



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Bodenerosion

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



LfL-Information

1 Warum muss der Boden vor Erosion geschützt werden?

Bodenerosion ist die Verlagerung von Bodenmaterial an der Bodenoberfläche durch Wasser oder Wind als Transportmittel. Sie gilt nicht nur weltweit, sondern auch in Bayern als die derzeit größte Gefährdung der Böden und ihrer Funktionen. In Bayern spielt die Erosion durch Wasser eine große Rolle. Hierdurch entstehen Schäden auf landwirtschaftlich genutzten Flächen durch:

- Verletzen, Entwurzeln und Überdecken von Kulturpflanzen,
- Verlust an durchwurzelbarer Bodensubstanz und damit vermindertes Wasserspeicher-, Filter- und Puffervermögen,
- Verarmung des Bodens an Humus und Pflanzennährstoffen,
- Wegspülen von Saatgut, Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln vom Ausbringungsort und Ablagerung an unerwünschter Stelle,
- erschwertes Befahren der Äcker durch tiefe Erosionsrinnen oder Auflandungen,
- Beeinträchtigung der ökologischen Funktionsfähigkeit geschädigter Böden,
- Minderung der Ertragsfähigkeit, Zunahme der Heterogenität im Feld, ungleiche Abreife.



Abb. 1: Erosionsrinnen im Mais (Fotos: W. Bauer, www.agroluftbild.de)



Abb. 2: Eintrag von Boden in Gewässer – Überflutung nach Starkregen

Andere Bestandteile des Naturhaushaltes werden zum Teil erheblich beeinträchtigt durch:

- Einträge von Boden, Pflanzennährstoffen oder Pflanzenschutzmitteln in Gewässer oder benachbarte Biotope (Folge: Eutrophierung, Vergiftung, Verschlammung usw.),
- Verschmutzung von angrenzenden Straßen, Wegen und Gräben (Abb. 2).

Nach dem Bodenschutzrecht hat der Landwirt die Pflicht zur Gefahrenabwehr und zur Vorsorge. Diese Pflichten erfüllt der Landwirt in der Regel 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?

Bodenabtrag findet im Wesentlichen auf Ackerflächen statt. Das Ausmaß der Bodenerosion hängt insbesondere von Art und Ausmaß der Niederschläge, von der Bodenart, von Hanglänge und Hangneigung und von den Bewirtschaftungsmaßnahmen des Landwirts ab.

Der langfristige Bodenabtrag einer bestimmten Ackerfläche lässt sich unter Berücksichtigung dieser Faktoren mit Hilfe der **Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)** bestimmen. Dabei sind die Anwendungsgrenzen der ABAG zu beachten. Die ABAG unterschätzt die Erosionsgefährdung dort, wo in Tiefenlinien gebündelter Abfluss Rinnen- oder Grabenerosion verursacht. Gleiches gilt für sehr lange aber nur gering geneigte Hänge, die aber doch ein Zusammenfließen des Oberflächenabflusses erlauben.

3 Wieviel Erosion verträgt der Boden?

Bodenabtrag lässt sich auf Ackerflächen nicht völlig vermeiden. Der heutige Stand der Technik zur Bodenbearbeitung und Bestellverfahren ermöglicht es aber 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 an Funktionalität als tiefgründige (Abb. 3).



Abb. 3: Flachgründige Böden verlieren bei vergleichsweise geringen Bodenabträgen viel

Die Gründigkeit korreliert gut mit der Bodenzahl (bzw. bei Umbruchflächen der Grünlandgrundzahl), die für alle Ackerflächen vorliegt. So hat Schwertmann eine Toleranzgrenze postuliert, die bei einem mittleren Bodenabtrag ($t/ha \cdot a$) von „Bodenzahl / 8“ liegt. Bei einer Bodenzahl von 48 ergibt sich daher eine Toleranzgrenze von $6 t/ha \cdot a$. Diese Toleranzgrenze kann auch heute noch eine hilfreiche Orientierung bieten. Bodenabträge über der Toleranzgrenze nach Schwertmann sind auf jeden Fall zu hoch. Um die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen, sind in vielen Fällen niedrigere Bodenabträge erforderlich und mit dem richtigen Maßnahmenpaket auch erreichbar.

Entsprechend soll der Landwirt in erosionsgefährdeten Lagen Vorkehrungen in seiner Bewirtschaftung treffen, um den Bodenabtrag möglichst niedrig zu halten. Hierzu gehören Maßnahmen wie z. B. konservierende Bodenbearbeitung, Direktsaat, Mulchsaat von Reihenkulturen mit möglichst hoher Bodenbedeckung nach der Saat, verbleibende Ernterückstände auf der Bodenoberfläche, Querbewirtschaftung, Unterteilung erosionsgefährdeter Hänge, Fruchtfolgegestaltung und Kulturartenauswahl entsprechend der Standortgefährdung, Zwischenfruchtanbau, ein raues Saatbett, ausreichende Humus- und Kalkversorgung. Diese Maßnahmen stellen alleine 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-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 6 Faktoren maßgeblich die Höhe des Abtrags:

R = Regenfaktor

K = Bodenfaktor

S = Hangneigungsfaktor

L = Hanglängenfaktor

C = Bewirtschaftungsfaktor

P = Querbewirtschaftungsfaktor

Multipliziert ergeben sie den langjährigen mittleren Bodenabtrag A in Tonnen je Hektar und Jahr [t/(ha*Jahr)]:

$$A = R * K * S * L * C * P$$

Die einzelnen Faktoren wiederum müssen aus verschiedenen Datenquellen abgeleitet werden. Kapitel 5 beschreibt die Vorgehensweise mit Hilfe von Hilfstabellen. Daneben sind genaue Kenntnisse über die Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der fraglichen Fläche, sowie über die Beschreibung der Fläche 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



Neuberechnung des Regenfaktors

In der Erosionsschutz-App sowie in dieser LfL Information wurden die neu berechneten R-Faktoren für Bayern berücksichtigt (vergl. Abb. 6 und 7).

Die Regenerositäten wurden anhand der hoch aufgelösten Radar-Niederschlagsmessungen des DWD aus dem 17jährigen Zeitraum von 2001 bis 2017 berechnet, den sog. 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.

Die neu berechneten Regenerositäten liegen im bayernweiten Mittel für die ackerbaulich genutzten Gebiete um 50% höher als die in den 70er Jahren ermittelten R-Faktoren, die auf Stationswerten von 17 Ombrometerstationen des DWD basierten.

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

5 Vorgehen zur Ermittlung des Bodenabtrags

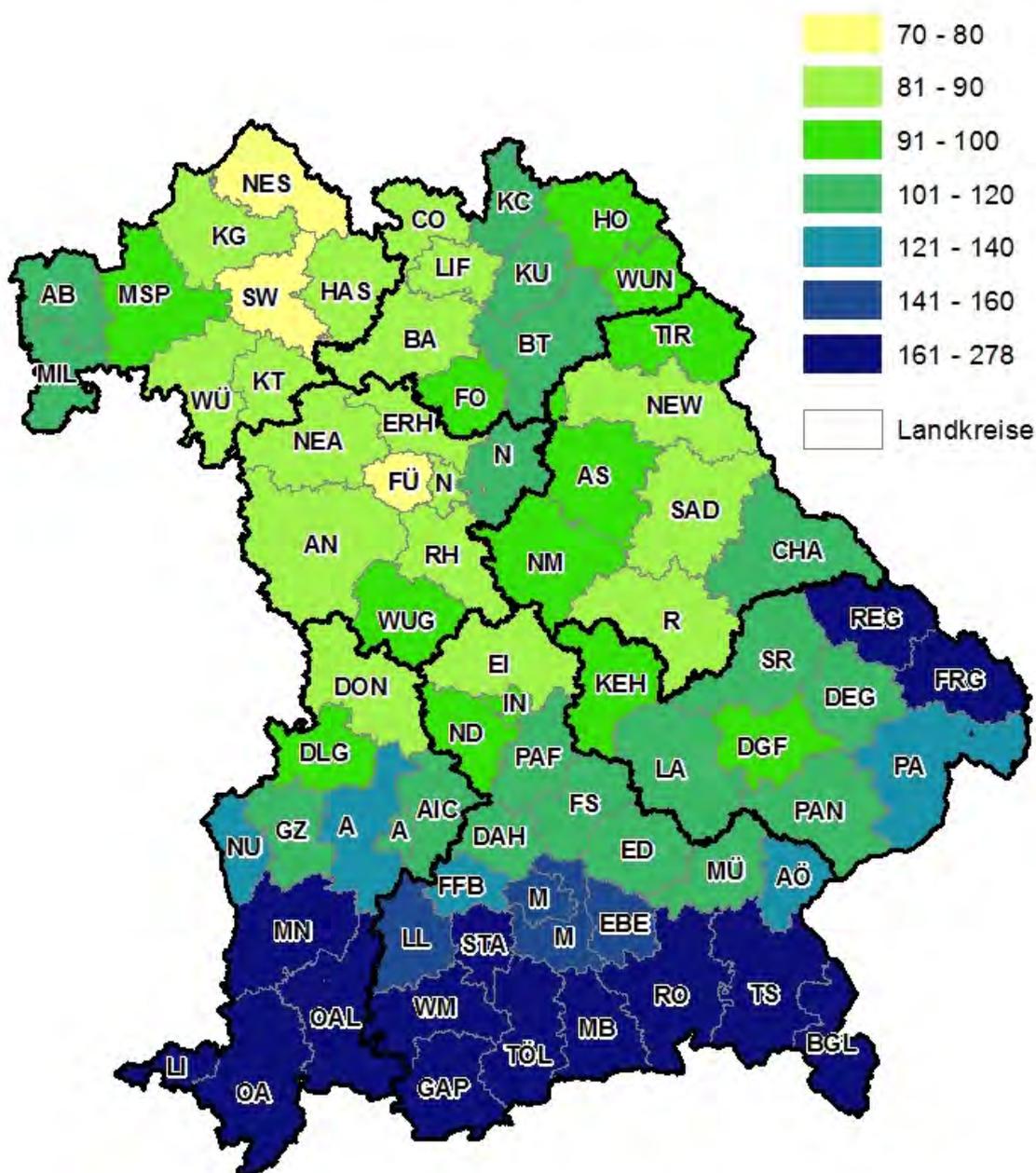
1. Schritt: Ermittlung des Regenfaktors R

Anhand der Tabelle 1 und der Bayern-Karte in Abbildung 6 kann der R-Faktor für jeden Landkreis in Bayern abgelesen werden. Der R-Faktor je Landkreis ist der Mittelwert aus allen Gemeinde-R-Faktoren des jeweiligen Landkreises. Berücksichtigt wurden dabei aber nur Gemeinden, in deren Gebiet auf mindestens 10 ha Ackerbau stattfindet (InVeKoS 2018). Die R-Faktoren je Gemeinde können innerhalb eines Landkreises mehr oder weniger stark vom Landkreismittel abweichen (Abbildung 7).

Tab. 1: R-Faktoren der Landkreise in Bayern

Landkreis		R	Landkreis		R
AIC	Aichach-Friedberg	112	LA	Landshut	103
AÖ	Altötting	130	LIF	Lichtenfels	80
AS	Amberg-Sulzbach	93	LI	Lindau (Bodensee)	278
AN	Ansbach	81	MSP	Main-Spessart	93
AB	Aschaffenburg	116	MB	Miesbach	243
A	Augsburg	123	MIL	Miltenberg	104
A	Augsburg (Stadt)	113	MÜ	Mühlldorf a.Inn	110
KG	Bad Kissingen	84	M	München	159
TÖL	Bad Tölz-Wolfratshausen	241	M	München (Stadt)	150
BA	Bamberg	83	ND	Neuburg-Schrobenhausen	96
BT	Bayreuth	106	NM	Neumarkt i.d.OPf.	93
BGL	Berchtesgadener Land	244	NEA	Neustadt a.d.Aisch- Bad Windsheim	82
CHA	Cham	107			
CO	Coburg	81	NEW	Neustadt a.d.Waldnaab	90
DAH	Dachau	117	NU	Neu-Ulm	125
DEG	Deggendorf	120	N	Nürnberg (Stadt)	83
DLG	Dillingen a.d.Donau	94	N	Nürnberger Land	104
DGF	Dingolfing-Landau	92	OA	Oberallgäu	234
DON	Donau-Ries	88	OAL	Ostallgäu	186
EBE	Ebersberg	153	PA	Passau	122
EI	Eichstätt	89	PAF	Pfaffenhofen a.d.Ilm	100
ED	Erding	115	REG	Regen	161
ERH	Erlangen-Höchstadt	81	R	Regensburg	83
FO	Forchheim	98	NES	Rhön-Grabfeld	71
FS	Freising	107	RO	Rosenheim	204
FRG	Freyung-Grafenau	164	RH	Roth	82
FFB	Fürstenfeldbruck	134	PAN	Rottal-Inn	105
FÜ	Fürth	79	SAD	Schwandorf	82
GAP	Garmisch-Partenkirchen	243	SW	Schweinfurt	70
GZ	Günzburg	113	STA	Starnberg	164
HAS	Haßberge	83	SR	Straubing-Bogen	106
HO	Hof	95	TIR	Tirschenreuth	98
IN	Ingolstadt	91	TS	Traunstein	209
KEH	Kelheim	92	MN	Unterallgäu	162
KT	Kitzingen	80	WM	Weilheim-Schongau	210
KC	Kronach	107	WUG	Weißenburg-Gunzenhausen	94
KU	Kulmbach	103	WUN	Wunsiedel i.Fichtelgebirge	91
LL	Landsberg am Lech	155	WÜ	Würzburg	85

R-Faktoren Karte Bayern (Mittelwert je Landkreis)



IAB 1a: 31.10.2018
 Geobasisdaten:
 LDBV
 (www.geodaten.bayern.de)

Abb. 6: Karte der R-Faktoren je Landkreis

R-Faktoren Karte Bayern (Mittelwert je Gemeinde)

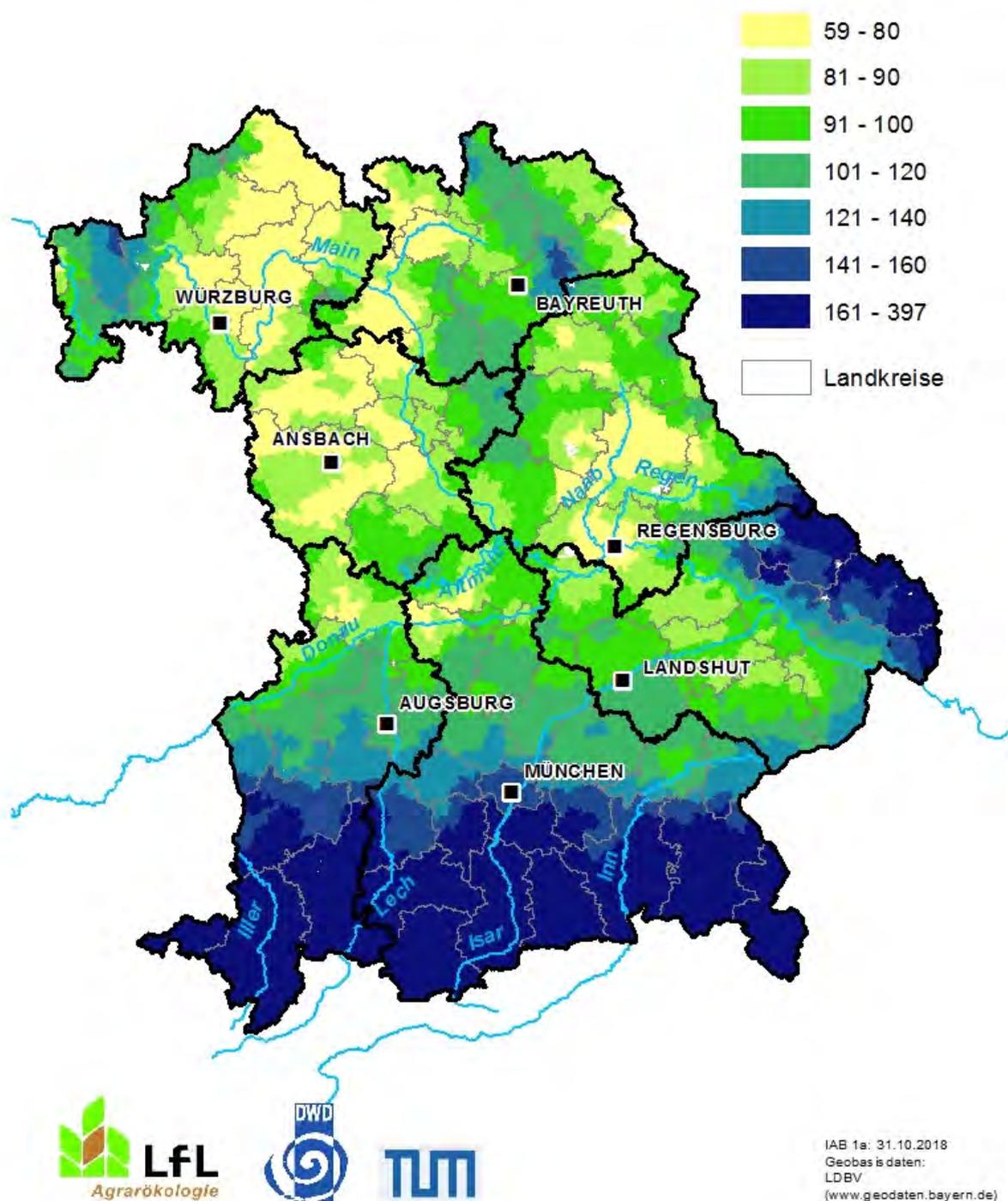


Abb. 7: Karte der R-Faktoren je Gemeinde

2. Schritt: Ermittlung des Bodenfaktors K

Der K-Faktor setzt sich zusammen aus einem Wert für die Steinbedeckung eines Bodens (K_{Stein}) und einem Wert für die Korngrößenzusammensetzung des Feinbodens ($K_{\text{Feinboden}}$). Beide Werte ergeben multipliziert den K-Faktor.

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_{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	I II III	Alle Bodenarten		
		0,95		
		0,92		
		0,87		

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

	Zustandsstufe	Bodenart						
		S	SI	IS+SL	sL	L	LT	T
Ackerbeschriebe	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	I II III	S	IS	L	T			
		0,30	0,36	0,33	0,18			
		0,18	0,27	0,31	0,22			
	III	0,18	0,29	0,36	0,28			

Wegen der groben Einteilung der Grünlandschätzung sollen in solchen Fällen nach Möglichkeit benachbarte Ackerbeschriebe ähnlicher Bodenart verwendet werden.

Beispiel:

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

Tab. 4: Abkürzungen der Bodenschätzung

Bodenart		Entstehung	
S	Sand	D	Diluvium
Sl	Anlehmgiger 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 (Quelle: LfL Datenportal, Geodaten: LDBV, Bodenschätzung WMS, Stand: 31.01.2018, www.geodaten.bayern.de)

3. Schritt: Ermittlung des Hanglängenfaktors L

Der L-Faktor kennzeichnet den erosionswirksamen Bereich eines Hanges. Oft ist ein Schlag wegen unterschiedlicher Hangneigung nicht überall in gleicher Weise von Erosion betroffen. Deshalb ist zunächst der zu untersuchende erosionswirksame Hang in seiner Ausdehnung festzulegen. Dies ist die Fläche mit der stärksten Hangneigung, einschließlich eines oben einsetzenden und unten ausklingenden Hangbereiches, für den Bodenerosion zu erwarten ist.

Die Festlegung erfolgt unabhängig von Grundstücksgrenzen. Strukturen wie Gräben, Wege, Feldraine oder dauerhafte Grenzfurchen, die abfließendes Oberflächenwasser seitlich abführen, wirken dagegen begrenzend. Gleiches gilt für angrenzende Grünland und Waldflächen. Die erosive Hanglänge wird in Gefällerrichtung gemessen und anhand von Tabelle 5 der dazugehörige L-Faktor bestimmt. Dabei wird unterschieden, ob die Hangneigung in diesem Bereich kleiner oder größer 5 % ist (zum Bestimmen der Hangneigung vergl. 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 (≤ 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

4. Schritt: Ermittlung des Hangneigungsfaktors S

Der S-Faktor wird für den in Schritt 3 ermittelten 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. Anhand von Tabelle 6 lässt sich der S-Faktor dem Hangneigungswert zuordnen.

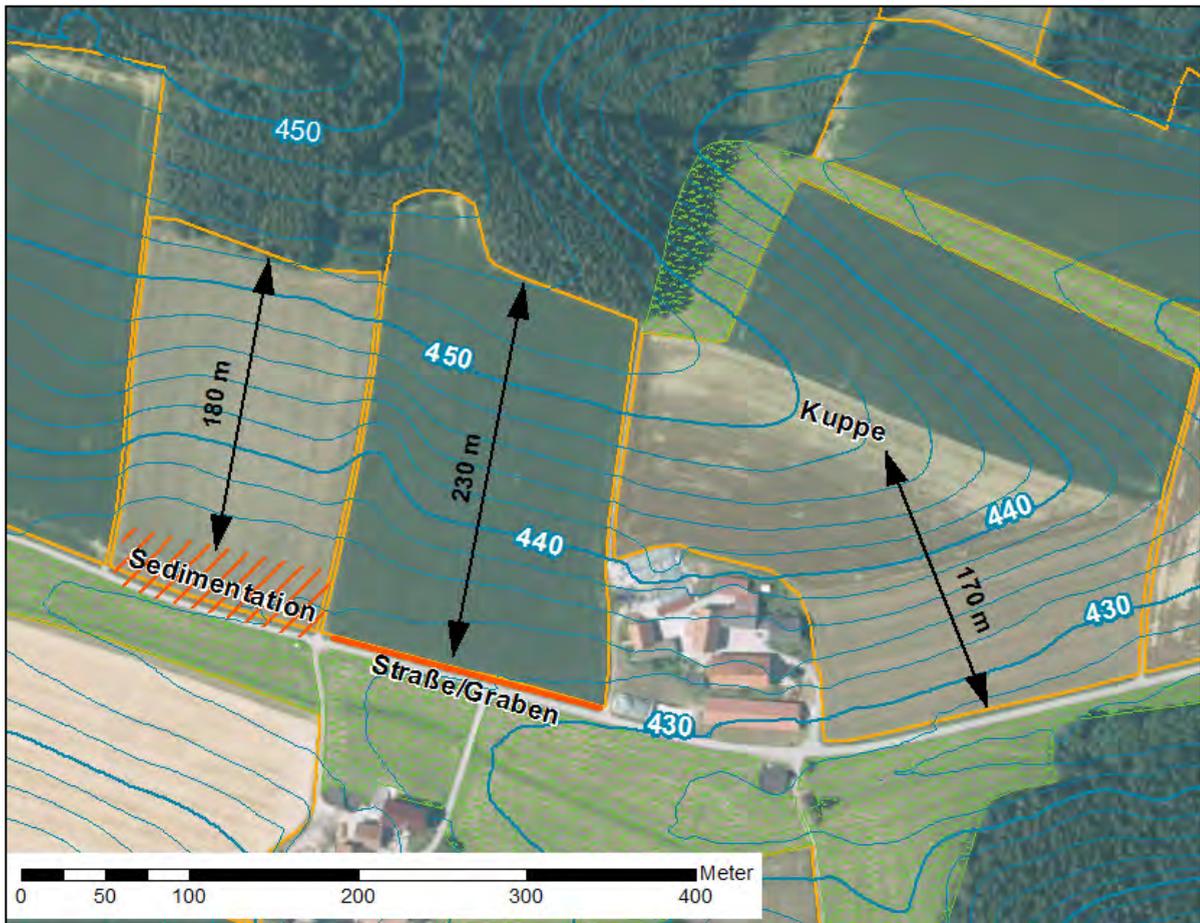


Abb. 9: Beispiele für das Festlegen von Hanglänge und Hangneigung: Begrenzend wirken lineare Strukturen wie Gräben und Wege, aber auch Nutzungswechsel zu Wald und Grünland. Die erosive Hanglänge kann im oberen Hangbereich durch Kuppen begrenzt sein, an denen sich die Fließrichtung des Wassers ändert und endet im Bereich des auslaufenden Hanges sobald Sedimentation einsetzt. Schlaggrenzen verkürzen die erosive Hanglänge nur, wenn dort Wasser ableitende Strukturen, wie Raine oder Gräben vorkommen. Der Höhenunterschied ergibt sich aus der Anzahl der Höhenlinien.

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 1cm auf der Karte 50 m in Wirklichkeit.

Die Hangneigung berechnet sich mit der Formel:

$$\text{Neigung (\%)} = \frac{h \cdot 100}{s} \quad \text{wobei:} \quad \begin{array}{l} h = \text{Höhenunterschied (m)} \\ s = \text{horizontale Strecke (m)} \end{array}$$

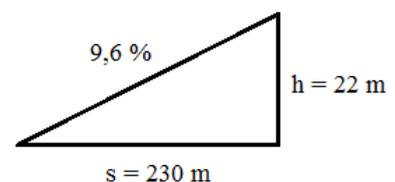
Beispiel (vergl. Abbildung 9, Ackerschlag in der Mitte):

h (11 Höhenlinien á 2 m) = 22 m

s = 230 m

Neigung (%) = $(22 \cdot 100) / 230 = 9,6 \%$

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

Unter Berücksichtigung der angebauten Früchte, der Bodenbearbeitung vor der Aussaat der Hauptkultur, des Zwischenfruchtanbaus und der Bodenbedeckung nach der Saat wird der C-Faktor ermittelt (Tabellen 7 - 10). Dabei ist den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechend zu interpolieren.

Eine Fruchtfolge Mais-Getreide-Getreide mit Zwischenfruchtanbau vor Mais, Verbleib des Aufwuchses auf dem Feld, ohne anschließenden Pflugeinsatz, mit flächiger Saatbettbereitung vor dem 15. Mai und weniger als 10 % Bodenbedeckung nach der Maissaat ergibt z. B. den C-Faktor 0,10.

Energie-Fruchtfolgen werden unter Mais-Getreide-Fruchtfolgen mit der Option "Stroh und Zwischenfruchtaufwuchs werden abgefahren" berücksichtigt. Energie-Fruchtfolgen können im Erosionsgeschehen eine besondere Rolle spielen. Ein hoher Anteil an Mais, fehlende organische Substanz zum Schutz der Bodenoberfläche und eine späte Saatbettbereitung für Zweitfrüchte wirken sich insbesondere in reinen Energiefruchtfolgen ungünstig aus.

Tab. 7: *Getreide-Raps-Fruchtfolgen (Mähdrusch-FF ohne Körnermais)*

C-Faktoren Getreide-Raps-Fruchtfolgen (Mähdrusch-FF)					
Pflugeinsatz vor Raps		ja		nein	
Pflugeinsatz vor Getreide		ja	nein	nein	
Sonstige Bodenbearbeitung zur Saatbettbereitung		flächig		flächig	ohne
Bodenbedeckung nach der Saat (durch Stroh)		< 5%	< 10%	< 10%	> 10%
Anteil an Gerste und Raps %	< 33	0,10	0,04	0,03	0,03
	33 – 50	0,10	0,05	0,04	0,03
	> 50	0,10	0,06	0,04	0,04

Tab. 8: *Zuckerrüben-Getreide-Fruchtfolgen*

C-Faktoren Zuckerrüben-Getreide-Fruchtfolgen							
Bodenbedeckung über Winter vor Zuckerrüben		ohne		mit (Zwischenfrucht)			
Pflugeinsatz vor Zuckerrüben, nach einer evtl. Zwischenfrucht		ja		ja	nein		
Pflugeinsatz vor Getreide		ja	nein	ja	nein		
Saatbettbereitung vor der Reihenfrucht		flächig		flächig	flächig	ohne	
Bodenbedeckung durch Stroh/Zwi.-Fruchtaufwuchs nach der ZR-Saat		< 5%		< 5%	< 30%	> 30%	
Anteil Reihenfrucht %	25	0,12	0,08	0,08	0,07	0,06	0,04
	33	0,14	0,10	0,10	0,08	0,07	0,05

Tab. 9: *Kartoffel-Getreide-Fruchtfolgen*

C-Faktor Kartoffel-Getreide-Fruchtfolgen							
Bodenbedeckung über Winter vor Kartoffeln		ohne		mit (Zwischenfrucht)			
Pflugeinsatz vor Kartoffeln, nach einer evtl. Zwischenfrucht		ja	nein	ja	nein		
Dammbau		Frühjahr		Frühjahr	Frühjahr	Herbst	
Pflugeinsatz vor Getreide		ja	nein	ja	nein		
Bodenbedeckung durch Stroh/ ZF- Aufwuchs nach dem Kartoffellegen		< 5%	<10%	< 5%	< 5%	> 30%	
Anteil Reihenfrucht %	25	0,14	0,10	0,08	0,10	0,08	0,06
	33	0,16	0,12	0,10	0,10	0,08	0,05

Tab. 10: Mais-Getreide-Fruchtfolgen

C-Faktoren Mais-Getreide-Fruchtfolgen, auch Mischungen mehrerer spät reihenschließender Früchte ("Reihenfrüchte")														
Bodenbedeckung über Winter vor der Reihenfrucht (RF)	ohne			mit (Zwischenfrucht, Grünroggen, Getreide GPS)										
Zwischenfrucht-Aufwuchs				bleibt auf dem Feld				wird abgefahren						
Pflugeinsatz vor der RF-Saat (nach einer evtl. ZF)	ja	nein	ja	nein			ja	nein	ja	nein		ja	nein	
Saatbettbereitung vor der RF								vor 15. Mai			ab 15. Mai			
	flächig			flächig			ohne	flächig		ohne	flächig		ohne	
Bodenbedeckung durch Stroh/ZF Aufwuchs nach der Saat der Reihenfrucht %	< 5			< 5	< 10	15-25	> 30	< 10			< 10			
Anteil Reihenfrucht %	25	0,15	0,10	0,09	0,08	0,07	0,04	0,19	0,11	0,05	0,21	0,13	0,06	
	33	0,18	0,13	0,14	0,10	0,07	0,05	0,22	0,14	0,06	0,25	0,18	0,07	
	50	0,28	0,20	0,22	0,16	0,09	0,08	0,33	0,23	0,09	0,37	0,28	0,10	
	67	0,40	0,27	0,32	0,21	0,12	0,09	0,43	0,30	0,12	0,49	0,36	0,13	
	75	0,43	0,30	0,34	0,24	0,15	0,12	0,48	0,34	0,13	0,54	0,41	0,14	
	100	0,56	0,41	0,45	0,33	0,26	0,18	0,63	0,44	0,16	0,72	0,53	0,18	

6. Schritt: Ermittlung des Querbearbeitungsfaktors P

Die Bewirtschaftung quer zum Gefälle bremst bei nicht zu großer Hanglänge den Oberflächenabfluss des Wassers. Wird die vom Gefälle abhängige maximale Hanglänge für diesen positiven Effekt nicht überschritten, so ist der entsprechende P-Faktor einzusetzen. Andernfalls gilt $P = 1$. In unserem Beispiel wird die für eine Hangneigung von 9,6 % geltende maximale Hanglänge von 40 m deutlich überschritten, P ist demzufolge 1 (vergl. Tabelle 11).

Tab. 11: Querbewirtschaftungsfaktor P

Hangneigung in %	Hanglänge bis	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 bei Standort des Ackers im Landkreis Freising ein Abtrag von:

$$A = 107 * 0,45 * 3,2 * 1,1 * 0,10 * 1,0 = 16,9 \text{ [t/ha und Jahr]}$$

R-Faktor: Landkreis Freising = **107**

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 Mais-Getreide-Fruchtfolge mit 33% Mais, ZF-Anbau, ohne Pflug, mit flächiger Saatbettbereitung, Bodenbedeckung zur Maissaat < 10% = **0,10**

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 t pro Hektar im Jahr. Für eine Fläche mit der Bodenzahl 74 ergibt sich somit eine Toleranzgrenze von 9,3 t Boden pro Hektar und Jahr.

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

In unserem Beispiel liegt der ermittelte Abtrag von 16,9 t pro ha und Jahr deutlich oberhalb der errechneten Toleranzgrenze. Der Landwirt könnte mit einfachen Maßnahmen den Abtrag deutlich senken, z. B. durch Verzicht auf eine flächige Saatbettbereitung vor der Maissaat (Reduzierung auf 8,5 t pro ha und Jahr).



Abb. 10: Nebeneinander: Einfluss der Bewirtschaftung - Minderung der Bodenerosion durch Fruchtwechsel und Bodenbedeckung im erosionsgefährdeten Gelände, sowie dadurch Verkürzung der Hanglänge

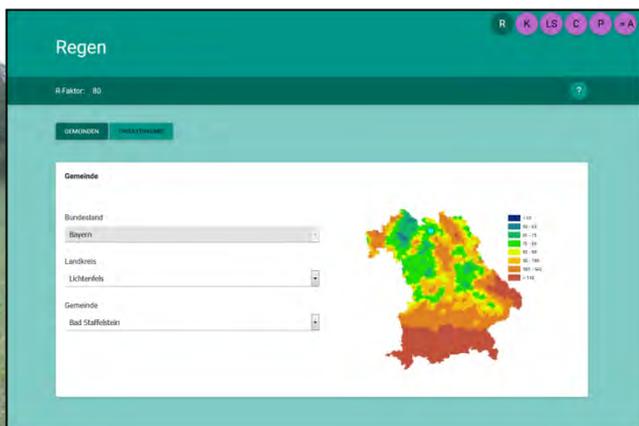


Abb. 11: Nebeneinander: Einfluss der Bewirtschaftung - Fehlender und hoch wirksamer Erosionsschutz

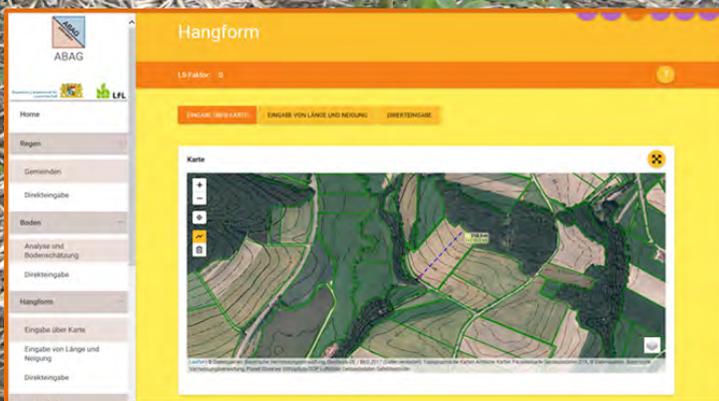
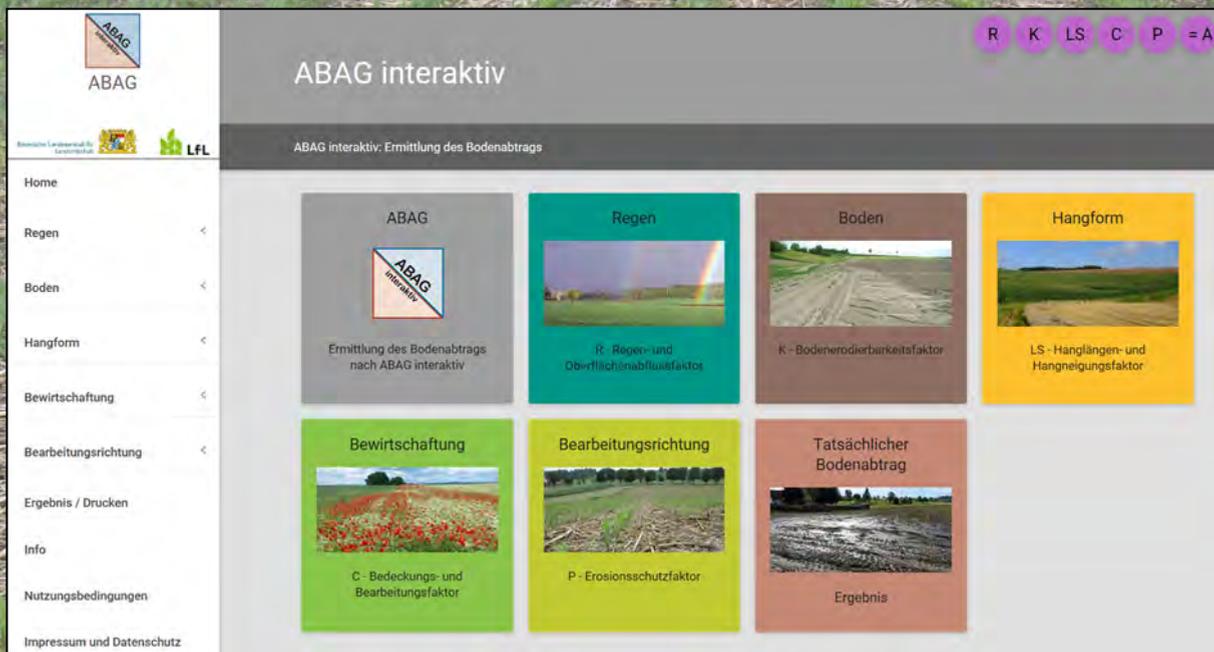
Literaturnachweis:

- [1] *Auerswald K., Elhaus D., 2013. Ableitung der Bodenerodierbarkeit K anhand der Bodenart. Bodenschutz 4, 109-113.*
- [2] *Auerswald K., 2018. Tabellen zum Ableiten der Bodenerodierbarkeit K anhand der Bodenart. unveröffentlicht.*
- [3] *Brandhuber R., Auerswald K., Lang R., Müller A., Treisch M., 2018. ABAG interaktiv, Version 2.0, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising.*
- [4] *DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 2017. DIN 19708, Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG.*
- [5] *Fischer F.K., 2018. Erosionsschutz Bayern, Veränderung der Regenerosivität Teil I - Methodische Hintergründe -, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Schriftenreihe.*
- [6] *Schwertmann U., Vogl W., Kainz M., Auerswald K., Martin W. (1987): Bodenerosion durch Wasser - Vorhersage des Bodenabtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen; Ulmer, 64 S.*
- [7] *Schwertmann, U., Vogl, W., Kainz, M., 1990. Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen, 2. Auflage. Ulmer: Stuttgart.*

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 Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz
Lange Point 12, 85354 Freising-Weihenstephan
E-Mail: Agraroeekologie@LfL.bayern.de
Telefon: 08161 71-3640

5. veränderte Auflage: Januar 2019

Druck: Onlineprinters, 91413 Neustadt a.d. Aisch

Schutzgebühr: 1,00 Euro

© LfL