat abgelesen werden. Dieser wurde als Mittelwert aus allen Gemeinde-R-Faktoren des jeweiligen Landkreises berechnet. Die R-Faktoren je Gemeinde können innerhalb eines Landkreises mehr oder weniger stark vom Landkreismittel abweichen (Abb. 7). Alternativ können diese auch direkt der „ABAG interaktiv“ entnommen werden.

Neuberechnung der Niederschlagserosivität

Die Regenerosivitäten wurden anhand der hoch aufgelösten Radar-Niederschlagsmessungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) aus dem Zeitraum von 2001 bis 2017 berechnet, den sogenannten RADKLIM-Daten. Vorteil der radarbasierten Daten ist die hohe räumliche Auflösung von 1x1 km, die es ermöglicht, selbst kleinräumige Starkregenereignisse zu erfassen.

Die langjährige Zeitreihe von 17 Jahren ist Voraussetzung für die Abschätzung eines im langjährigen Mittel gebietstypischen R-Faktors. Ausgehend vom Zentraljahr 2025 wurden diese Werte für die zu erwartende mittlere Niederschlagserosivität für das kommende Jahrzehnt extrapoliert. Die neu berechneten dynamischen R-Faktoren liegen im bayernweiten Mittel für die ackerbaulich genutzten Gebiete um 94 % höher im Vergleich zu jenen aus den 70er Jahren, welche auf Stationswerten von 17 Ombrometerstationen des DWD basierten.

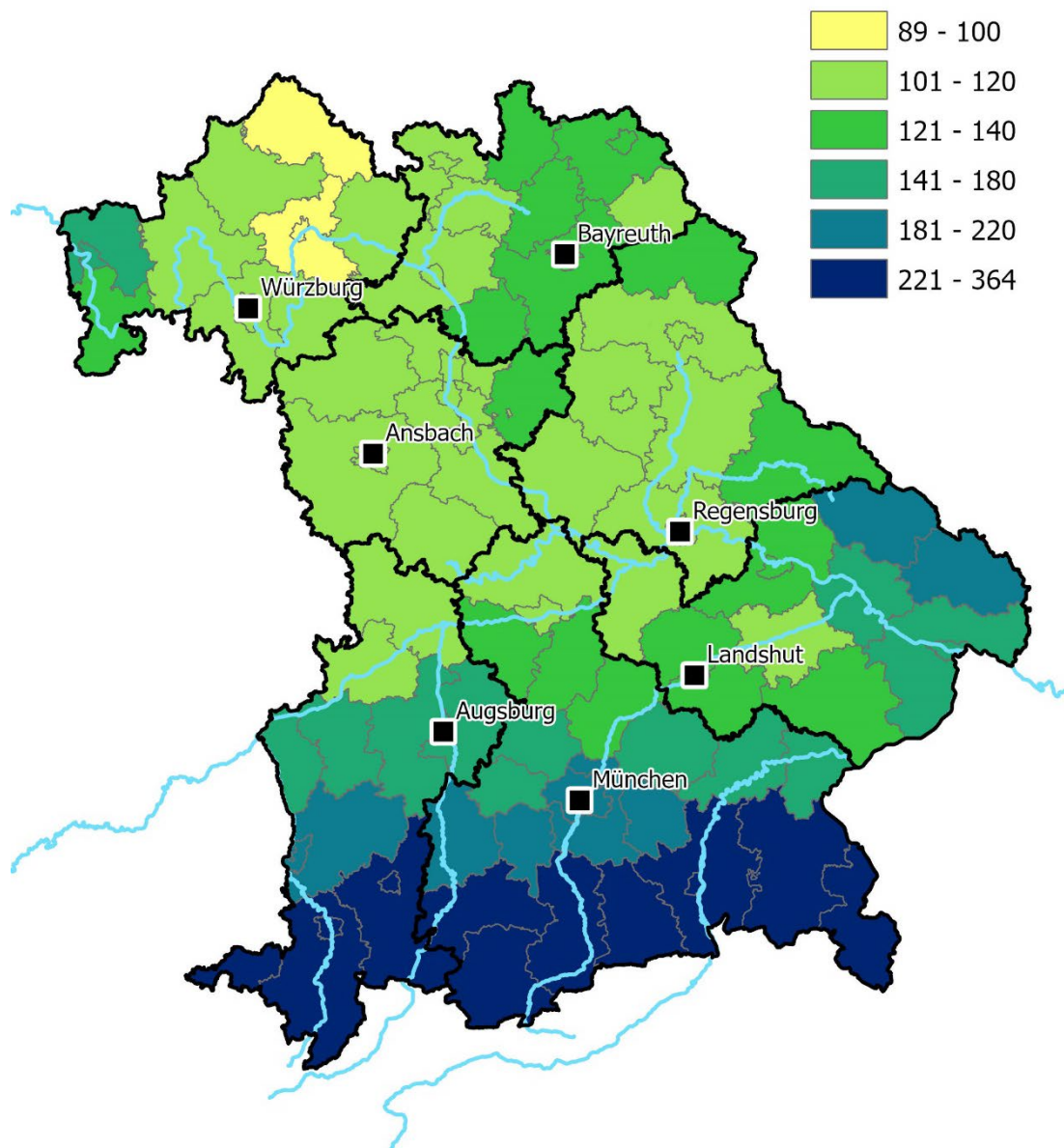
Auswertungen von Fischer aus 2018 haben ergeben, dass die Steigerung der R-Faktoren in den letzten 50 Jahren nicht methodische Ursachen hat, sondern allein auf die Zunahme der Starkregenereignisse in diesem Zeitraum zurückzuführen ist.

Tab. 1: R-Faktoren der Landkreise in Bayern (Zentraljahr 2025)

Landkreis		R	Landkreis		R
AIC	Aichach-Friedberg	142	LA	Landshut	131
AÖ	Altötting	165	LIF	Lichtenfels	102
AS	Amberg-Weizsach	117	LI	Lindau (Bodensee)	364
AN	Ansbach	102	MSP	Main-Spessart	117
AB	Aschaffenburg	146	MB	Miesbach	309
A	Augsburg	157	MIL	Miltenberg	132
A	Augsburg (Stadt)	143	MÜ	Mühldorf a.Inn	140
KG	Bad Kissingen	104	M	München	202
TÖL	Bad Tölz-Wolfratshausen	301	M	München (Stadt)	191
BA	Bamberg	106	ND	Neuburg-Schrobenhausen	122
BT	Bayreuth	134	NM	Neumarkt i.d.OPf.	118
BGL	Berchtesgadener Land	311	NEA	Neustadt a.d.Aisch-Bad Windsheim	104
CHA	Cham	136	NEW	Neustadt a.d.Waldnaab	114
CO	Coburg	103	NU	Neu-Ulm	159
DAH	Dachau	148	N	Nürnberg (Stadt)	105
DEG	Deggendorf	152	N	Nürnberger Land	133
DLG	Dillingen a.d.Donau	120	OA	Oberallgäu	298
DGF	Dingolfing-Landau	117	OAL	Ostallgäu	234
DON	Donau-Ries	112	PA	Passau	155
EBE	Ebersberg	195	PAF	Pfaffenhofen a.d.Ilm	127
EI	Eichstätt	113	REG	Regen	205
ED	Erding	146	R	Regensburg	105
ERH	Erlangen-Höchstadt	102	NES	Rhön-Grabfeld	90
FO	Forchheim	125	RO	Rosenheim	258
FS	Freising	136	RH	Roth	105
FRG	Freyung-Grafenau	208	PAN	Rottal-Inn	133
FFB	Fürstenfeldbruck	170	SAD	Schwandorf	105
FÜ	Fürth	101	SW	Schweinfurt	89
GAP	Garmisch-Partenkirchen	307	STA	Starnberg	208
GZ	Günzburg	144	SR	Straubing-Bogen	134
HAS	Haßberge	105	TIR	Tirschenreuth	125
HO	Hof	120	TS	Traunstein	266
IN	Ingolstadt	113	MN	Unterallgäu	206
KEH	Kelheim	117	WM	Weilheim-Schongau	267
KT	Kitzingen	102	WUG	Weißenburg-Gunzenhausen	119
KC	Kronach	135	WUN	Wunsiedel i.Fichtelgebirge	116
KU	Kulmbach	131	WÜ	Würzburg	108
LL	Landsberg a.Lech	197			

R-Faktoren (Zentraljahr 2025)

Mittelwerte je Landkreis



LfL

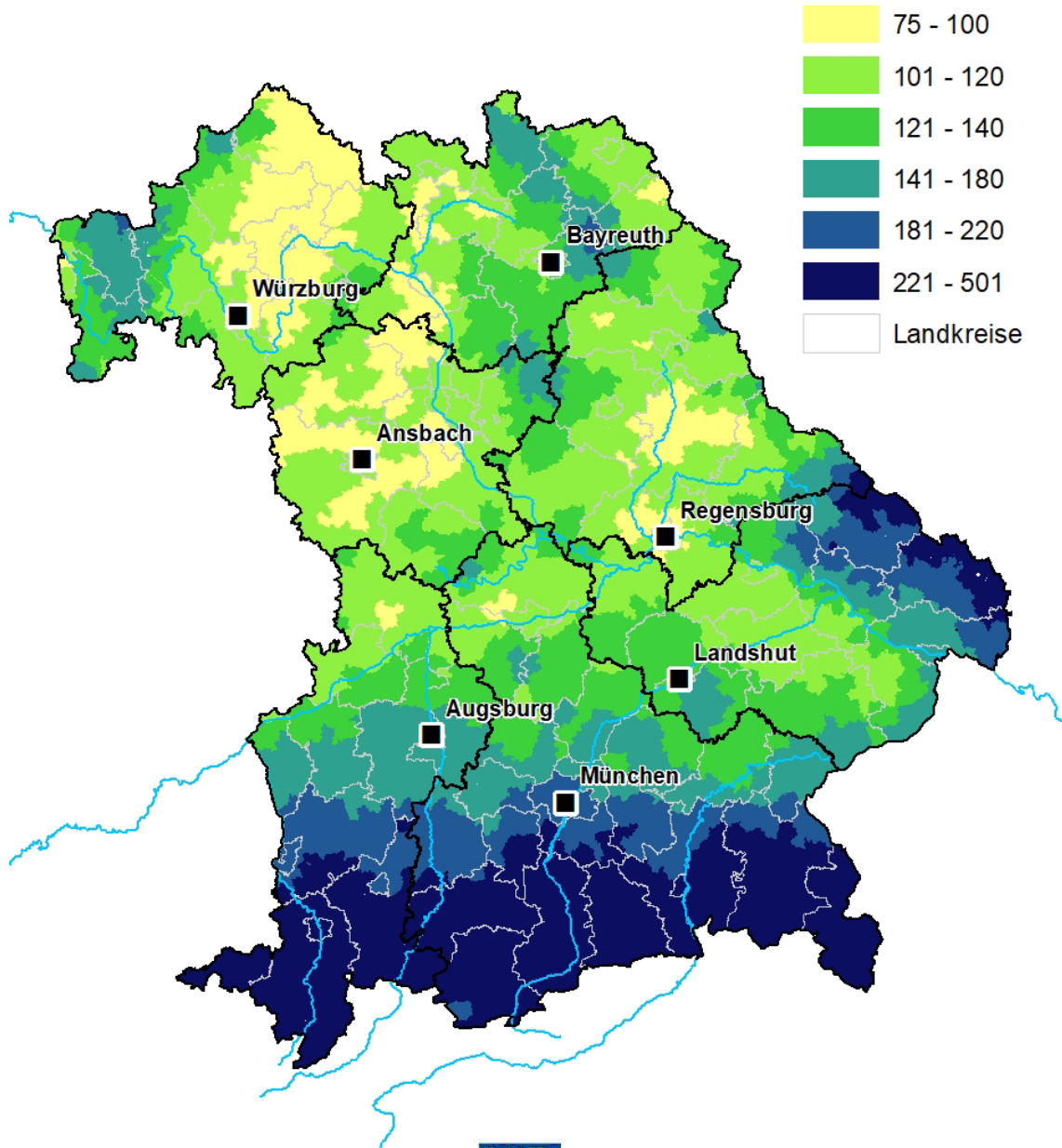


Bearbeitung: IAB 1a
 Datum: 08.09.2022
 Geobasisdaten:
 Bayerische Vermessungsverwaltung
geodatenonline.bayern.de

Abb. 6: Karte der R-Faktoren je Landkreis

R-Faktoren (Zentraljahr 2025)

Mittelwerte je Gemeinde



Bearbeitung: IAB 1a
 Datum: 23.05.2022
 Geobasisdaten:
 Bayerische Vermessungsverwaltung
geodatenonline.bayern.de

Abb. 7: Karte der R-Faktoren je Gemeinde

2. Schritt: Ermittlung des Bodenfaktors K

Der K-Faktor wird aus einem Wert für die Steinbedeckung des Bodens (K_{Stein}) und einem Wert für die Korngrößenzusammensetzung des Feinbodens ($K_{\text{Feinboden}}$) gebildet. Beide Werte miteinander multipliziert ergeben den Bodenerodierbarkeitsfaktor.

K_{Stein} und $K_{\text{Feinboden}}$ können aus Tabelle 2 und 3 abgelesen werden. Benötigt werden dazu Angaben aus der Bodenschätzung zu Bodenart, Entstehung und Zustandsstufe des Bodens. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die verwendeten Abkürzungen der Bodenschätzung.

Tab. 2: Schätzung von $K_{\text{Feinboden}}$ aus der Bodenschätzung (Quelle: Auerswald, K., 2018, unveröffentlicht)

Ackerbeschriebe	Zustandsstufe	Bodenart						
		S	SI	IS+SL	sL	L	LT	T
	1	0,22	0,34	0,44	0,49	0,45	0,30	0,18
	2	0,19	0,30	0,37	0,42	0,46	0,30	0,19
	3	0,17	0,25	0,31	0,38	0,46	0,30	0,19
	4	0,14	0,21	0,29	0,37	0,44	0,30	0,21
	5	0,12	0,16	0,29	0,39	0,42	0,30	0,23
	6	0,10	0,12	0,32	0,44	0,38	0,30	0,25
	7	0,07	0,07	0,38	0,53	0,33	0,30	0,29
Grünlandbeschriebe		Bodenart						
		S	IS		L		T	
		I	0,30	0,36	0,33		0,18	
		II	0,18	0,27		0,31	0,22	
III	0,18	0,29		0,36	0,28			

Tab. 3: Schätzung von K_{Stein} aus der Bodenschätzung (Quelle: Auerswald, K., 2018, unveröffentlicht)

	Zustandsstufe	Bodenart		
Ackerbeschriebe ohne g-Böden (Entstehung: D, Lö, Al, V)		S, SI	IS, SL, sL	L, LT, T
	1	0,89	1,00	0,98
	2	0,89	0,95	0,98
	3	0,89	0,90	0,97
	4	0,89	0,85	0,93
	5	0,89	0,81	0,90
	6	0,89	0,76	0,87
	7	0,89	0,71	0,81
g-Böden (Entstehung: Alg, Dg, Vg)	alle	Alle Bodenarten		
		0,58		
Grünlandbeschriebe		Alle Bodenarten		
	I	0,95		
	II	0,92		
	III	0,87		

Aufgrund der groben Einteilung der Grünlandschätzung ist es sinnvoll, in solchen Fällen nach Möglichkeit benachbarte Ackerbeschriebe ähnlicher Bodenart zu verwenden. In der App „ABAG interaktiv“ besteht zur Vereinfachung die Möglichkeit, den K-Faktor aus einer Karte zu entnehmen, welche flächendeckend Daten für ganz Bayern bereitstellt. Dadurch lässt sich auch für sehr heterogene Ackerschläge ein Mittelwert bestimmen. Besonders erosionsgefährdet sind lehmige, steinarmer Böden.

Beispiel:

Bodenbeschreibung aus der Bodenschätzung: L 3 L_ö
 $K_{\text{Feinboden}}$: 0,46
 K_{Stein} : 0,97
K-Faktor = 0,46 • 0,97 = 0,45

Tab. 4: Abkürzungen der Bodenschätzung

Bodenart		Entstehung	
S	Sand	D	Diluvium
Sl	Anlehmiger Sand	L _ö	Löß
IS	Lehmiger Sand	Al	Alluvium
SL	Stark lehmiger Sand	V	Verwitterung
sL	Sandiger Lehm	g	Zusatz für Gesteinsböden
L	Lehm	Zustandsstufen	
LT	Schwerer Lehm	1 bis 7	Zustandsstufen bei Ackerbeschrieben
T	Ton	I, II, III	Bodenstufen bei Grünlandbeschrieben

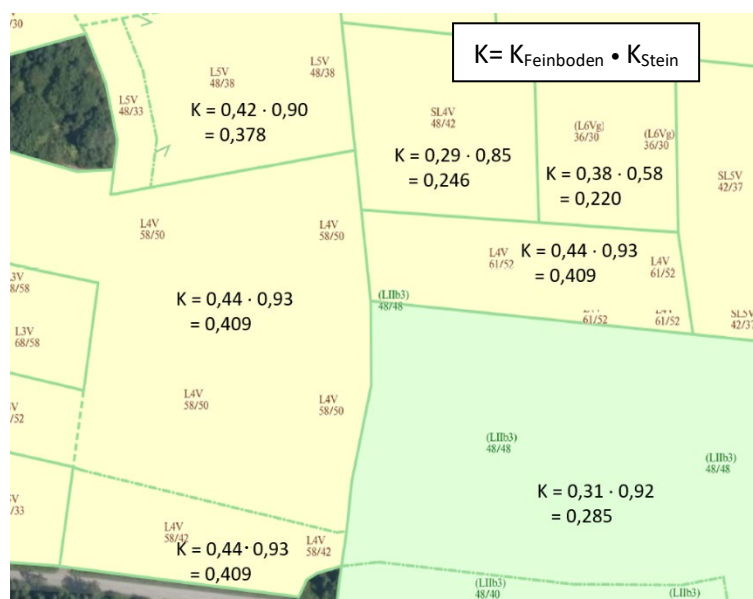


Abb. 8: Ausschnitt aus einer Bodenschätzungskarte mit Berechnungsbeispielen für den K-Faktor (Quelle: LfL Datenportal, Geodaten: LDBV, Bodenschätzung WMS, Stand: 31.01.2018, www.geodaten.bayern.de)

3. Schritt: Ermittlung des Hanglängenfaktors L

Der L-Faktor wird durch den erosionswirksamen Bereich eines Hanges bestimmt. Oft geht ein Schlag über eine Wasserscheide hinweg, sodass der Oberflächenabfluss in unterschiedliche Richtungen abfließt. Deshalb ist zunächst der zu untersuchende erosionswirksame Hang in seiner Ausdehnung festzulegen. Dies umfasst die gesamte geneigte Fläche, einschließlich eines oben einsetzenden und unten ausklingenden Hangbereiches, über die Oberflächenabfluss stattfinden kann. Im Falle von fehlenden eindämmenden Strukturen wie Gräben, Wege, Feldraine, dauerhafte Grenzfurchen aber auch Grünland- und Waldflächen, die abfließendes Oberflächenwasser seitlich abführen, erfolgt die Festlegung unabhängig von Grundstücksgrenzen in Richtung des stärksten Gefälles.

Zur Illustration sind in Abbildung 9 drei Felder dargestellt. Im Feld A ist der Erosionsbereich kürzer als die Feldlänge, weil es im untersten Abschnitt bereits zur Sedimentation kommt und daher der Abtragsbereich endet. Das Feld B ist ein Standardfall. Etwas komplizierter in der Berechnung ist hingegen Feld C, weil dort die Hanglängen stark variieren. Hier wird an mehreren über das Feld verteilten Stellen die Hanglänge bestimmt. Davon wird der zugehörige L-Faktor abgeleitet und anschließend gemittelt.

Die erosive Hanglänge wird in Gefällerrichtung gemessen und anhand von Tabelle 5 der L-Faktor bestimmt. Dabei wird unterschieden, ob die Hangneigung in diesem Bereich kleiner oder größer 5 % ist (zum Bestimmen der Hangneigung vgl. Schritt 4).

Beispiel: Bei einer Hangneigung $> 5\%$ und einer Hanglänge von 230 m beträgt $L = 3,2$.

Tab. 5: Hanglängenfaktor L

Hanglänge in m	L ($\leq 5\%$ Hangneigung)	L ($> 5\%$ Hangneigung)
30	1,1	1,1
40	1,3	1,3
60	1,5	1,7
80	1,7	1,9
100	1,8	2,1
120	2,0	2,3
140	2,1	2,5
160	2,2	2,7
180	2,3	2,9
200	2,4	3,0
240	2,6	3,3
270	2,7	3,5
300	2,8	3,7
350	3,0	4,0
400	3,2	4,3

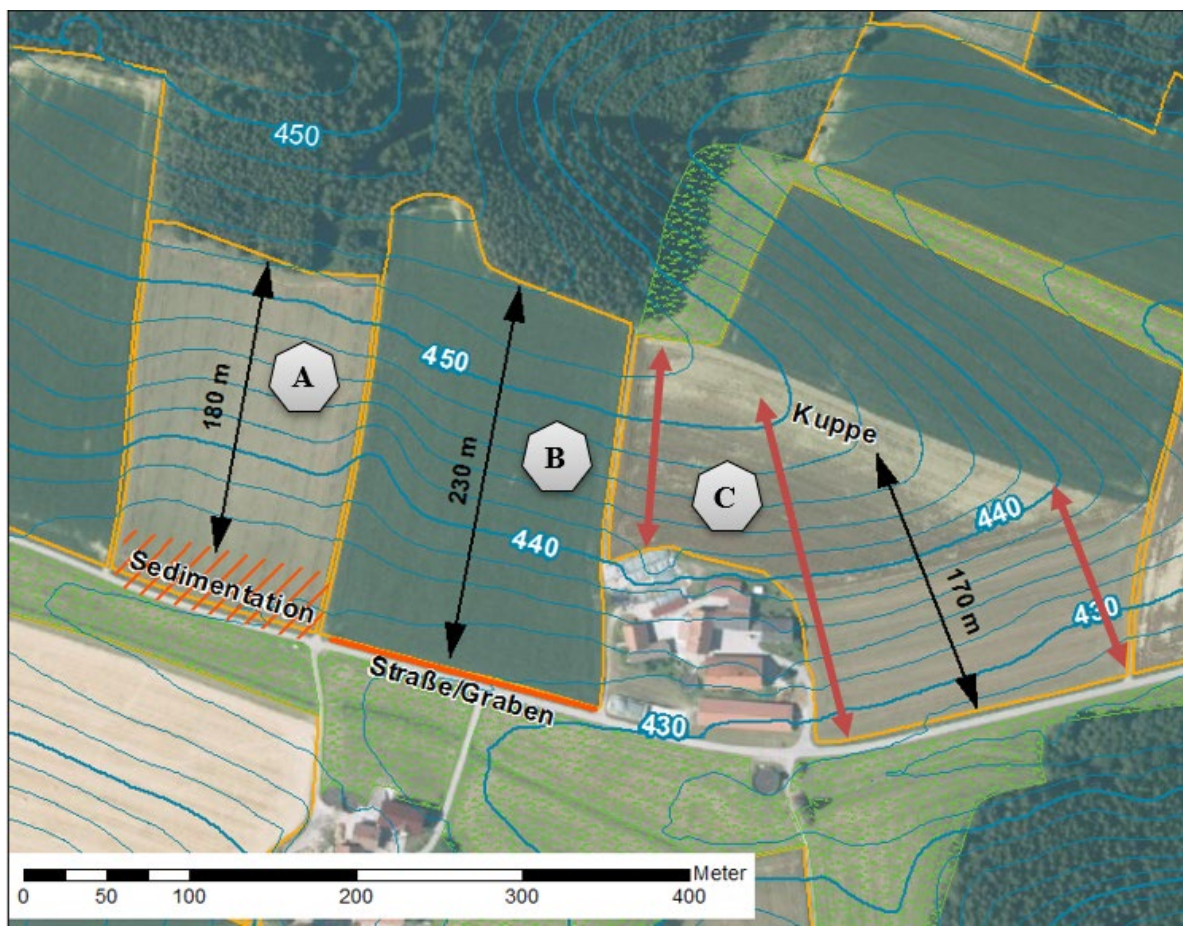


Abb. 9: Beispiele für das Festlegen von Hanglänge und Hangneigung: Begrenzend wirken lineare Strukturen wie Gräben und Wege, aber auch Nutzungswechsel zu Wald und Grünland. Die erosive Hanglänge kann im oberen Hangbereich durch Kuppen begrenzt sein, an denen sich die Fließrichtung des Wassers ändert und endet im Bereich des auslaufenden Hanges, sobald Sedimentation einsetzt. Schlaggrenzen verkürzen die erosive Hanglänge nur, wenn dort wasserableitende Strukturen, wie Raine oder Gräben vorkommen. Der Höhenunterschied ergibt sich aus der Anzahl der Höhenlinien (2-Meter-Abstand). (Quelle Geobasisdaten: Bayerische Vermessungsverwaltung, www.geodatenonline.bayern.de)

4. Schritt: Ermittlung des Hangneigungsfaktors S

Der S-Faktor wird für den in Schritt 3 festgelegten erosiven Hangabschnitt ermittelt, indem die Hangneigung für diesen Bereich durch Messung im Gelände oder Ablesen aus einer topografischen Karte bestimmt wird. Mit der Erosionsschutz-App ABAG interaktiv wird dies automatisch nach Markierung des zu messenden Hangbereichs berechnet. Unter Zuhilfenahme von Tabelle 6 lässt sich der S-Faktor aus der Hangneigung ableiten.

Verfügt man über Kartenmaterial mit Höhenlinien, so kann mit etwas Übung das erosionswirksame Gefälle auch aus dem Abstand der Höhenlinien abgelesen werden. In Abbildung 9 kennzeichnen zwei Höhenlinien einen Höhenunterschied von 2 m. Der Kartenmaßstab gibt an, wie lang die in der Karte gemessene Strecke in Wirklichkeit ist. Beim Maßstab 1:5.000 beispielsweise entspricht 1 cm auf der Karte 50 m in der Realität.

Die Hangneigung berechnet sich mit der Formel:

$$\text{Neigung (\%)} = \frac{h \cdot 100}{s}$$

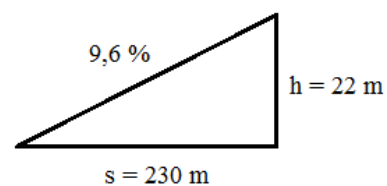
wobei: h = Höhenunterschied (m)
s = horizontale Strecke (m)

Beispiel (vgl. Abbildung 9, Acker B)

h (11 Höhenlinien zu je 2 m) = 22 m
s = 230 m

$$\text{Neigung (\%)} = \frac{22 \cdot 100}{230} = 9,6 \%$$

S-Faktor = 1,1



Tab. 6: Hangneigungsfaktor S

Hangneigung in %	S	Hangneigung in %	S
3	0,3	16	2,0
4	0,4	17	2,2
5	0,5	18	2,4
6	0,6	19	2,6
7	0,8	20	2,7
8	0,9	21	2,9
9	1,0	22	3,1
10	1,1	23	3,3
11	1,3	24	3,5
12	1,4	25	3,7
13	1,6	26	3,9
14	1,7	28	4,3
15	1,9	30	4,7

5. Schritt: Ermittlung des Bewirtschaftungsfaktors C

Der C-Faktor einer Fruchtfolge lässt sich aus den Anteilen der verschiedenen Kulturen und ihren sogenannten gamma-Werten berechnen:

$$C = \max \left(0,025; \sum_{i=1}^m f_i \cdot \gamma_i \right)$$

f_i = Anteil der Kultur an der Fruchtfolge

γ_i = gamma-Wert (abhängig von der Kultur und der Anbaumethode, s. Tabelle 7)

Bei der Berechnung müssen die Grundsätze der Fruchtfolgegestaltung beachtet werden. Der Anteil von Mulch- und Mulchdirektsaat kann daher nicht größer sein als der Anteil geeigneter Vorkulturen (Winter- + Sommerkulturen). Bei der Anwendung der vereinfachenden Schätzgleichung darf der C-Faktor auf Ackerflächen nicht kleiner als 0,025 werden.

Beispiel:

Feldfrucht Jahr 1: Wintergerste,

Feldfrucht Jahr 2: Körnermais nach Winterzwischenfrucht im Mulchsaatverfahren

$$\text{C-Faktor} = 0,5 \cdot 0,07 + 0,5 \cdot 0,156 = 0,035 + 0,078 = \mathbf{0,113}$$

Der Mittelwert des C-Faktors für Deutschland, der sich aus den Anteilen der Kulturen und ihrer γ -Werte ergibt, beträgt 0,126. Dieser Wert kann als Orientierungshilfe dienen, ob eine bestimmte Fruchtfolge oder Anbauweise über- oder unterdurchschnittlich erosionsfördernd wirkt. In der Tabelle 7 sind die γ -Werte ausgewählter Kulturen enthalten, mit Hilfe derer sich der C-Faktor für Einzelkulturen (in dem speziellen Fall ist γ gleich C) oder auch für komplexe Fruchtfolgen berechnen lässt. Dabei wird zwischen konventioneller Saat, Mulchsaat und Mulchdirektsaat unterschieden. Die angegebenen γ -Werte für Mulch- und Mulchdirektsaat gelten unter der Voraussetzung, dass die jeweilige Maßnahme optimal umgesetzt wird. Bei der Mulchsaat ist die Fläche über den gesamten Winter durch eine grüne oder abfrierende Zwischenfrucht bedeckt. Im Frühjahr wird die Zwischenfrucht nicht untergepflügt, sondern nur oberflächlich flach bearbeitet (z.B. unter Verwendung einer Kreiselegge) Dadurch ist die Bodenbedeckung zur Aussaat in der Regel geringer als 30 %. Bei der Mulchdirektsaat hingegen erfolgt die Saat in die unzerkleinerte Mulchschicht, wodurch eine Bedeckung von mindestens 30 % bei der Saat vorausgesetzt wird. Beträgt die Mulchbedeckung trotz Direktsaat weniger als 30 %, so ist der γ -Wert der Mulchsaat zu verwenden.

Tab. 7: γ -Werte ausgewählter Kulturen (Quelle: Auerswald et al., 2021)

Gruppe	Bezeichnung	γ konventionell	γ Mulchsaat	γ Direktsaat
Gemüse, Kräuter, Gewürze	Fenchel	0,305	0,222	
	Gurke	0,365	0,282	
	Kürbis, Zucchini	0,225	0,142	
	Koriander	0,145	0,062	
	Mohn	0,165	0,082	
	Möhre	0,265	0,182	
	Petersilie	0,205	0,122	
	Ringelblumen	0,165	0,082	
	Sommerzwiebel	0,365		
	Winterzwiebel	0,465		
	Zichorien/ Wegwarten	0,265	0,182	
Körner- leguminosen	Ackerbohne	0,178	0,095	0,047
	Erbsen	0,141	0,058	0,047
	Linsen	0,141	0,058	0,047
	Lupinen	0,185	0,102	0,047
	Sojabohnen	0,241	0,158	0,047
Rasenbildendes Ackerfutter (Gras, Klee gras, Luzerne gras)	1. Anbaujahr durch Blanksaat	0,039		
	1. Anbaujahr durch Untersaat	-0,077		
	2. Anbaujahr	-0,136		
	Ab dem 3. Anbaujahr	-0,013		
	Kartoffeln	0,376	0,293	
	Kohl-/Steckrüben	0,181	0,098	0,047
	Körnermais	0,245	0,156	0,048

Gruppe	Bezeichnung	γ konventionell	γ Mulchsaat	γ Direktsaat
Reihen- kulturen	Rispenhirse	0,145	0,062	0,047
	Runkel-/Futterrübe	0,181	0,098	0,047
	Silomais	0,252	0,166	0,050
	Sonnenblumen	0,261	0,164	0,040
	Sorghumhirse	0,148	0,065	0,047
	Sudangras	0,225	0,142	0,047
	Zuckerrüben	0,181	0,098	0,047
	Amarant (Fuchsschwanz)	0,245	0,162	0,047
Sommer- getreide	Sommerdinkel	0,070	0,033	
	Sommeremmer, Sommereinkorn	0,116	0,033	
	Sommergerste	0,076	0,033	
	Sommerhafer	0,117	0,034	
	Sommerhartweizen (Durum)	0,116	0,033	
	Sommermengge- treide mit Weizen	0,116	0,033	
	Sommermengge- treide ohne Weizen	0,117	0,034	
	Sommerroggen	0,070	0,033	
	Sommertriticale	0,070	0,033	
	Sommerweizen (Weichweizen)	0,116	0,033	
	Sonstige Sommer- kulturen	Buchweizen	0,189	0,106
Färberdistel		0,085		
Hanf		0,117	0,034	0,047
Leindotter		0,085	0,034	
Meerkohl (Crambe)		0,085		

Gruppe	Bezeichnung	γ konventionell	γ Mulchsaat	γ Direktsaat
	Öllein/Faserflachs	0,115	0,032	
	Weißer Senf	0,085		
	Wolfsmilch	0,225		
Winterkulturen	Winterdinkel, -emmer, -einkorn	0,071		
	Wintergerste	0,070		
	Winterhafer	0,073		
	Winterhartweizen	0,071		
	Wintermenggetreide mit Weizen	0,085		
	Wintermenggetreide ohne Weizen	0,073		
	Winterraps	0,087		
	Winterroggen	0,071		
	Winterrübsen	0,087		
	Wintertriticale	0,073		
	Winterweizen (Weichweizen)	0,085		

Tab. 8: C-Faktoren ausgewählter Dauerkulturen

Dauerkultur	C-Faktor	
Dauergrünland	0,004	
Hopfen	mit Untersaat, 2 Bearbeitungsgänge	0,340
	mit Untersaat, 3 Bearbeitungsgänge	0,400
	mit Untersaat, 4 Bearbeitungsgänge	0,430
	mit Untersaat, 5 Bearbeitungsgänge	0,515
	mit Untersaat, 6 Bearbeitungsgänge	0,595
	ohne Untersaat, 6 Bearbeitungsgänge	0,770

Dauerkultur		C-Faktor
Miscanthus	bis 5 Jahre	0,250
	6 bis 10 Jahre	0,150
	11 bis 15 Jahre	0,120
	16 bis 20 Jahre	0,110
	> 20 Jahre	0,090
Silphie	bis 5 Jahre	0,110
	6 bis 10 Jahre	0,080
	11 bis 15 Jahre	0,060
	16 bis 20 Jahre	0,055
	> 20 Jahre	0,050
Topinambur		0,085
Wein	Neuanlage ohne Schutzmaßnahmen	0,800
	Neuanlage mit Strohabdeckung	0,320
	Ertragsanlage ohne Schutzmaßnahmen	0,590
	Ertragsanlage natürliche Begrünung	0,460
	Ertragsanlage mit Herbst-Winter-Begrünung	0,400
	Ertragsanlage mit Strohabdeckung	0,120
	Ertragsanlage mit Grünguthäckselabdeckung	0,090
	Ertragsanlage mit Rindenmulch	0,060
Ertragsanlage mit angesäter Dauerbegrünung	0,030	
Wald		0,004

6. Schritt: Ermittlung des Querbearbeitungsfaktors P

Die Bewirtschaftung quer zum Gefälle bremst bei nicht zu großer Hanglänge den Oberflächenabfluss des Wassers und wird daher im P-Faktor berücksichtigt. Die beschriebene Wirkung tritt hingegen nur auf, wenn eine vom Gefälle abhängige kritische Hanglänge nicht überschritten wird (Tabelle 9). Andernfalls gilt $P = 1$, da ansonsten der Effekt der Querstrukturen nicht mehr greift. In vielen Fällen in der Praxis erfolgt die Bearbeitungsrichtung nicht exakt quer zum Gefälle, wodurch der P-Faktor dementsprechend ebenfalls zwischen dem Wert der Querbearbeitung und 1 liegt. Es ist demnach immer noch eine abgeschwächte Wirkung vorhanden. Allerdings ergibt sich in diesen Fällen eine längere maximal zulässige Hanglänge, da die Gefahr des Durchbrechens der Querstrukturen geringer ist, weil das Wasser seitlich ablaufen kann.

In unserem Beispielacker B aus der Abbildung 9 wird die für eine Hangneigung von 9,6 % geltende kritische Hanglänge von 40 m deutlich überschritten, P ist demzufolge 1. Die maximal zulässige Hanglänge kann durch Bewirtschaftung im Streifenanbauprinzip verdoppelt werden.

Tab. 9: *Querbewirtschaftungsfaktor P in Abhängigkeit von der kritischen Hanglänge und Hangneigung*

Hangneigung in %	Kritische Hanglänge	P
1 - 2	130 m	0,6
3 - 5	100 m	0,5
6 - 8	70 m	0,5
9 - 12	40 m	0,6
13 - 16	30 m	0,7
17 - 20	20 m	0,8
21 - 25	17 m	0,9

7. Schritt: Ermittlung des langjährigen mittleren Bodenabtrags A

Für die genannten Beispiele errechnet sich für einen Acker im Landkreis Freising ein Abtrag von:

$$A = 136 \cdot 0,45 \cdot 3,2 \cdot 1,1 \cdot 0,113 \cdot 1,0 = 24,3 \text{ t/ha/Jahr}$$

R-Faktor: Landkreis Freising = **136**

K-Faktor: L 3 Lö = **0,45**

L-Faktor: erosive Hanglänge = 230 m bei > 5 % Hangneigung = **3,2**

S-Faktor: Hangneigung 10 % = **1,1**

C-Faktor: Wintergerste – Winterzwischenfrucht-Maismulchsaat = **0,113**

P-Faktor: Überschreitung der wirksamen Hanglänge für Querbewirtschaftung: ja = **1,0**

8. Schritt: Wird der „tolerierbare Abtrag“ überschritten?

Die Toleranzgrenze A_t des Bodenabtrags liegt näherungsweise bei einem Achtel der Boden- bzw. Grünlandgrundzahl, maximal aber bei 10 Tonnen pro Hektar und Jahr. Für eine Fläche mit der Bodenzahl 74 ergibt sich somit eine Toleranzgrenze von 9,3 Tonnen Boden pro Hektar und Jahr.

$$A_t = \frac{\text{Bodenzahl}}{8}$$

In unserem Beispiel liegt der ermittelte Abtrag von 24,3 t/ha/Jahr weit über der errechneten Toleranzgrenze. Der Landwirt könnte den Abtrag deutlich senken, z. B. durch Mulchdirekt-
saat (Reduzierung auf 12,7 t/ha/Jahr). Eine Querbearbeitung stellt in diesem Beispiel keine Option dar, weil die maximale Hanglänge weit überschritten wird. Allerdings würde die Querbearbeitung es erlauben, einen stabilen, abflussleitenden Rain quer zum Gefälle in der Mitte des Feldes zu etablieren. Dadurch hätte der Acker noch die gleiche Fläche, aber die erosionswirksame Hanglänge würde halbiert auf 115 m. Der L-Faktor quantifiziert sich dann auf 2,3 und der Abtrag würde somit auf 9,1 t/ha/Jahr sinken. Somit ließe sich durch die Umsetzung dieser Maßnahmenkombination der Abtrag auf ein tolerierbares Maß reduzieren (Abb. 10).



Abb. 10: Nebeneinander: Einfluss der Bewirtschaftung - Minderung der Bodenerosion durch Fruchtwechsel und Bodenbedeckung in erosionsgefährdetem Gelände, sowie dadurch Verkürzung der Hanglänge. (Quelle: W. Bauer, www.agroluftbild.de)



Abb. 11: Regensimulator: Einfluss der Bewirtschaftung auf Bodenabtrag und Oberflächenabfluss; Videolink zum Bild durch das Scannen des QR-Codes

Literaturnachweis:

Auerswald K., Elhaus D., 2013. Ableitung der Bodenerodierbarkeit K anhand der Bodenart. Bodenschutz 4, 109-113.

Auerswald K., 2018. Tabellen zum Ableiten der Bodenerodierbarkeit K anhand des Bodenschätzungsbeschriebs. unveröffentlicht.

Elhaus D., Winterrath T., Auerswald K., Fischer, F., 2019. Klimawandel und Bodenerosion, 136-141.

Brandhuber R., Auerswald K., Lang R., Müller A., Treisch M., 2018. ABAG interaktiv, Version 2.0, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 2022. DIN 19708:2022-08, Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Beuth Verlag., 28 S.

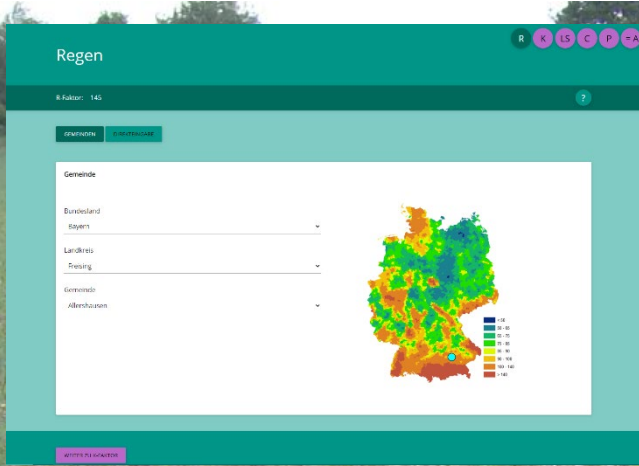
Fischer F.K., Auerswald K., Maier H., Brandhuber R., 2019. Erosionsschutz Bayern. Radargestützte Erosionsprognose I- Methodenentwicklung und Validierung der ABAG. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3, 35 S.

Schwertmann U., Vogl W., Kainz M., Auerswald K., Martin W. (1990): Bodenerosion durch Wasser - Vorhersage des Bodenabtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen; Ulmer, 2. Auflage, 64 S.

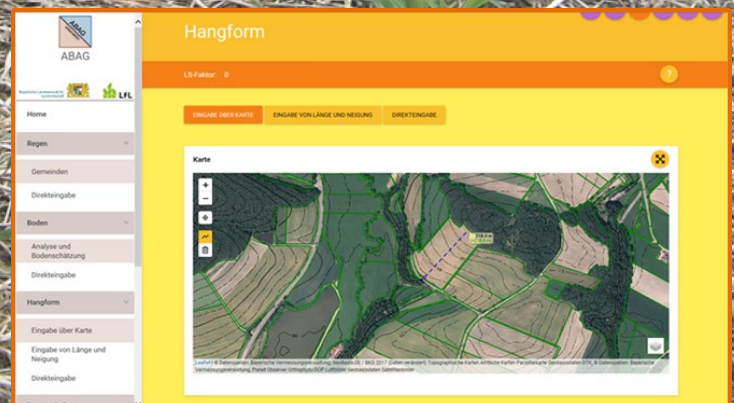
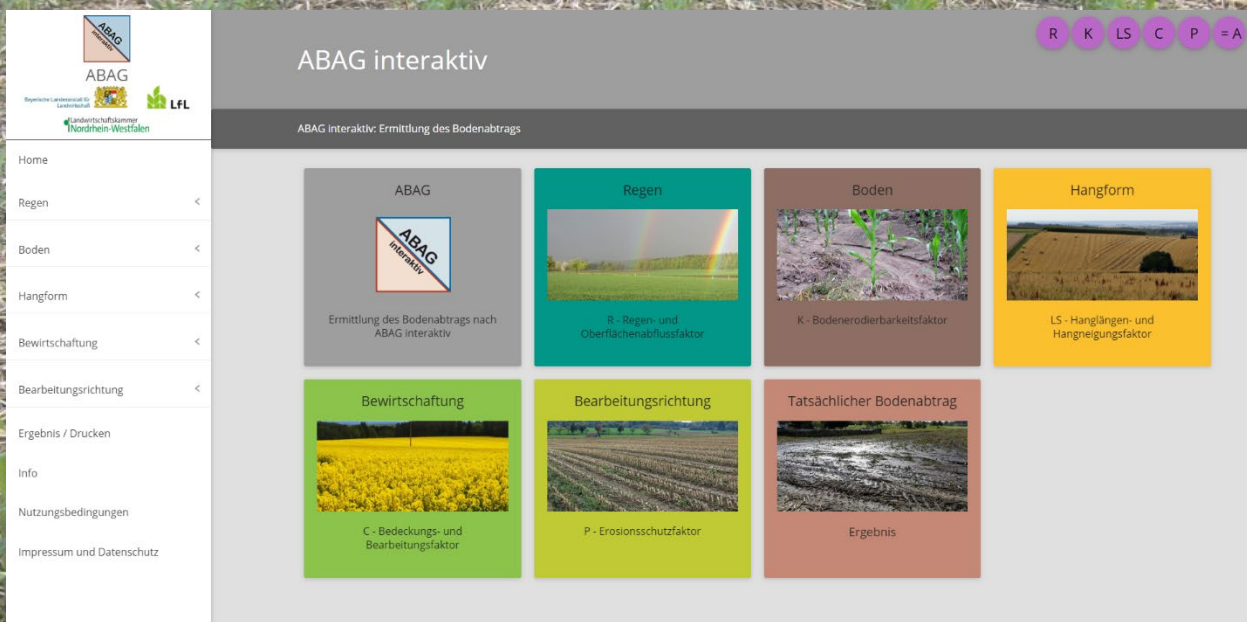
Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M., 1990. Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage. Ulmer: Stuttgart.

Auerswald K., Ebertseder F., Levin K., Yuan Y., Prasuhn V., Plambeck N., Menzel A., Kainz M., 2021. Summable C factors for contemporary soil use. Soil and Tillage Research 213, 105155, 12 S.

Erosionsschutz-App „ABAG interaktiv“



www.LfL.bayern.de/abag



Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: www.LfL.bayern.de

Redaktion: Institut für Agrarökologie und Biologischen Landbau
Lange Point 12, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: Agraroeekologie@LfL.bayern.de
Telefon: 08161 8640-3640

Bildnachweis: Titelbild: Anton Weig, AELF Coburg-Kulmbach
Weitere Bilder: LfL, soweit nicht anders gekennzeichnet

9. veränderte Auflage: Februar 2023

Druck: Saxoprint GmbH, Dresden

Schutzgebühr: 1,00 Euro

© LfL