Arbeitshilfen für die
Umweltgerechte Landbewirtschaftung

Nr. 1 Bodenbewirtschaftung Oktober 2005

Der heimliche Verlust der Bodenfruchtbarkeit durch Wassererosion

Pflanzenbaulich - standortkundliche und
betriebswirtschaftliche Bewertung von Bodenerosion
mit Maßnahmen zu deren Vermeidung
für Landwirte und Berater

Baden-Württemberg
LANDESANSTALT FÜR PFLANZENBAU
FORCHHEIM

Impressum

© 2005

Herausgeber

Landesanstalt für Pflanzenbau
Kutschenweg 20
76287 Rheinstetten
Tel.: 0721/9518-30
Fax: 0721/9518-202
eMail: poststelle@lap.bwl.de

Druck: Medien-Punkt GmbH

Druck-Nr. MLR: 28/2005-23

Konzeption

Projektgruppe Kulturlandschaft Hohenlohe,
Arbeitsgruppe Ressourcenschonende Ackernutzung
gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, FKZ 07339720

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Landespflege
Tennenbacher Str. 4
79106 Freiburg

Autoren

N. Billen, Stuttgart
B. Arman, Berghülen-Bühlenhausen
G. Häring, Waiblingen

Mitarbeit

T. Würfel, MLR Stuttgart
E. Unterseher, IfUL Müllheim
Arbeitskreis "Konservierende Bodenbearbeitung" im unteren Jagsttal
C. Himmelhan, Landratsamt Heilbronn, Untere Landwirtschaftsbehörde
S. Sprenger, Waldstetten

Gestaltung

N. Billen, Stuttgart

Fotos

AID, J. Baade, N. Billen, B. Lambert, Projektgruppe Kulturlandschaft Hohenlohe (B. Arman, R. Kirchner-Heßler, M. Kurz), D. Quist, Südzucker, T. Würfel, E. Unterseher

Grundlagen für die Arbeitshilfe

[1] AG Bodenkunde (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 4. Aufl., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

[2] Auerswald, K. (1987): Bestimmung der Bodengründigkeit aus dem Klassenbeschrieb der Reichsbodenschätzung zum Festlegen von tolerierbaren Bodenabträgen (T-Wert). - J. Agronomy & Crop Science 158, 5-12.

[3] Bundesverband Boden (Hrsg., 2004): Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion durch Wasser (Entwurf, Stand 09.01.2004).

[4] DVWK (1996): Bodenerosion durch Wasser – Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen. – Merkblatt 239. – Vertrieb: ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wassserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef. (Nachdruck der Abbildung auf Seite 12 mit Genehmigung vom 13.11.2003).

[5] Frede, H.-G. und S. Dabbert (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. - Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg.

[6] Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume Baden-Württemberg (2002): Kalkulationsdaten Marktfrüchte Ernte 2002. - Version 2/02, Schwäbisch Gmünd.

[7] Landesverband der Maschinenringe in Baden-Württemberg (Hrsg., 2001): Verrechnungssätze für überbetriebliche Maschineneinsätze in Baden-Württemberg, Stuttgart.

[8] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg., 2004): Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg, Karte 2.2 Mittlere Niederschlagshöhen. Datengrundlage: Rasterwerte nach BONIE mit korrigierten Niederschlagshöhen, Deutscher Wetterdienst - Hydrometeorologie, Offenbach. (Angepasster Nachdruck mit Genehmigung vom 04.03.2004).

[9] Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg (2000): Richtlinie des Ministeriums Ländlicher Raum Baden-Württemberg zur Förderung der Erhaltung und Pflege der Kulturlandschaft und von Erzeugungspraktiken, die der Marktentlastung dienen (Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich – MEKA II. – vom 19.9.2000, Az. 65-8872.53).

[10] Mosimann, Th. und M. Rüttimann (1995): Bodenerosion selber abschätzen – Ein Schlüssel für Betriebsleiter und Berater. – Volkswirtschafts- und Sanitätsdirektion Kanton Basel-Landschaft, Liestal/Schweiz. (Veränderter Nachdruck des Gefällemessers mit Genehmigung vom 10.11.2003).

[11] Mosimann, Th., A. Maillard, A. Musy, J.-A. Neyroud, M. Rüttimann und P. Weisskopf (1991): Erosionsbekämpfung in Ackerbaugebieten. – Liebefeld-Bern.

[12] Mosimann, Th. und S. Sanders (2004): Bodenerosion selber abschätzen – Ein Schlüssel für Betriebsleiter und Berater, Ackerbaugebiete im südlichen Niedersachsen. – Physische Geographie u. Landschaftsökologie Univ. Hannover.

[13] Sauerborn, P. (1994): Die Erosivität der Niederschläge in Deutschland. – Dissertation an der Universität Bonn.

[14] Schwertmann, U., W. Vogl und M. Kainz (1990): Bodenerosion durch Wasser. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

N. Feldwisch, V. Prasuhn und M. Rüttimann gilt für fachkundige Hinweise ein besonderer Dank

Im Voraus

Inhalt

Diese Arbeitshilfe erlaubt Ihnen als Landwirt oder Berater möglichst einfach die zeitabhängige Gefährdung der aktuellen Bodenfruchtbarkeit aufgrund des Bodenabtrags durch Wassererosion von einzelnen Ackerschlägen zu erkennen. Dies geschieht in drei Gefährdungsstufen, welche auch die Dringlichkeit für den Betrieb verdeutlichen, erosionsschützende Maßnahmen zu ergreifen.

Die Handlungsalternativen, welche daraufhin vorgeschlagen werden, haben unterschiedlich starke Auswirkungen auf den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und die produktionswirtschaftlichen Kosten. Beide Wirkungen können Sie mit dieser Arbeitshilfe ermitteln.

Somit entspricht diese Arbeitshilfe den Wünschen von Praktikern und den Forderungen des Bundesbodenschutzgesetzes nach Beratung und Vermeidung von Bodenabträgen.

Aufwand

Nehmen Sie sich etwas Zeit, die Arbeitshilfe beim ersten Mal gründlich durchzuarbeiten, dann wird es bei den weiteren Berechnungen mit 15 bis 20 Minuten erheblich schneller gehen.

Nur einen Kennwert erheben Sie im Feld, die Restlichen beruhen auf den betrieblichen Kenntnissen des Anbauverfahrens, der Fruchtfolge und Ihren Beobachtungen.

Gültigkeit

Diese Arbeitshilfe gibt eine Orientierung für die landwirtschaftliche Praxis. Genauere Prognosen bedürfen einer Expertenschätzung.

Dies ist zum einen in der starken Vereinfachung des ABAG-Modells s.[14] begründet, welches der Arbeitshilfe zugrunde liegt. So wird z.B. bei der Erosionsprognose mit einer jährlichen Abtragsrate gearbeitet, die das Mittel aus mehr als 10 Jahren ist, tatsächlich aber jährlich sehr starken Schwankungen unterliegt und somit eher einem relativen Wert entspricht. Zum anderen haben Untersuchungen im Hohenloher Land und der Region um Basel gezeigt, dass ein Versatz des Bodens durch Pflügen oder Regen mit geringer Stärke zu einer schleichenden Erosion führt, die das benutzte Erosionsmodell nicht erfasst.

Die Arbeitshilfe berücksichtigt ausschließlich die Situation Baden-Württembergs und wurde gemeinsam mit Landwirten eines Arbeitskreises „Konservierende Bodenbearbeitung“ im unteren Jagsttal sowie der landwirtschaftlichen Beratung getestet und den praktischen Erfordernissen angepasst.

Gebrauch

Die notwendigen **Arbeitsschritte** erkennen Sie an einer **schwarzen Schrift** und der schrittweisen Numerierung.

1 Schritt

i Ergänzende **Informationen,** die über die notwendigen Arbeitsschritte hinausgehen, erkennen Sie an der **dunkelroten Schrift**, markiert mit einem Info – i.

Rechen- und erläuternde **Beispiele** erkennen Sie an einer **grünen Schrift**, gekennzeichnet mit einem Stiftsymbol.

Querverweise zu Grundlagen erkennen Sie an einer [Nr.] in eckiger Klammer.

Der Überblick

Bodenerosion bedeutet den Verlust von Boden durch Wasser oder Wind. Für einen Ackerschlag ist dabei nicht nur wichtig, welche Menge an Boden verloren geht, sondern auch welchen Anteil diese Menge am vorhandenen Boden ausmacht. Je flachgründiger ein Boden ist, also je weniger Boden vorhanden ist, desto schneller geht die aktuelle Bodenfruchtbarkeit durch Erosion verloren. Dadurch sinkt das Wasser- und Nährstoffangebot sowie die pflanzenbaulichen und wirtschaftlichen Erträge.

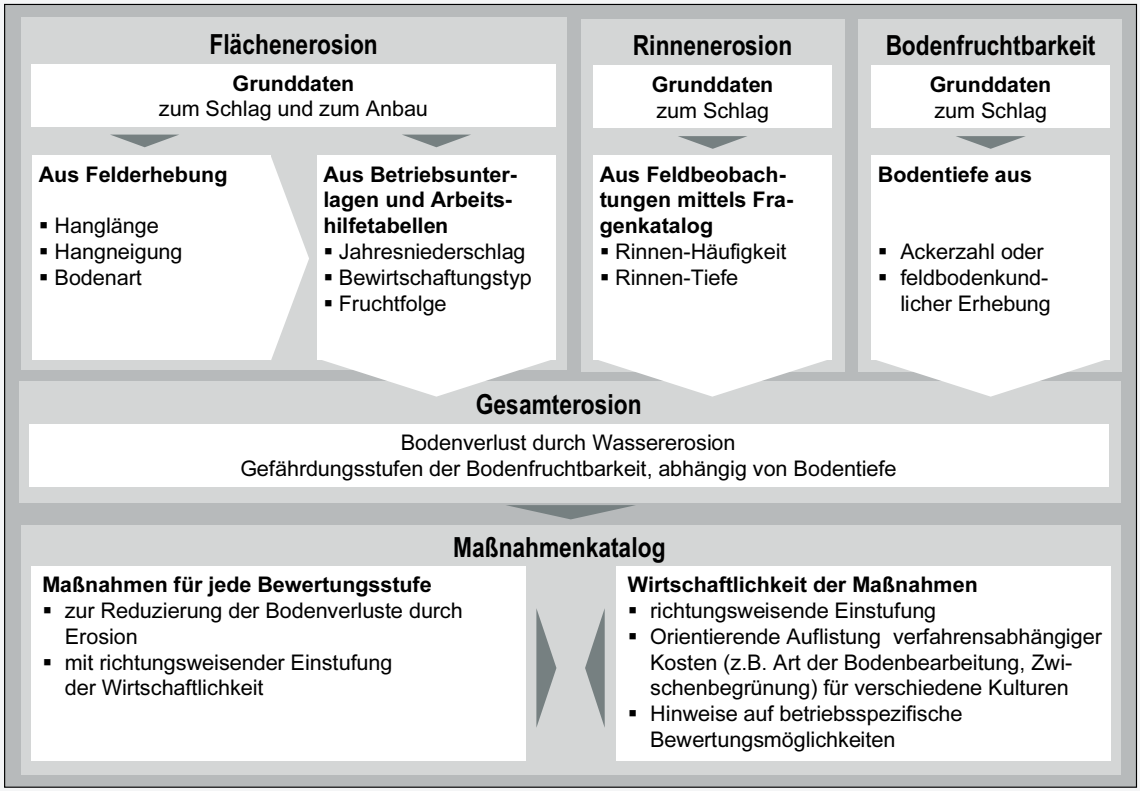
Bei der Erosion durch Wasser wird zwischen dem häufig nicht eindeutig erkennbaren flächenhaften Bodenabtrag und dem zumeist gut erkennbaren rinnenförmigen Bodenabtrag unterschieden. Beide Erosionsformen zusammen ergeben die Gesamterosion.

Ob und wieviel Boden durch Wasser von einem Schlag abgeschwemmt wird, hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- Der Verschlämmungsneigung des Bodens, d.h. der Bodenart und des Humusgehaltes.
- Der naturräumlichen Geländegestalt, d.h. der Hangneigung, -länge und -form eines Schlages.
- Der erosionswirksamen Regenereignisse, insbesondere zu Zeiten unbedeckter Böden, mit denen an einem Standort zu rechnen ist.
- Des pflanzenbaulichen Produktionsverfahrens, d.h. des Bodenbearbeitungsverfahrens und der Fruchtfolge.

Übersicht :

Einflussgrößen zur Bewertung der Bodenerosion durch Wasser und zugehöriger Schutzmaßnahmen



Die wirtschaftlichen Auswirkungen von Schutzmaßnahmen (s. nebenstehende Übersicht) werden anhand der verfahrensabhängigen Kosten dargestellt.

Weitere Informationen zu Ursachen und zur Vermeidung von Bodenerosion erhalten Sie im Merkblatt für die Umweltgerechte Landbewirtschaftung Nr. 3 „Verringerung von Oberflächenabfluss und Bodenerosion“ des Ministeriums für Ernährung und Ländlichen Raum Baden - Württemberg oder Ihrem Landratsamt.

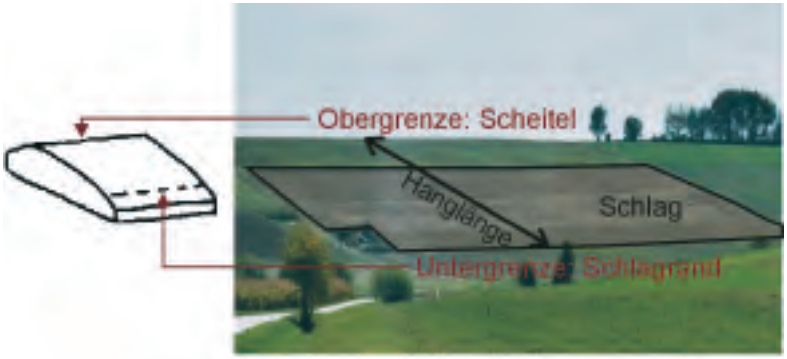
Das Vorgehen

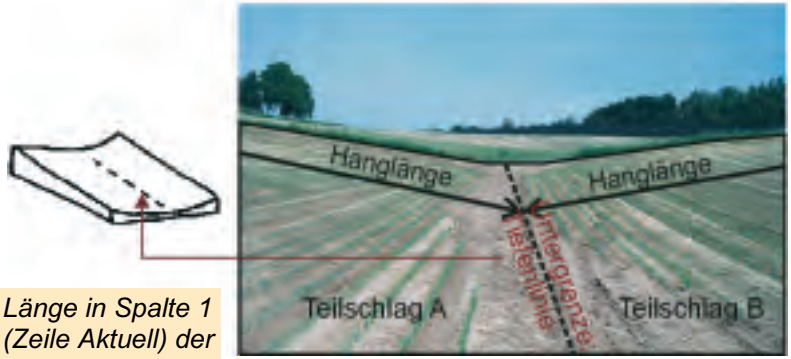
	Kennwert	Kennwert - Ermittlung	Seite	
1 Schritt	**Geländeeigenschaften ermitteln**			
	Hanglänge/-gefälle	Im Feld erheben	**4**	im Feld
	Geländewert	Mit Hanglänge + Hanggefälle: Wert aus Tabelle ablesen	**5**	
2 Schritt	**Verschlämmungsrisiko ermitteln**			
	Jahresniederschlag	Aus Karte ablesen oder aus eigenen Aufzeichnungen	**6**	
	Bodenart	Aus dem Bodenuntersuchungsbefund oder mittels Abbildung im Feld selber schätzen	**7**	(im Feld)
	Verschlämmungs-risiko	Mit Bodenart und mittlerem Jahresniederschlag aus Tabelle ablesen	**7**	
3 Schritt	**Fruchtfolgewert ermitteln**			
	Bewirtschaftungstyp	Mit Abbildung ermitteln	**8**	
	Fruchtfolgewert	Mit Abbildung ermitteln	**9**	
4 Schritt	**Risiko für Gesamterosion berechnen**			
	Flächenerosion	Berechnen	**10**	
	Rinnenerosion	Mit Abfrage ermitteln, bei Bedarf im Feld	**11**	(im Feld)
	Gesamterosion	Berechnen	**13**	
5 Schritt	**Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit bewerten**			
	Gefähr-dungsstufe	Mit Bodentiefe (gemäß Ackerzahl oder Bohrstocker-kundung) und Gesamterosion aus Abbildung ermitteln	**14**	(im Feld)
6 Schritt	**Maßnahmen zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit wählen**			
	Schutzmaßnahmen	Mit Gefährdungsstufe aus Tabelle auswählen	**15**	
7 Schritt	**Maßnahmen bewerten**			
	Pflanzenbaulich-standortkundlich	Risiko für Gesamterosion bei aktuellem und geplantem Bewirtschaftungsverfahren gegenüberstellen	**18**	
	Betriebs-wirtschaftlich	Verfahrensabhängige Kosten von Bewirtschaftungsal-ternativen aus Tabelle ablesen und gegenüberstellen	**19**	
	ANHANG	Erweiterte Informationen	**22**	

1 Schritt

Geländeeigenschaften ermitteln

1. Hanglänge bestimmen





Länge in Spalte 1 (Zeile Aktuell) der Rechentabelle am Heftende eintragen

Ermitteln Sie die Hanglänge für jeden gewählten Schlag durch hangaufwärts gerichtetes Abschreiten von der

Untergrenze =

- Schlaguntergrenze
- Tiefen-/Senkenbereich

über Schlaggrenzen hinweg bis zur

Obergrenze =

- Kuppe / Scheitel
- Waldrand
- Weg oder Straße
- Hecke / Wiesenstreifen
- Damm oder Bankett
- Dauergrünland

Tipp:
Am Ende der Arbeitshilfe steht Ihnen eine **Rechentabelle** mit Beispiel zur Verfügung. Hier können Sie auch direkt Ihr aktuelles Bewirtschaftungsverfahren mit dem geplanten vergleichen. Um den Aufwand gering zu halten, führen Sie die **Bewertung für drei bis fünf** unterschiedliche, aber typische Schläge Ihres Betriebes durch.

i Je länger die ungebremste Fließstrecke des Wassers und je steiler ein Hang ist, desto größer wird die Erosionsgefahr. Die genannten Barrieren verhindern die Erosion zumeist sehr gut durch den Rückhalt des Wassers samt des mitgeführten Bodens. Bei sehr starken Niederschlägen können sie aber auch überspült werden. Ein weiterer Sonderfall ist der Zutritt von Wasser aus angrenzenden Grundstücken. Solche Auswirkungen sollten von Experten bewertet werden.

Sonderfälle:

- Ist das Hanggefälle kleiner als 2 %, so können Sie auf die Abschätzung der Erosion verzichten, sofern die Verschlämmungsneigung des Bodens nicht sehr hoch ist (s. Schritt 2) und unter 50 % Reihenfrüchte in Ihrer Fruchtfolge sind.
- Ist das Gefälle uneinheitlich, so sollten Sie die Messung auf dem Abschnitt mit dem größten Flächenanteil vornehmen. Sind mehrere nebeneinander liegende Teilflächen gleich groß, bewerten Sie jede einzeln oder bilden den ungenaueren Durchschnitt.

2. Hanggefälle bestimmen

Mit dem beiliegenden Gefällemesser können Sie zwar keine Vermessung ersetzen, aber zumindest eine Orientierung für das Hanggefälle erhalten. Messen Sie:

- Getrennt für die Schläge, die Sie bewerten möchten.
- Hangaufwärts von der unteren bis zur oberen Schlaggrenze.
- Zwei- bis dreimal an verschiedenen Stellen.

Gefälle in Spalte 2 der Rechentabelle eintragen

3. Geländewert ermitteln

Den Geländewert ermitteln Sie in Tabelle 1 durch Aufsuchen des Hanggefälles in der ersten Zeile und anschließendem Abwärtsbewegen bis zur Zeile mit der gemessenen Hanglänge.

Beispiel siehe Pfeile in Tabelle 1

160 m Hanglänge und 11 % Hanggefälle

= Geländewert 4,1

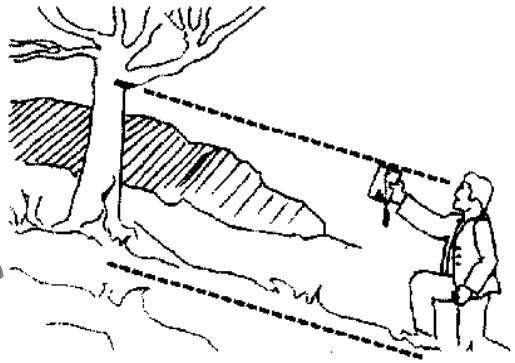


Tabelle 1: Geländewert

Fließstrecke des Wassers in m	Hanggefälle des Schlages in %								
	2,1-3	3,1-4	4,1-6	6,1-8	8,1-10	10,1-13	13,1-16	16,1-20	20,1-25
bis 30	0,15	0,25	0,43	0,71	1,0	1,5	2,1	2,9	4,1
31 - 50	0,19	0,31	0,56	0,94	1,4	2,0	2,8	3,8	5,4
51 - 75	0,22	0,37	0,69	1,2	1,7	2,5	3,5	4,8	6,8
76 - 100	0,24	0,41	0,80	1,4	2,0	2,9	4,1	5,7	8,0
101 - 150	0,27	0,47	0,9	1,7	2,4	3,5	4,9	6,8	9,6
151 - 200	0,30	0,53	1,1	1,9	2,8	4,1	5,7	7,9	11
201 - 250	0,33	0,58	1,2	2,2	3,2	4,7	6,6	9,1	13
251 - 300	0,35	0,63	1,4	2,5	3,6	5,2	7,3	10	14
über 300	0,38	0,69	1,5	2,8	4,0	5,8	8,2	11	16

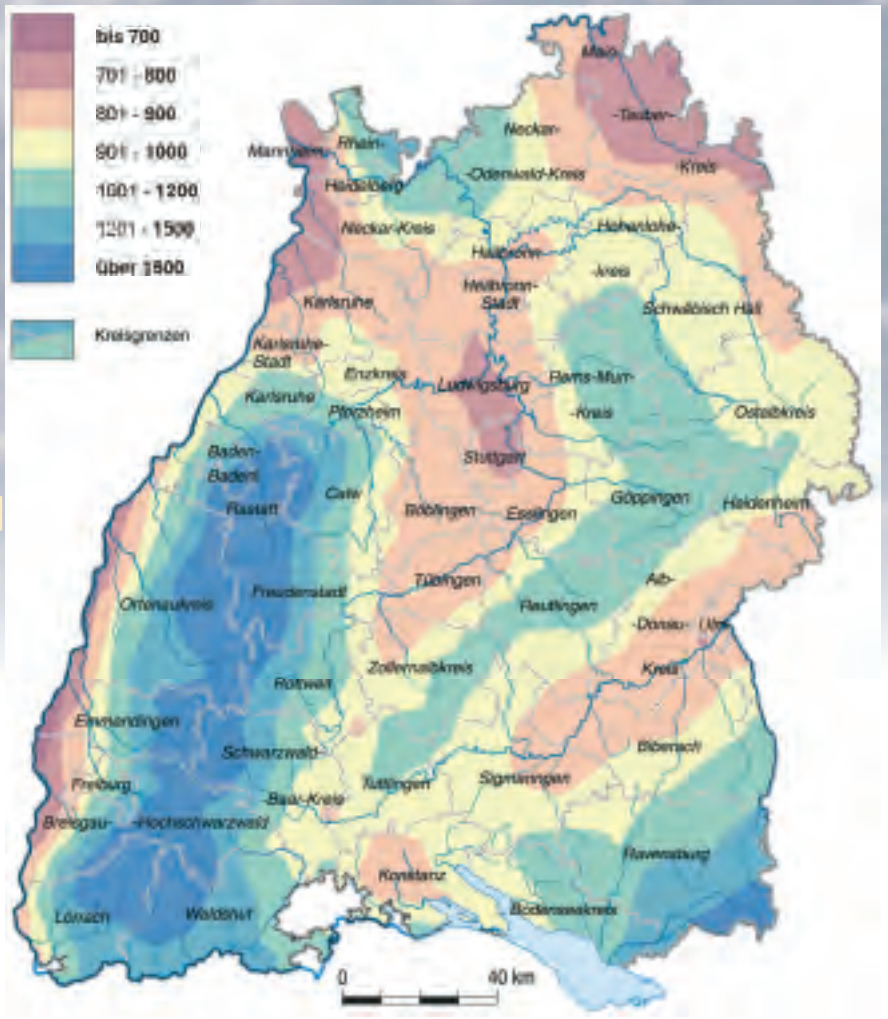
Geländewert in Spalte 8 der Rechentabelle eintragen

2 Schritt

Verschlämmungsrisiko ermitteln

1. Jahresniederschlag ermitteln

Der Jahresniederschlag steht in enger Beziehung zu den erosionswirksamen Niederschlägen. Entnehmen Sie deshalb den Niederschlag auf Ihren Betrieb der untenstehenden Abbildung oder Ihren eigenen langjährigen Aufzeichnungen.



Obergrenze des Jahresniederschlags in Spalte 3 der Rechentabelle eintragen

Abbildung n. [8]**:** Mittlere Jahresniederschlagsverteilung in Baden-Württemberg in l/m^2

i Neben der Bodenart hat auch der Humusgehalt des Bodens Einfluss auf dessen Verschlämmungsneigung. Die Arbeitshilfe geht von 2 % Humus aus, ein häufiger Wert für baden-württembergische Ackerkrumen.

2. Bodenart ermitteln

Die Bodenart hat wesentlichen Einfluss auf die Verschlämmungsneigung eines Bodens. Sie können die Bodenart dem Bodenuntersuchungsbefund entnehmen oder mit Hilfe der Abbildung im Anhang auf Seite 27 selber schätzen.

Bodenart in Spalte 4 der Rechentabelle eintragen

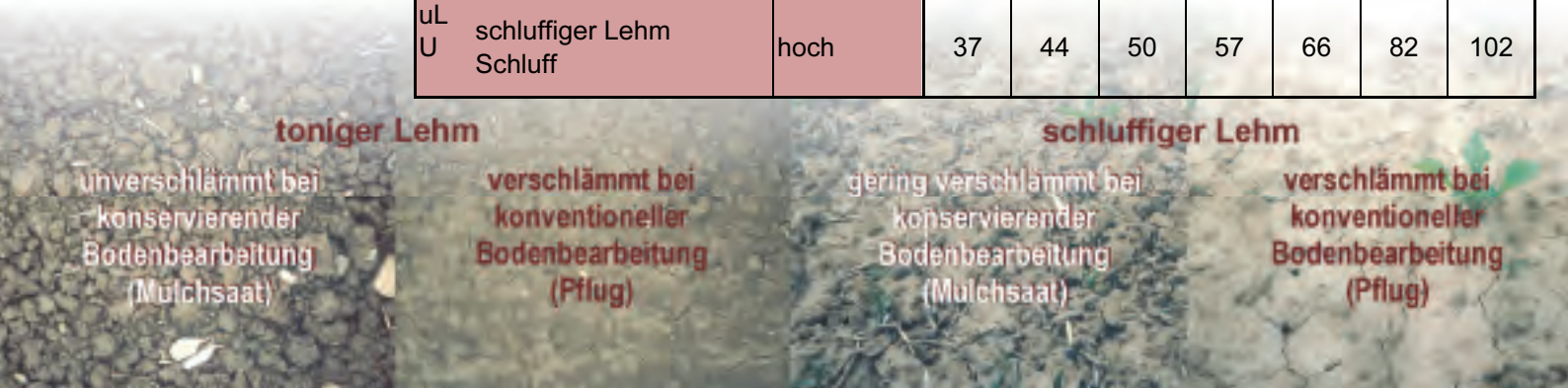
3. Verschlämmungsrisiko ermitteln

Zur Ermittlung werden die Bodenart und die jährliche Niederschlagsmenge benötigt. Das Verschlämmungsrisiko lesen Sie dann aus der Tabelle 2 ab, so wie dies mit den grauen Pfeilen beispielhaft dargestellt ist.

Risiko der Verschlämmung in Spalte 9 der Rechentabelle eintragen

Tabelle 2: Verschlämmungsrisiko des Bodens bestimmen

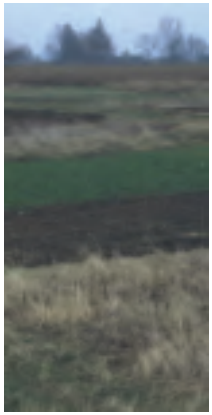
Bodenart aus Bodenuntersuchungsbefund	Verschlämmungsneigung	Mittlerer Jahresniederschlag in l/m²						
		bis **700**	701-**800**	801-**900**	901-**1000**	1001-**1200**	1201-**1500**	über **1500**
lT lehmiger Ton T Ton	sehr gering	6	7	8	9	11	14	17
S Sand sL sandiger Lehm tL toniger Lehm	gering	14	16	19	21	25	31	38
l'S schwach lehmiger Sand lS stark lehmiger Sand t'L schwach toniger Lehm	mittel	23	26	30	34	40	50	62
uL schluffiger Lehm U Schluff	hoch	37	44	50	57	66	82	102



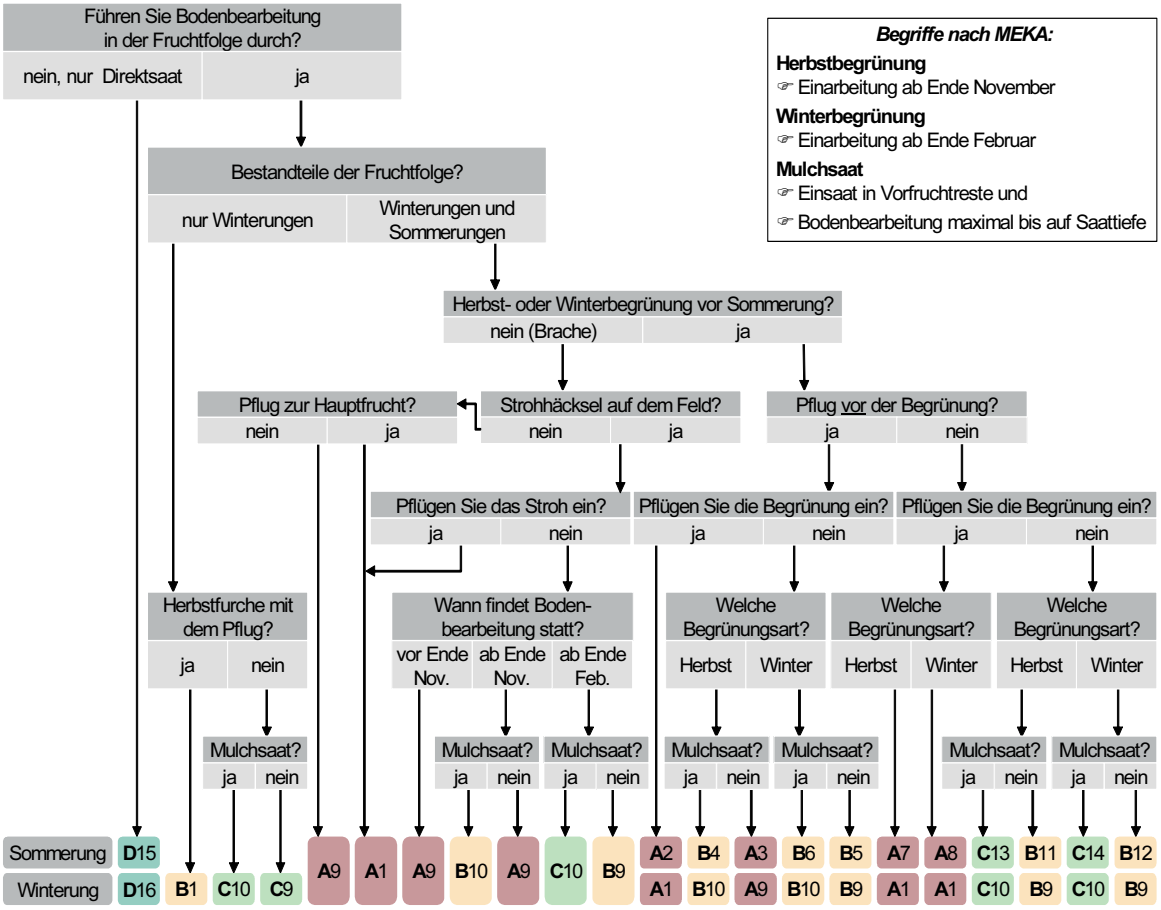
3 Schritt

Fruchtfolgewert ermitteln

1. Bewirtschaftungstyp ermitteln



Der Fruchtfolgewert beschreibt die Schutzwirkung Ihres Bodenbearbeitungsverfahrens in Kombination mit Ihrer Fruchtfolge. Durch Beantworten der Fragen bis ans Ende der folgenden Abbildung ermitteln Sie zunächst den **Bewirtschaftungstyp** Ihrer Fruchtfolge:



Der **Buchstabe** kennzeichnet den ökologischen Typ Ihrer Bewirtschaftungsweise, die **Ziffer** den ökonomischen Verfahrenstyp

Bewirtschaftungstyp in Spalte 7 der Rechentabelle eintragen

Typ C: konservierende Bodenbearbeitung, z.B. mit Scheibenegge

Typ D: Direktsaat ohne Bodenbearbeitung

Die Schutzwirkung des **Bewirtschaftungstyps** nimmt von A über B und C nach D zu. Die Eigenschaften können in etwa wie folgt zusammengefasst werden:

Typ A: konventionelle Bodenbearbeitung, d.h. in der Regel jährliche Pflugfurche und im Herbst/Winter keine Bodenbedeckung durch Vor- oder Zwischenfurchtreste.

Typ B: reduzierte Bodenbearbeitung, d.h. in der Regel pfluglose Bearbeitung mit Bodenbedeckung durch Winterung, Begrünung bzw. Erntereste oder Sommerfurche **vor** Winterung bzw. Begrünung, teilweise kombiniert mit Mulchsaat.

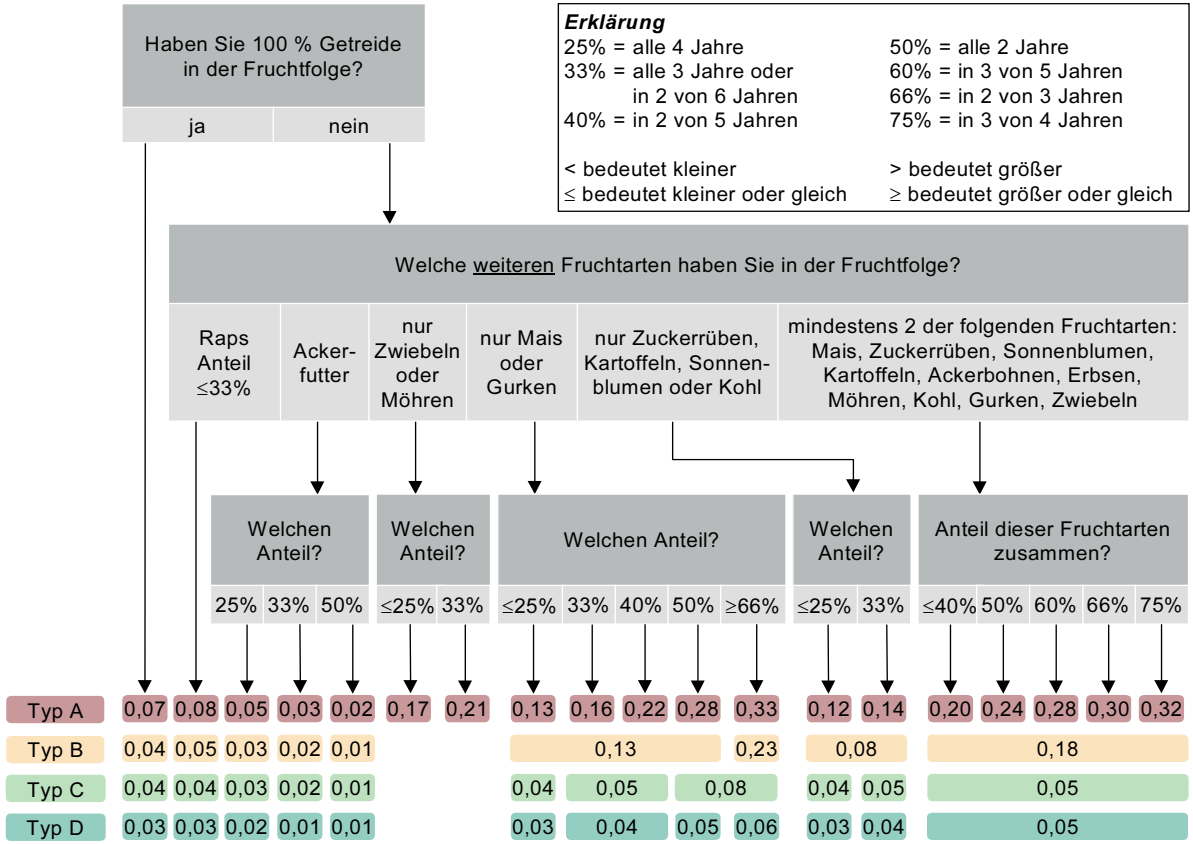
Typ C: konservierende Bodenbearbeitung, d.h. immer pfluglose Bearbeitung, in der Regel: auf Saattiefe, kombiniert mit Mulchsaat, bei Winterung bzw. nach Begrünung.

Typ D: Direktsaat, d.h. Saat ohne jede Bodenbearbeitung.

2. Fruchtfolgewert ermitteln

Notieren Sie zunächst Ihre Fruchtfolge und beantworten dann in folgender Abbildung die Fragen. Wählen Sie am Ende den **Fruchtfolgewert** aus der Zeile mit Ihrem Bewirtschaftungstyp aus:

Fruchtfolge in Spalte 6 der Rechentabelle eintragen



Fruchtfolgewert in Spalte 10 der Rechentabelle eintragen

4 Schritt

Risiko für Gesamterosion berechnen

1. Risiko für Flächenerosion berechnen

Nehmen Sie die Werte der Spalten 8, 9 und 10 in der Rechentabelle miteinander mal:

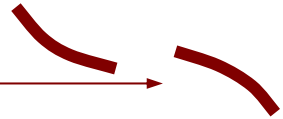
Geländewert x Verschlämmungsrisiko x Fruchtfolgewert

= Risiko für Flächenerosion

Risiko für Flächenerosion in Spalte 11 der Rechentabelle eintragen

i Falls Sie genauere Ergebnisse erzielen möchten, so können Sie bei vorhandener Bodenbedeckung durch Steine und unregelmäßige Hangformen folgende Korrekturwerte einberechnen:

0,6	bei 10 bis 30 % Bedeckung des Oberbodens mit Steinen
0,4	bei 30 bis 50 % Bedeckung des Oberbodens mit Steinen
0,85	bei gedellter Hangform
1,2	bei gewölbter Hangform



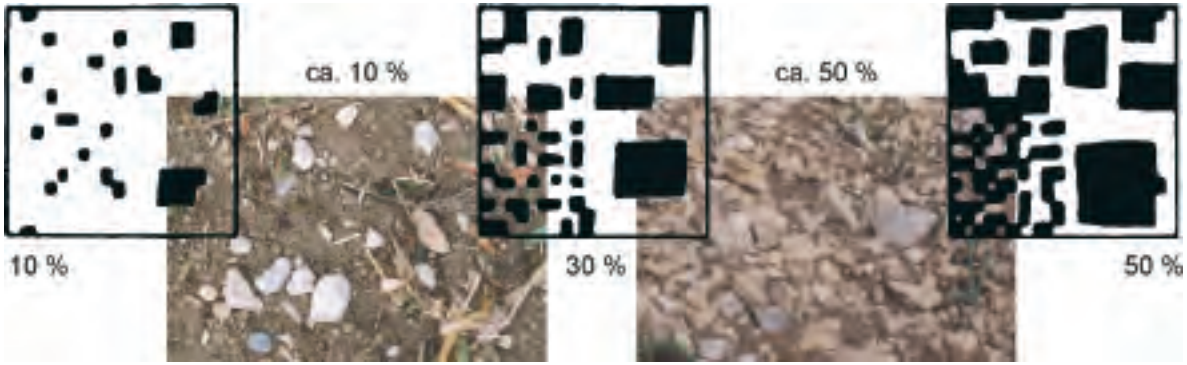
Die präzisierte Flächenerosion berechnen Sie dann, indem Sie das Risiko für Flächenerosion mit den gewählten Faktoren für Bedeckung und Hangform malnehmen und das Ergebnis in Spalte 11 eintragen:

Risiko für Flächenerosion x Bodenbedeckungswert x Hangformwert

= präzisiertes Risiko für Flächenerosion

i Je stärker der Boden durch Steine bedeckt ist, desto besser ist er vor Verschlämmung und Erosion geschützt. Der Schutz durch Mulch wird mit Hilfe des Bewirtschaftungstyps, d.h. im Fruchtfolgewert berücksichtigt.

Bodenbedeckung durch Steine



2. Zuschlag für Rinnenerosion ermitteln

Neben der Flächenerosion geht Boden auch durch gebündelten Abfluss in Rinnen verloren. Diesen Bodenverlust müssen Sie für die Berechnung der Gesamterosion ebenfalls berücksichtigen.

Die Bodenerosion in Rinnen erkennen Sie gut. Deshalb können Sie den Zuschlag für diese Erosionsform durch Beantworten der Fragen bis an das Ende folgender Abbildung ermitteln:

Sie kennen den Schlag über 5 Jahre und können gut beurteilen, wie oft Erosionsrinnen auftreten!

Stimmt

Stimmt nicht → Ihre Beobachtungen reichen für eine Bestimmung des Zuschlages mit dieser Übersicht nicht aus. Fragen Sie eine Person, die den Schlag seit längerem gut kennt (z.B. Vorgänger, Nachbar etc.)!

Wie häufig kommen Erosionsrinnen in Fahrspuren vor?

Häufigkeit der Rinnen	Betroffene **Fahrgassen** und Fahrgassenabstand			
	eine Abstand egal	mehrere Abstand egal	fast alle Abstand unter 20 cm	fast alle Abstand über 20 cm
Niemals	0			
Seltener als alle 2 Jahre	0,2	1	2,5	1,5
Alle 2 Jahre	0,3	1,5	4	2,5
Jedes Jahr	0,6	3	8	5

Wie häufig kommen Rinnen vor, die unabhängig von Fahrspuren sind und wie tief sind diese?

Häufigkeit der Rinnen	Alle **Rinnen** weniger als 10 cm tief		**Rinnen** teils mehr als 10 cm tief	
	eine	mehrere verteilt od. vernetzt	eine	mehrere verteilt od. vernetzt
Niemals	0			
Seltener als alle 2 Jahre	1	3	2,5	4
Alle 2 Jahre	2,5	5	4	8
Jedes Jahr	5	10	8	15

Summe aus den Zuschlagswerten für Erosion in Fahrspuren und unabhängig davon in Spalte 12 der Rechentabelle eintragen

Abfrageschema angelehnt an [10] und [12]

Beispiel siehe graue Pfeile in obigem Abfrageschema zur Rinnenerosion:

	Erosionsrinnen in Fahrspuren: in fast allen Fahrspuren, Abstand über 20 cm, alle 2 Jahre = Zuschlagswert	2,5
+	Erosionsrinnen nicht in Fahrspuren: Rinnen weniger als 10 cm tief, mehrere, alle 2 Jahre = Zuschlagswert	5,0
=	Summe der einzelnen Zuschlagswerte entspricht Zuschlag für Rinnenerosion =	7,5

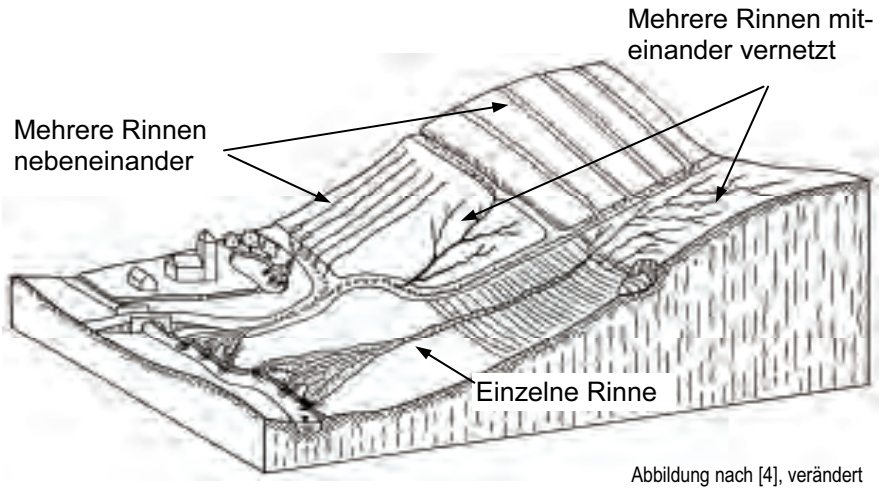


Abbildung nach [4], verändert

i Je nach Ausmaß gibt es verschiedene Formen von linearer Erosion, die in dieser Arbeitshilfe alle unter dem Begriff Rinnenerosion zusammengefasst sind

Nebenstehende Abbildung zeigt Beispiele für die Anordnung von Erosionsrinnen

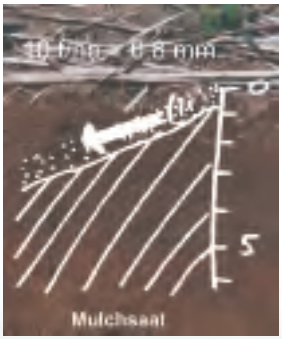
Rinnenerosion (links)
und
Flächenerosion (rechts)

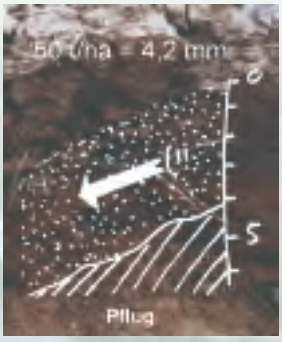
3. Risiko für Gesamterosion berechnen

Um das Risiko der jährlichen Gesamterosion eines Schlages zu berechnen, addieren Sie die Spalten 11 und 12 der Rechentabelle:

	Risiko für Flächenerosion
+	Zuschlag für Rinnenerosion
=	**Risiko für Gesamterosion**

Risiko für Gesamterosion in Spalte 13 der Rechentabelle eintragen





Wesentliche Merkmale der beiden wichtigsten Erosionsformen sind:

Flächenerosion	Rinnenerosion
▪ Verschlämmung der Bodenoberfläche ▪ Kleinflächige Verspülungen ▪ Abtrag und Ablagerung feinen Bodenmaterials häufig nebeneinander	▪ Flache Rillen, mitteltiefe Rinnen oder tiefe Gräben, manchmal mehrere 100 m lang ▪ Einzeln, nebeneinander oder vernetzt ▪ Abtrag und Ablagerung zumeist getrennt
▪ Zumeist auf einzelne Schläge beschränkt ▪ Bei Kulturen mit wenig Bodenbedeckung	▪ Oft über mehrere Schläge erstreckt ▪ Kann in allen Kulturen auftreten
▪ Ursache zumeist auf dem Schlag (Auslöser ist eine dortige Wasseransammlung, z.B. aufgrund fehlender Infiltration)	▪ Ursache auf dem Schlag (Auslöser ist eine dortige Wasseransammlung) und bzw. oder im Oberhang (Auslöser ist ein Wasserzufluss von dort oder von Wegen)
▪ Kaum beobachtbar ▪ Nur mit großem Aufwand messbar	▪ Gut beobachtbar ▪ Einfach vermessbar, z.B. mit Maßstab

Das Risiko für die Gesamterosion ist eine Prognose für den über mehr als 10 Jahre gemittelten, jährlich zu erwartenden Bodenverlust in t/ha und ist deshalb eher **ein relativer Wert**, der keine absolute Gültigkeit besitzt. Den prognostizierten Bodenverlust in mm/Jahr können Sie wie folgt berechnen:

$$\text{Durchschnittlicher Bodenverlust in mm pro Jahr} = \frac{\text{Risiko für Gesamterosion}}{12}$$

Anschaulicher ist die Anzahl von 8 t-Hänger, die pro Jahr vom Feld abgefahren würden:

$$\text{Durchschnittlicher Bodenverlust in 8 t-Hänger pro Jahr} = \frac{\text{Risiko für Gesamterosion}}{8}$$

5 Schritt

Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit bewerten

Die Bewertung der Bodenfruchtbarkeitsgefährdung beruht auf den in der nebenstehenden Information genannten Überlegungen. Verfahren Sie hierzu folgendermaßen:

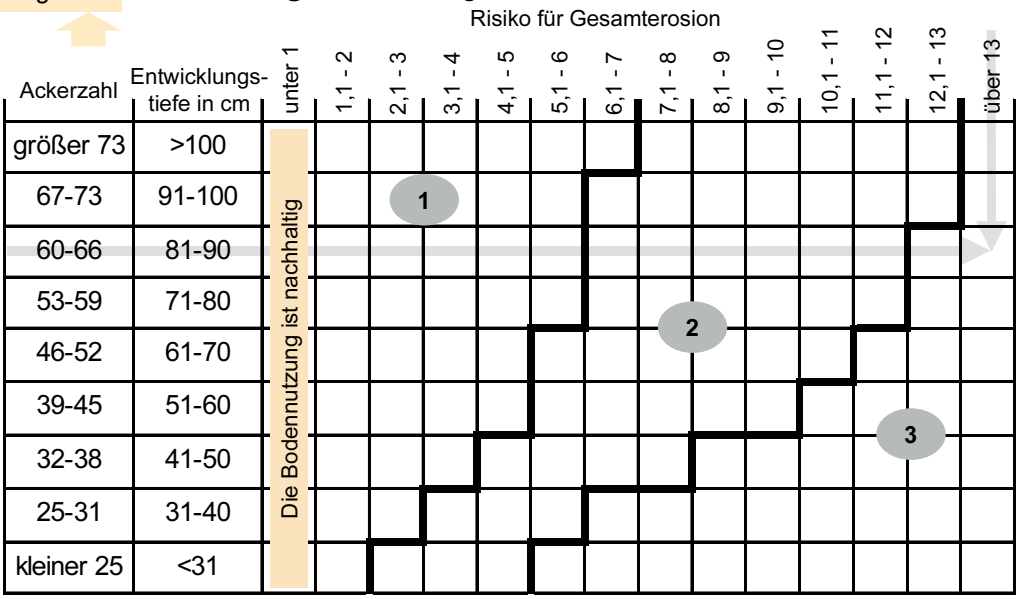
Ackerzahl oder Bodentiefe in Spalte 5 der Rechentabelle eintragen

- Bodenentwicklungstiefe ermitteln, z.B. aus Ackerzahl oder erheblich genauer mit einem Bohrstock.
- Gesamterosion aus Spalte13 der Rechentabelle ablesen.
- In untenstehender Abbildung die Zeile mit der ermittelten Ackerzahl oder Bodentiefe aufsuchen und nach rechts bis zu der Spalte mit der Gesamterosion gehen.

Gefährdungsstufe in Spalte 15 der Rechentabelle eintragen

- Gefährdungsstufe der Bodenfruchtbarkeit aus der fett begrenzten Fläche ablesen.

Abbildung: Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit bewerten nach [10]



Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit

1 sehr gering bis gering, aktuelle Bodenfruchtbarkeit wird in mehr als 200 Jahren merklich geschwächt, Schutzmaßnahmen können aber die Gefährdung weiter verringern

2 mittel, aktuelle Bodenfruchtbarkeit ist in ca. 100 Jahren merklich geschwächt, Schutzmaßnahmen werden notwendig

3 stark bis sehr stark, aktuelle Bodenfruchtbarkeit wird in 70 Jahren (2 Generationen) und weniger merklich geschwächt, Schutzmaßnahmen werden dringend notwendig

i Die aktuelle Bodennutzung kann als nachhaltig gelten, wenn die Gesamterosion 1 t/ha jährlich unterschreitet. Dieser Wert entspricht grob der Bodenneubildung unter natürlichen Bedingungen in Mitteleuropa. Im Ackerbau ist das aber mit Ausnahme der Direktsaat kaum erreichbar. Die Bodenfruchtbarkeit selbst ist von der Tiefe des Bodens abhängig. Je tiefer er ist, desto mehr Krumenabtrag ist möglich, ohne dass die aktuelle Bodenfruchtbarkeit in einem bestimmten Zeitraum merklich abnimmt

Beispiel siehe graue Pfeile in nebenstehender Abbildung:

- Ackerzahl = 61
- Gesamterosion = 33, d.h.
- Gefährdungsstufe = 3

Maßnahmen zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit wählen

Ziel ist es, eine mögliche Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit mit einem individuellen Maßnahmenplan zu verringern. Diesen können Sie mittels der Übersicht auf der folgenden Seite 16 zusammenstellen. Hierzu sind:

- die Maßnahmen entsprechend ihrer erosionsmindernden Wirksamkeit den unterschiedlichen Gefährdungsstufen zugeordnet.
- Die Maßnahmen solchen Erosionsursachen gegenübergestellt, bei denen sie auch erosionsmindernde Wirksamkeit zeigen.
- Die Maßnahmen mit einem Hinweis auf die tendenzielle Entwicklung der betriebswirtschaftlichen Situation versehen.

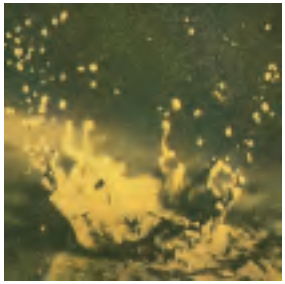
i Die Maßnahmen können Sie durch solche aus niedrigeren oder höheren Gefährdungsstufen, sofern noch nicht angewendet, sinnvoll ergänzen.

Sind die ermittelten Maßnahmen für Ihre Gefährdungsstufe in Ihrem Betrieb nicht durchführbar, so können Sie alternativ dazu auch Maßnahmen aus einer niedrigeren Gefährdungsstufe durchführen. Allerdings kann dann die Erosionsgefährdung und damit der Verlust an Bodenfruchtbarkeit weniger wirksam verringert werden.

i Wesentliche **Ursachen** der Bodenerosion sind:

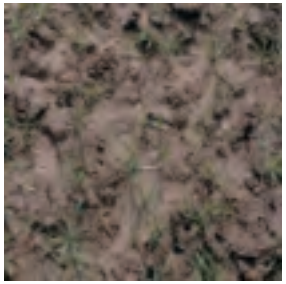
Unzureichende Bodenbedeckung

also eine Mulchbedeckung unter 30 %. Dies führt zu einem ungebremsten Aufprall der Regentropfen auf die Bodenoberfläche mit der Folge von Bodenverschlämmung und anschließendem Abfluss von Oberflächenwasser. Die Wasserinfiltration in den Boden wird verringert.



Unzureichende Bodenkrümelstabilität

also ein Verschlämmungsrisiko von über 20. Dies führt zu einer raschen Bodenverschlämmung und anschließendem Abfluss von Oberflächenwasser. Die Wasserinfiltration in den Boden wird verringert.



Unzureichende Abflussregulierung

also ein Geländewert über 3. Dies führt zu ungebremstem und transportkräftigem Abfluss von Oberflächenwasser aufgrund fehlender Hindernisse und Wasserinfiltration. Ein Hindernis kann flächendeckend, z.B. dichter Pflanzenbestand, oder eine einzelne Barriere, z.B. Grünstreifen, sein.

Maßnahmen zum Schutz der Bodenfruchtbarkeit

Wählen Sie Ihre Maßnahmen und notieren die betroffenen Schläge in der letzten Tabellenspalte

Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit	Nr	Erosionsursache: Bodenbedeckung, d.h. Mulchbedeckung unter 30 %	Erosionsursache: Krümelstabilität, d.h. Verschlämmungsrisiko über 20	Erosionsursache: Abflussregulierung, d.h. Geländewert über 3	Maßnahme (Erläuterungen in den Anhangstabellen 3A und 3B ab Seite 22; Weitere Maßnahmen bei [3])	Wirkung gesamt	Wirtschaftlichkeit	Auswahl
Stufe 1 sehr gering bis gering; Maßnahmen mit vorsorgender Wirkung sind aber empfehlenswert, da sonst die aktuelle Bodenfruchtbarkeit nur 200 bis 500 Jahre erhalten bleibt	1		X		Organische Düngung	⇧	●	
	2			X	Bodenbelastung vermeiden	⇧	●	
	3		X	X	Grobes Saatbett	⇧	○	
	4		X		Kalkung	⇧	●	
	5	X			Düngung	⇧	●	
	6			X	Bearbeitungsrichtung	⇧	●	
	7	X			Saatzeitpunkt ändern	⇧	●	
Stufe 2 mittel; Maßnahmen mit guter Wirkung sind notwendig und sollten in den nächsten 15 Jahren umgesetzt werden, ansonsten deutliche Verringerung der Bodenfruchtbarkeit in ca. 100 Jahren	8		X		Reduzierte Bodenbearbeitung	⇧	●	
	9	X	X		Zwischenfrucht	⇧	●	
	10	X	X		Erntereste belassen	⇧	●	
	11	X		X	Breitsaat	⇧	●	
	12	X			Erntetermin ändern	⇧	○	
	13	X		X	Wiesenschutzstreifen	⇧	⇩	
	14	X	X		Untersaat	⇧	⇩	
Stufe 3 stark bis sehr stark; Maßnahmen mit höchster Wirkung sind zwingend erforderlich und sollten innerhalb der nächsten 5 Jahre durchgeführt werden; die aktuelle Bodenfruchtbarkeit ist ansonsten in 2 Generationen oder weniger gefährdet	15	X	X	X	Kons.Bodenbearb.+Mulchsaat	⬆	●	
	16	X	X	X	Fruchtfolgeänderung	⬆	⇩	
	17	X	X	X	Direktsaat	⬆	⇩	
	18	X	X	X	Dauerbegrünung	⬆	⇩	
	19	X		X	Streifenanbau	⇧	⇩	
	20			X	Querdämme anhäufeln	⇧	⇩	
	21			X	Tiefen- oder Spurlockerung	⇧	⇩	
	22			X	Barrieren	⇧	⇩	
	23			X	Zu- + Abfluss verringern	⇧	⇩	

Zeichenerklärung

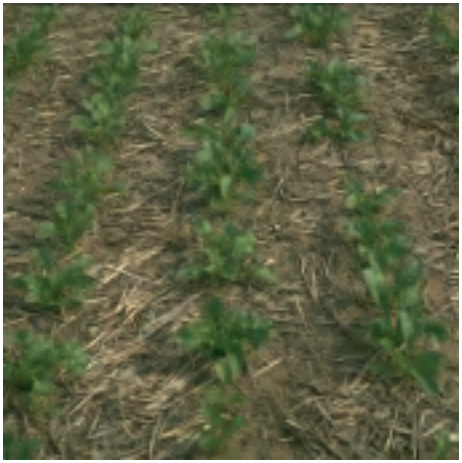
Barrieren, z.B. Kleinterrassen
Maßnahme Nr. 22

Querbewirtschaftung + Streifenanbau
Maßnahmen Nr. 6 + 19

Dauerbegrünung Tiefenbereich
Maßnahme Nr. 18

Querdämme beim Kartoffelanbau
Maßnahme Nr. 20

Untersaat
Maßnahme Nr. 14



Mulchsaat in Strohern tereste
Maßnahmen Nr. 8 + 15

Zeichenerklärung zur Übersicht „Maßnahmen zum Schutz der Bodenfruchtbarkeit“

▭	grau bedeutet:	Die Maßnahmenwirkungen sind mit dieser Arbeitshilfe prüfbar
▭	weiß bedeutet:	Die Maßnahmenwirkungen sind mit dieser Arbeitshilfe nicht prüfbar
X	bedeutet	Die Maßnahmenwirkungen sind bei der so gekennzeichneten Erosionsursache besonders gut

Die **Wirksamkeit** ist eine zusammenfassende Bewertung der Einzelwirkungen.
Die Entwicklung der **Wirtschaftlichkeit** hängt stark vom Standort und Betriebsmanagement ab.

Wirksamkeit der Maßnahme	*Tendenzielle Entwicklung der Wirtschaftlichkeit*
⬆ stark	○ ändert sich voraussichtlich unwesentlich
⇧ mittel	◍ große Spanne einer möglichen Veränderung
⇧ schwach	⇩ nimmt voraussichtlich ab

7 Schritt

Maßnahmen bewerten

1. Pflanzenbaulich-standortkundliche Bewertung

Berechnen Sie zunächst die Wirkung der gewählten Maßnahmen auf den Bodenabtrag. Hierzu erneuern Sie je nach getroffener Maßnahmenwahl die Grunddaten in der Zeile Planung der Rechentabelle wie folgt:

- Die Hanglänge in Spalte 2 bei Untergliederung des Hanges
- Die Fruchtfolge in Spalte 6 bei Änderung der Fruchtfolge
- Den Bewirtschaftungstyp in Spalte 7 bei Veränderung des Bewirtschaftungsverfahrens und / oder der Fruchtfolge
- Die übrigen Kennwerte übernehmen Sie aus der Zeile Aktuell.

Kennwerte und Ergebnis in die Spalten 1 - 15 (Zeile Planung) der Rechentabelle eintragen

Durch Verrechnung der Spalten 8 bis 12 erkennen Sie das Risiko für die Gesamterosion nach Ergreifen der Maßnahmen.

Die Maßnahmenwirkung **bewerten** Sie nun folgendermaßen:

Risiko für Gesamterosion bei aktuellem Verfahren
aus Spalte 13 in Zeile Aktuell

\- Risiko für Gesamterosion bei geplantem Verfahren
aus Spalte 13 in Zeile Planung

= Risikoabnahme für Gesamterosion durch geplantes Verfahren

Ergebnis in Spalte 14 der Rechentabelle eintragen

Die Eignung der Schutzmaßnahmen hängt nicht nur von erzielbaren Schutzwirkungen ab, sondern ebenso von möglichen Auswirkungen auf die Bewirtschaftung, die Betriebsorganisation und von den betriebswirtschaftlichen Auswirkungen.

Die **tendenzielle Einstufung** gibt Ihnen zwar keine näheren Hinweise auf den Umfang finanzieller Veränderungen, sie kann jedoch eine Orientierung geben bei Zeitmangel oder beim Anwenden von Maßnahmen, die Sie mit der Arbeitshilfe nicht prüfen können.

Die **verfahrensabhängigen Kosten** errechnen sich aus den MEKA – Leistungen abzüglich der Kosten für Maschineneinsatz, Begrünungssaatgut und zusätzlicher Pflanzenschutzmittel bei einer Schlaggröße von 2 ha. Der Einsatz anderer Produktionsmittel (z. B. Düngung) in den einzelnen Verfahren bleibt gleich. Falls sich die Aufwändungen jedoch verändern, dann sind diese zu berücksichtigen.

2. Betriebswirtschaftliche Bewertung

Mit welchem Aufwand und gleichzeitig welcher Genauigkeit wünschen Sie Auskunft über die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen von Schutzmaßnahmen?

Gering = ohne Kosten-Angaben:
Dann gehen Sie auf dieser Seite zu **A**

Mittel = mit tabellierten Kosten-Angaben:
Dann gehen Sie auf dieser Seite zu **B**

Hoch = mit Kosten-Angaben für Ihren Betrieb:
Dann gehen Sie auf Seite 21 zu **C**

A Tendenzielle Einstufung

Die Richtung der wirtschaftlichen Auswirkung von Maßnahmen zum Schutz der Bodenfruchtbarkeit können Sie der vorletzten Spalte der Maßnahmenübersicht entnehmen (siehe Seite 16).

B Orientierende Bewertung

Die orientierende Bewertung beruht auf einem Vergleich der variablen Kosten Ihres gegenwärtigen mit Ihrem geplanten Verfahrenstyp zur Bodenbewirtschaftung. Ermitteln Sie:

1. Verfahrensabhängige Kosten Ihres aktuellen Verfahrens

- Suchen Sie für jede Kultur Ihrer Fruchtfolge auf dem ausgewählten Schlag unter Berücksichtigung Ihres aktuellen Bewirtschaftungstyps (siehe Spalte 7 der Rechentabelle) die verfahrensabhängigen Kosten der Bodenbearbeitung in der nachfolgenden Tabelle auf Seite 20 heraus.

Verfahrensabhängige Kosten

Angaben in EUR/ha, inklusive Mehrwertsteuer

weitere Details zu den verfahrensabhängigen Kosten finden Sie in den Tabellen 4A bis 4C im Anhang

Bewirtschaftungstyp	A, B	A	A	B	B	B	A	A	A, B C	B C	B	B	C	C	D	D
Verfahrensnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Verfahrenstyp Einem Bewirtschaftungstyp ist nicht immer ein eindeutiges Verfahren zuzuordnen, weil bei den Verfahren nur ein Teil der Fruchtfolge betrachtet wird	Herbstfurche ohne Begrünung	Herbstfurche mit Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Grubberbearbeitung in Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Mulchsaat in Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Grubberbearbeitung in Winterbegrünung	Sommerfurche mit Mulchsaat in Winterbegrünung	Frühjahrsfurche nach Herbstbegrünung	Frühjahrsfurche nach Winterbegrünung	Grubberbearbeitung	Strohmulchsaat	Grubberbearbeitung in Herbstbegrünung	Grubberbearbeitung in Winterbegrünung	Mulchsaat in Herbstbegrünung	Mulchsaat in Winterbegrünung	Stroh-Direktsaat	Direktsaat in Winterbegrünung
MEKA-Leistung	0	90	90	150	110	170	90	110	0	60	90	110	150	170	60	170
Drillsaat																
Summe Kosten, u.a. Maschinen	90	168	146	152	146	181	131	131	54	89	109	109	144	144	41	113
Verfahrensabhängige Kosten	**90**	**78**	**56**	**2**	**36**	**11**	**41**	**21**	**54**	**29**	**19**	**-1**	**-6**	**-26**	**-19**	**-57**
Relative Vorzüglichkeit	entfällt	12	34	88	54	79	49	69	36	61	71	91	96	116	109	147
Arbeitszeit (Akh/ha)	4,2	6,3	5,3	5,9	5,3	6,2	4,6	4,6	2,5	3,4	3,6	3,6	4,5	4,5	0,9	1,7
Einzelkornsaat																
Summe Kosten, u.a. Maschinen	102	180	158	164	158	193	143	143	66	101	121	121	156	156	44	116
Verfahrensabhängige Kosten	**102**	**90**	**68**	**14**	**48**	**23**	**53**	**33**	**66**	**41**	**31**	**11**	**6**	**-14**	**-16**	**-54**
Relative Vorzüglichkeit	entfällt	12	34	88	54	79	49	69	36	61	71	91	96	116	118	156
Arbeitszeit (Akh/ha)	5,2	7,3	6,3	6,9	6,3	7,2	5,6	5,6	3,5	4,4	4,6	4,6	5,5	5,5	1,1	2,0
Kartoffellegen																
Summe Kosten, u.a. Maschinen	114	192	170	176	170	205	155	155	78	113	133	133	168	168		
Verfahrensabhängige Kosten	**114**	**102**	**80**	**26**	**60**	**35**	**65**	**45**	**78**	**53**	**43**	**23**	**18**	**-2**		
Relative Vorzüglichkeit	entfällt	12	34	88	54	79	49	69	36	61	71	91	96	116		
Arbeitszeit (Akh/ha)	5.9	8.0	7.0	7.6	7.0	7.9	6.3	6.3	4.2	5.1	5.3	5.3	6.2	6.2		

Verfahrensabhängige Kosten in Spalte 17 der Rechentabelle eintragen

ℹ Die **relative Vorzüglichkeit** beschreibt den möglichen Einkommensrückgang aufgrund verminderter Erträge, ohne wirtschaftliche Nachteile hinnehmen zu müssen. Dieses wurde in der Tabelle auf Seite 21 und den Tabellen 4A bis 4C ab Seite 24 im Anhang berechnet, indem die verfahrensabhängigen Kosten Ihres geplanten Verfahrens (Nr. 2 bis 16) vom Standardverfahren mit Pflug (Nr. 1) abgezogen wurden.

Darüber hinaus finden Sie bei der Anhangstabelle 4C auf Seite 26 Hinweise zur Berechnung des möglichen Ertragsrückgangs ohne wirtschaftliche Nachteile, dem sogenannten **abgedeckten Minderertrag**.

Um die **betriebsspezifischen Veränderungen** aufgrund geplanter oder eingeführter Maßnahmen zu beziffern, verrechnen Sie die Ergebnisse wie in Punkt B ab Seite 19 für die verfahrensabhängigen Kosten beschrieben.

- Berechnen Sie nun die verfahrensabhängigen Kosten Ihrer Fruchtfolge für jeden der ausgewählten Schläge wie folgt:

$$\frac{\text{**Summe** der verfahrensabhängigen Kosten aller Fruchtfolgeglieder eines Schlages}}{\text{**Anzahl** der Fruchtfolgeglieder eines Schlages}} = \text{verfahrensabhängige **Kosten** der Fruchtfolge}$$

__Summe__ in Spalte 18, __Anzahl__ in Spalte 19 und __Kosten__ in Spalte 20 der Rechentabelle eintragen

2. Verfahrensabhängige Kosten Ihres geplanten Verfahrens

Ermitteln Sie unter Berücksichtigung der gewählten Maßnahmen bzw. des neu gewählten Bearbeitungsverfahrens erneut die verfahrensabhängigen Kosten der Fruchtfolge.

Ergebnisse zum geplanten Verfahren in die Spalten 18 - 20 (Zeile Planung) der Rechentabelle eintragen

3. Vergleich Ihres aktuellen mit Ihrem geplanten Verfahren

Die ökonomische Wirkung der Änderung berechnen Sie wie folgt:

verfahrensabhängige Kosten des aktuellen Verfahrens
– verfahrensabhängige Kosten des geplanten Verfahrens
!!Achtung: falls negativer Wert in der Tabelle, wird der Zahlenwert addiert
Beispiel (in EUR/ha): Wechsel von Verfahren 1 auf Verfahren 13, d.h. 90 – (-6) = 96

= relative Vorzüglichkeit der Fruchtfolge des geplanten Verfahrens
positives Ergebnis bedeutet **niedrigere** Kosten durch das geplante Verfahren
negatives Ergebnis bedeutet **höhere** Kosten durch das geplante Verfahren

Relative Vorzüglichkeit in Spalte 21 der Rechentabelle eintragen

C Betriebsspezifische Bewertung

Aufgrund der Vielfalt natürlicher Standorte und landwirtschaftlicher Betriebe ist es empfehlenswert, die Auswirkungen bestimmter Schutzmaßnahmen auf die Bodenfruchtbarkeit und auf Ihr Einkommen betriebsspezifisch zu berechnen. Hierzu können Sie Ihre betriebseigenen Berechnungen verwenden oder die bestellbaren Kalkulationsdaten der Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume (LEL) in Schwäbisch Gmünd als DIN-A4-Heft oder Excel-Programm (www.landwirtschaft-bw.de).

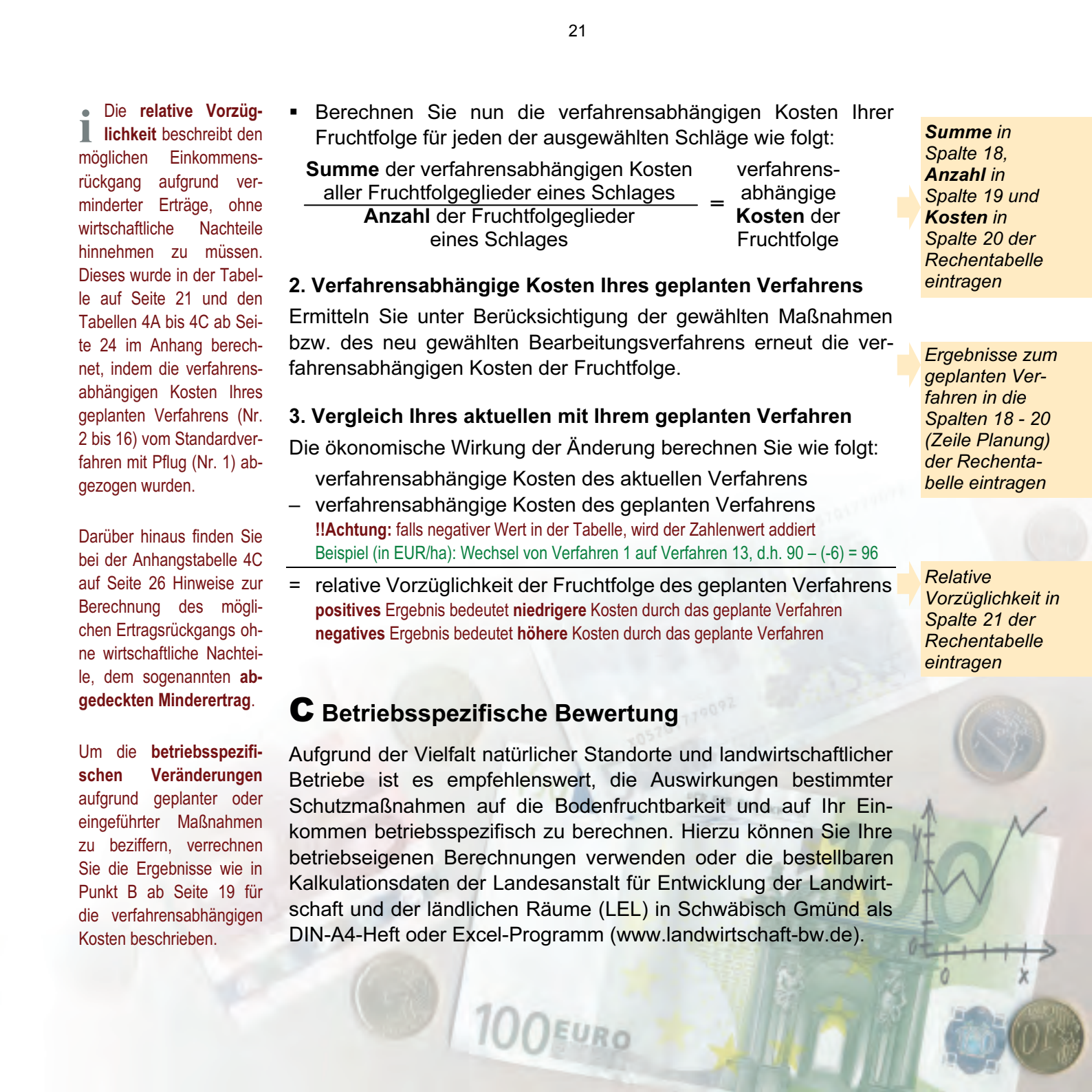


Tabelle 3A: Erläuterung der Maßnahmen zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit bei Bodenerosionsgefahr durch Wasser. **In Fettdruck:** Parallelen mit den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft gemäß Bundesbodenschutzgesetz

Bodenfruchtbarkeit	Nr.	Maßnahme	Kommentar
Stufe 1 sehr geringe bis geringe Gefährdung	1	Organische Düngung	**Erhöhen des Humusgehaltes** im Boden über Erntereste, Komposte, Grün- oder Wirtschaftsdünger (dann Nährstoffbilanz beachten!). Führt langfristig zu einer höheren Krümelstabilität und Regenwurmaktivität und damit verbesserter Infiltration.
	2	Bodenbelastung vermeiden	**Bodendruck beim Befahren und Bearbeiten von nassen Böden vermeiden** durch Verringern der a) Überfahrhäufigkeiten mittels Gerätekombinationen, b) Gesamtmasse der Ackerfahrzeuge, c) Auslastung der Bunkerkapazitäten, d) Radlasten oder e) Reifeninnendrücke. Breitreifen verwenden. Beim Pflügen außerhalb der Furchen fahren (Onland-Pflügen).
	3	Saatbett, grob	**Saatbett (Bodenoberfläche) so grob wie möglich**.
	4	Kalkung	**Kalkung erhöht Stabilität der Bodenkrümel**, standortoptimalen pH-Wert (s. Bodenuntersuchung) anstreben bzw. erhalten.
	5	Düngung	Eine rasche Jugendentwicklung durch gezielte Düngung fördert eine frühe **flächendeckende Bodenbedeckung**. Eine Düngung über den Pflanzenbedarf hinaus führt aber zu anfälligen Beständen und Nitratauswaschung. Eine Überversorgung mit Kalium und Natrium verringert die Stabilität von Bodenkrümeln.
	6	Bearbeitungsrichtung	Erosionsgefahr nimmt wie folgt ab: Bearbeitung in Falllinie → quer zur Falllinie → höhenlinienparallele Bearbeitung. Vorsicht bei gewellten Hängen: Bei Querbearbeitung kann Wasserdurchbruch vermehrte Rinnenerosion bedeuten. Oft nur nach Flurneuordnung sinnvoll.
	7	Saatzeitpunkt ändern	Gut entwickelte Winterungen schützen den Boden über Winter. Aussaat des Winterweizens (Sortenspektrum) **so früh wie möglich**, so dass sich, wie bei Wintergerste und –roggen, **dichte Bestände** vor der Winterruhe bilden können. Evtl. ist aber mit erhöhtem Pilzbefall (z.B. Halmbruch, Septoria) oder Virusinfektionen zu rechnen. Diesem können Dünnsaaten (weniger als 200 Körner/m^2) entgegenwirken.
	8	Reduzierte Bodenbearbeitung	In der Regel Bodenlockerung ohne Pflug bis Krumentiefe, Sommerfurche nur vor Winterung / Begrünung. Bei Bodenbedeckung über 30 % kombinierbar mit Mulchsaat (s. 13). **Verdichtungen durch falschen Bearbeitungszeitpunkt vermeiden**, schwierig bei Staunässe.
Stufe 2 mittlere Gefährdung	9	Zwischenfrucht	Zwischenfrüchte als Gründung oder Ackerfutter vor Sommerungen als Herbstansaat, Untersaat oder Blanksaat. MEKA fördert nur Gründung, dabei Aussaat vor Mitte September und Einarbeitung ab Ende Nov. (= Herbstbegrünung) oder ab Ende Feb. (= Winterbegrünung).
	10	Erntereste belassen	Belassen von Ernteresten auf Bodenoberfläche fördert die Bodenbedeckung, besonders bei fehlender Begrünungsaussaat, evtl. mit Verzicht auf Nachernte-Bodenbearbeitung verbinden
	11	Breitsaat	Breitsaatverfahren anstatt Reihensaat, reihenunabhängige Erntetechnik notwendig.
	12	Erntetermin ändern	Durch Sortenwahl Erntetermin von Mais, Zuckerrüben oder Kartoffeln vorverlegen, so dass anschließend genügend Entwicklungszeit für nachfolgende Zwischen-/Hauptfrucht besteht.
	13	Wiesenschutzstreifen	Dauerbegrünte Schutzstreifen mit Mindestbreite von 10 m führen zur Hangunterteilung: Besonders bei steilen, langen Schlägen >150 m, evtl. als Stilllegungsfläche (Auskunft beim LRA)
	14	Untersaat	Untersaat bei Reihenkulturen wie Mais für eine **schnellere Bodenbedeckung** (z.B. zu Mais im 5-6-Blatt-Stadium mit Rotschwingel oder Deutschem Weidelgras). In trockenen Regionen, Jahren oder auf leichten Böden besteht Gefahr der Wasserkonkurrenz zur Deckfrucht.

Tabelle 3B: Erläuterung der Maßnahmen zum Erhalt der Bodenfruchtbarkeit bei Bodenerosionsgefahr durch Wasser. **In Fettdruck:** Parallelen mit den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft gemäß Bundesbodenschutzgesetz

Boden-fruchtbarkeit	Nr.	Maß-nahme	Kommentar
Stufe 3 starke bis sehr starke Gefährdung	15	Konservierende Bodenbearbeitung + Mulchsaat	Pfluglose Bodenbearbeitung maximal bis Saattiefe und möglichst zeitnah am Aussaattermin. Saat in die Ernterste von Vorfrucht, Zwischenfrucht oder Untersaat, die mindestens 30 % Bodenoberfläche bedecken. Anpassung der Fruchtfolge, des Pflanzenschutzes und der Düngung notwendig. Wahl von abfrierenden Zwischenfrüchten, z.B. Senf, um Durchwuchs zu vermeiden. Eventuell erhöhter Schneckendruck. Senkung des Wasserstresses von Beständen in trockenen Jahren und Regionen sowie auf leichten Böden. Verzögerte Saatzeit wegen langsamer Abtrocknung besonders auf tonig/schweren Böden. **Verdichtung durch falschen Bearbeitungszeitpunkt vermeiden**, vor allem bei staunassen Böden. Sonderform (mit Arbeitshilfe nicht prüfbar): Mulchsaat ohne Saatbettbereitung, als Streifenfrässaat bei Reihenfrüchten, nur sinnvoll bei Querbewirtschaftung.
	16	Fruchtfolgeänderung	**Änderung der Fruchtfolge** in folgender Rangfolge, die die zunehmende Erosionsgefährdung von Ackerfrüchten beschreibt: Feldfutter (Luzerne/Kleegras) < Wintergetreide/Winterraps < Sommergetreide < Mais mit Untersaat < Hackfrüchte/Mais ohne Untersaat < Feldgemüse < Schwarzbrache. Anteil Reihenfrüchte + Sommerungen unter 33%.
	17	Direktsaat	Keine Bodenbearbeitung, d.h. **Belassen von Mulchdecken** aus Ernte- und Zwischenfruchtresten, Stallmist oder Komposten (dann Nährstoffbilanz beachten!) **auf der Bodenoberfläche**. Spezielle Sägeräte erforderlich. Anpassung der Fruchtfolge, des Pflanzenschutzes und der Düngung notwendig. Wahl von abfrierenden Zwischenfrüchten, z.B. Senf, um Durchwuchs zu vermeiden. Evtl. erhöhter Schnecken und Fusariendruck. Senkung des Wasserstresses in trockenen Jahren und Regionen sowie auf leichten Böden. Saatzeitpunkt und Aufgang evtl. verzögert.
	18	Dauer begrünung	Überführung von Acker in Dauergrünland, Dauerbegrünung von Hangmulden und wassersammelnden Tiefenbereichen, evtl. als (Teil-)Stilllegung. Unterbegrünung bei Sonderkulturen.
	19	Streifenanbau	Anbau von erosionsanfälligen und unanfälligen Kulturen im Wechsel; insbesondere bei steilen, langen Schlägen > 150 m Anlage von Streifen mit einer Mindestbreite von 10 m.
	20	Querdämme	Beim Kartoffelanbau anhäufeln von Querdämmen zwischen den Kartoffeldämmen.
	21	Tiefen- oder Spurlockern	Bei schadverdichteten Böden, besonders in Fahrspuren, mit anschließender bodenschonender Bewirtschaftung. Nach der Lockerung mindestens einjähriger Anbau tiefwurzelnder Pflanzen (z.B. Luzerne), Aufwuchs mulchen, fördert die biologische Aktivität (Regenwürmer) im Boden. Beachte: Bodenbelastung vermeiden (s. Nr. 2) ist wirksamer als Tiefenlockern.
	22	Barrieren	**Anlegen von Kleinterrassen und Dämmen, Hochrainen, Hecken, Ackerrandstreifen,** dauerhaften Wiesenstreifen oder ähnlichem (s. Nr. 13 und 18).
	23	Zu- + Abfluss verringern	Regulieren des Wasserzu- und Abflusses aus bzw. zu benachbarten Flächen durch Fassen des Oberflächenwassers, z.B. mittels kulturtechnischer Maßnahmen wie Gräben, unterirdische Entwässerung über Drainagen und Schächte oder Fassen des Hangwasseraustrittes in Absprache mit der Wasser- oder der Flurneuordnungsbehörde.

Tabelle 4A: Verfahrensabhängige Kosten im Detail bei **Drillsaat**

	Bewirtschaftungstyp	A, B	A	A	B	B	B	A	A	A; B C	B C	B	B	C	C	D	D
	Verfahrensnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Verfahrenstyp	Herbstfurche ohne Begrünung	Herbstfurche mit Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Grubberbearbeitung in Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Mulchsaat in Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Grubberbearbeitung in Winterbegrünung	Sommerfurche mit Mulchsaat in Winterbegrünung	Frühjahrsfurche nach Herbstbegrünung	Frühjahrsfurche nach Winterbegrünung	Grubberbearbeitung	Strohmulchsaat	Grubberbearbeitung in Herbstbegrünung	Grubberbearbeitung in Winterbegrünung	Mulchsaat in Herbstbegrünung	Mulchsaat in Winterbegrünung	Stroh-Direktsaat	Direktsaat in Winterbegrünung
	Angaben in EUR/ha incl. MwSt.																
	Bodenbearb. z. Begrünung m. Pflug	-	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	-	-	nein	nein	nein	nein	-	-
	Bodenbearb. z. Hauptfrucht m. Pflug	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	-	-
MEKA	Herbstbegrünung		90	90	90			90				90		90			
MEKA	+ Winterbegrünung					110	110		110				110		110		110
MEKA	+ Mulchsaat				60		60				60			60	60	60	60
MEKA	= Summe MEKA-Leistung		90	90	150	110	170	90	110	0	60	90	110	150	170	60	170
Kosten	Nacherntebearbeitung n. Vorfrucht m. Schwergrubber	29	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
Kosten	+ Pflugfurche zur Zwischenfrucht		37	37	37	37	37										
Kosten	+ Kosten für Zwischenfruchtsaatgut		31	31	31	31	31	31	31			31	31	31	31		31
Kosten	+ Zwischenfrucht-Aussaat mit Kreiseleggendrill		24	24	24	24	24	24	24			24	24	24	24		
Kosten	+ Zwischenfrucht-Aussaat mit Direktsaatmaschine																41
Kosten	+ Abmulchen Zwischenfrucht/Stroh				21		21				21			21	21		
Kosten	+ Abspritzen Zwischenfrucht/Ausfallgetr.						29				29			29	29		
Kosten	+ Pflugfurche zur Hauptfrucht	37	37					37	37								
Kosten	+ Grubber zur Hauptfrucht			15		15				15		15	15				
Kosten	+ Hauptfrucht-Aussaat mit Kreiseleggendrill	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		
Kosten	+ Hauptfrucht-Aussaat mit Direktsaatmaschine															41	41
Kosten	= Summe Kosten	90	168	146	152	146	181	131	131	54	89	109	109	144	144	41	113
	verfahrensabhängige Kosten	90	78	56	2	36	11	41	21	54	29	19	-1	-6	-26	-19	-57
	Relative Vorzüglichkeit	-	12	34	88	54	79	49	69	36	61	71	91	96	116	109	147
	Arbeitszeitbedarf (Akh/ha)	4.2	6.3	5,3	5.9	5,3	6.2	4.6	4.6	2.5	3.4	3.6	3.6	4.5	4.5	0.9	1.7

Tabelle 4B: Verfahrensabhängige Kosten im Detail bei **Einzelkornsaat** und **Kartoffellegen**

	Bewirtschaftungstyp	A, B	A	A	B	B	B	A	A	A, B C	B C	B	B	C	C	D	D
	Verfahrensnummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Verfahrenstyp	Herbstfurche ohne Begrünung	Herbstfurche mit Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Grubberbearbeitung in Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Mulchsaat in Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Grubberbearbeitung in Winterbegrünung	Sommerfurche mit Mulchsaat in Winterbegrünung	Frühjahrsfurche nach Herbstbegrünung	Frühjahrsfurche nach Winterbegrünung	Grubberbearbeitung	Strohmulchsaat	Grubberbearbeitung in Herbstbegrünung	Grubberbearbeitung in Winterbegrünung	Mulchsaat in Herbstbegrünung	Mulchsaat in Winterbegrünung	Stroh-Direktsaat	Direktsaat in Winterbegrünung
	Angaben in EUR/ha incl. MwSt.																
	Bodenbearb. z. Begrünung m. Pflug	-	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	-	-	nein	nein	nein	nein	-	-
	Bodenbearb. z. Hauptfrucht m. Pflug	ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	-	-
MEKA	Herbstbegrünung		90	90	90			90				90		90			
MEKA	+ Winterbegrünung					110	110		110				110		110		110
MEKA	+ Mulchsaat				60		60				60			60	60	60	60
MEKA	= Summe MEKA-Leistung		90	90	150	110	170	90	110	0	60	90	110	150	170	60	170
Kosten	Stoppel-, Nacherntebearbeitung nach Vorfrucht mit Schwergrubber	29	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
Kosten	+ Pflugfurche zur Zwischenfrucht		37	37	37	37	37										
Kosten	+ Kosten für Zwischenfruchtsaatgut		31	31	31	31	31	31	31			31	31	31	31		31
Kosten	+ Zwischenfrucht-Aussaat mit Kreiseleggendrill		24	24	24	24	24	24	24			24	24	24	24		
Kosten	+ Zwischenfrucht-Aussaat mit Direktsaatmaschine																41
Kosten	+ Abmulchen Zwischenfrucht/Stroh				21		21				21			21	21		
Kosten	+ Abspritzen Zwischenfrucht/Ausfallgetr.						29				29			29	29		
Kosten	+ Pflugfurche zur Hauptfrucht	37	37					37	37								
Kosten	+ Grubber zur Hauptfrucht			15		15				15		15	15				
Kosten	+ Saatbettbereitung mit Kreiselegge	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Kosten	= Zwischensumme	86	164	142	148	142	177	127	127	50	85	105	105	140	140	0	72
Einzelkorn-Kosten	Aussaat mit Einzelkornsämaschine	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		
Einzelkorn-Kosten	+ Aussaat m. EK-Direktsaatmaschine															44	44
Einzelkorn-Kosten	+ Zwischensumme	86	164	142	148	142	177	127	127	50	85	105	105	140	140	0	72
Einzelkorn-Kosten	= Summe Kosten	102	180	158	164	158	193	143	143	66	101	121	121	156	156	44	116
Einzelkorn-Kosten	verfahrensabhängige Kosten	102	90	68	14	48	23	53	33	66	41	31	11	6	-14	-16	-54
Einzelkorn-Kosten	Relative Vorzüglichkeit	-	12	34	88	54	79	49	69	36	61	71	91	96	116	118	156
Einzelkorn-Kosten	Arbeitszeitbedarf (Akh/ha)	5,2	7,3	6,3	6,9	6,3	7,2	5,6	5,6	3,5	4,4	4,6	4,6	5,5	5,5	1,1	2,0
Kartoffel-Kosten	Kartoffellegen	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28		
Kartoffel-Kosten	+ Zwischensumme	86	164	142	148	142	177	127	127	50	85	105	105	140	140		
Kartoffel-Kosten	= Summe Kosten	114	192	170	176	170	205	155	155	78	113	133	133	168	168		
Kartoffel-Kosten	verfahrensabhängige Kosten	114	102	80	26	60	35	65	45	78	53	43	23	18	-2		
Kartoffel-Kosten	Relative Vorzüglichkeit	-	12	34	88	54	79	49	69	36	61	71	91	96	116		
Kartoffel-Kosten	Arbeitszeitbedarf (Akh/ha)	5.9	8.0	7.0	7.6	7.0	7.9	6.3	6.3	4.2	5.1	5.3	5.3	6.2	6.2		

Tabelle 4C: Abgedeckte Mindererträge

	Bewirtschaftungstyp		A, B	A	A	B	B	B	A	A	A, B C	B C	B	B	C	C	D	D
	Verfahrensnummer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Verfahrenstyp		Herbstfurche ohne Begrünung	Herbstfurche mit Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Grubberbearbeitung in Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Mulchsaat in Herbstbegrünung	Sommerfurche mit Grubberbearbeitung in Winterbegrünung	Sommerfurche mit Mulchsaat in Winterbegrünung	Frühjahrsfurche nach Herbstbegrünung	Frühjahrsfurche nach Winterbegrünung	Grubberbearbeitung	Strohmulchsaat	Grubberbearbeitung in Herbstbegrünung	Grubberbearbeitung in Winterbegrünung	Mulchsaat in Herbstbegrünung	Mulchsaat in Winterbegrünung	Stroh-Direktsaat	Direktsaat in Winterbegrünung
	Angaben in EUR/ha incl. MwSt.																	
	Bodenbearb. z. Begrünung m. Pflug		-	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein	-	-	nein	nein	nein	nein	-	-
	Bodenbearb. z. Hauptfrucht m. Pflug		ja	ja	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein	nein	nein	nein	-	-
Drillsaat																		
Minderertrag	abgedeckter Minderertrag bei ... EUR/ha Erzeugerpreis	8,00 - 10,99	-	1	4	10	6	9	5	8	4	7	8	10	11	13	12	16
		11,00 - 13,99	-	1	3	7	4	7	4	6	3	5	6	8	8	10	9	12
		14,00 - 16,99	-	1	2	6	4	5	3	5	2	4	5	6	6	8	7	10
		17,00 - 19,99	-	1	2	5	3	4	3	4	2	3	4	5	5	6	6	8
		20,00 - 23,00	-	1	2	4	3	4	2	3	2	3	3	4	5	5	5	7
Einzelkornsaat und Kartoffellegen																		
Minderertrag	abgedeckter Minderertrag bei ... EUR/ha Erzeugerpreis	5,00 - 8,99		2	6	14	9	12	8	11	6	10	11	14	15	18	18	24
		9,00 - 12,99		1	3	8	5	8	5	7	4	6	7	9	9	11	11	15
		13,00 - 16,99		1	2	6	4	5	3	5	3	4	5	6	7	8	8	11
		17,00 - 20,99		1	2	5	3	4	3	4	2	3	4	5	5	6	6	8
		21,00 - 25,00		1	2	4	2	4	2	3	2	3	3	4	4	5	5	7

Beispiel:

Genauer können Sie den abgedeckten Minderertrag selber berechnen, indem die relative Vorzüglichkeit durch den Erzeugerpreis des angebauten Produktes dividiert wird. Hier im Beispiel Umstieg von Herbstfurche ohne Begrünung (Verfahren 1) auf Mulchsaat in Winterbegrünung (Verfahren 10):

Kulturart = Brotweizen (Drillsaat)

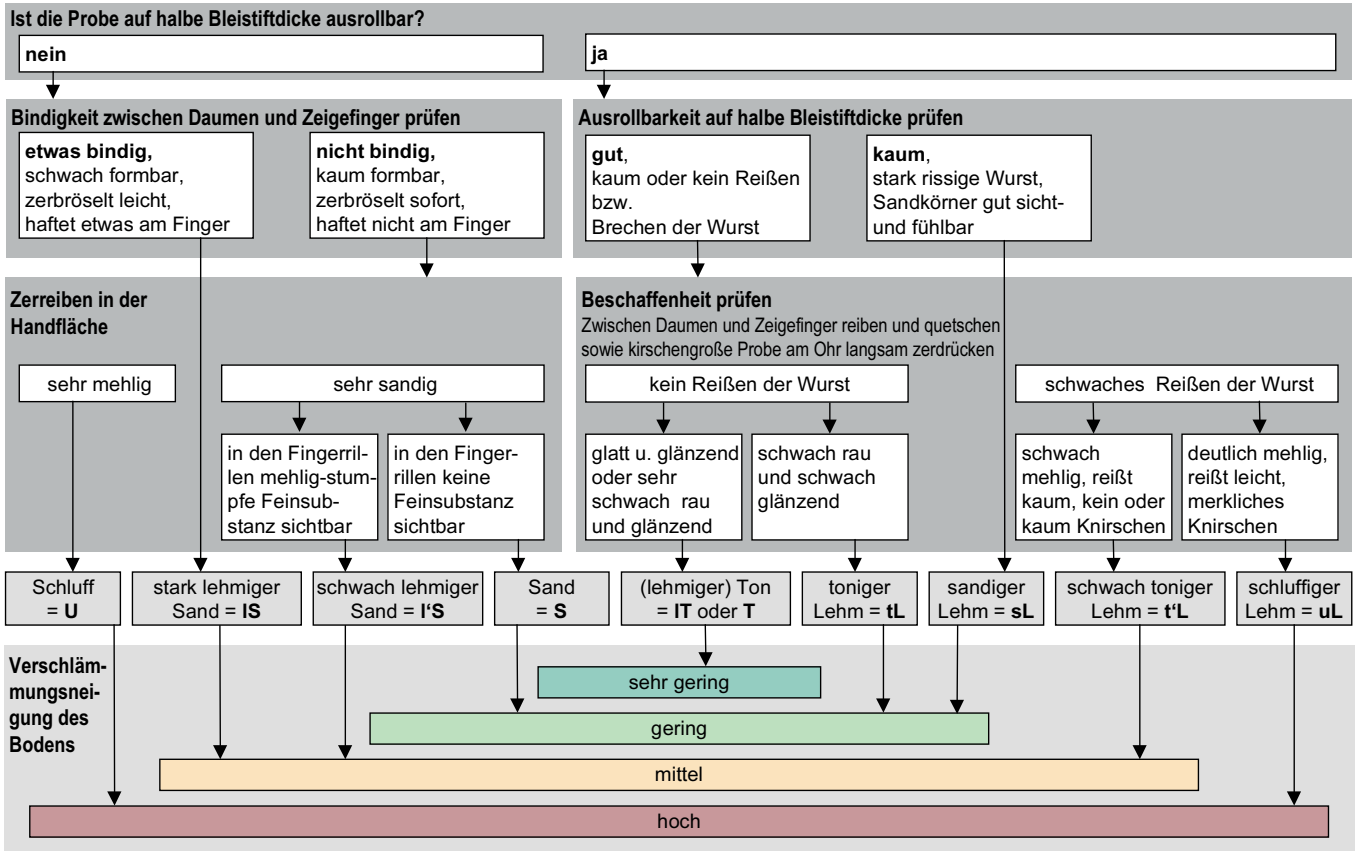
Relative Vorzüglichkeit bei Strohmulchsaat = 61 EUR/ha

Erzeugerpreis = 11,12 EUR/dt

möglicher Ertragsrückgang ohne wirtschaftliche Nachteile: $\frac{61 \text{ EUR/ha}}{11{,}12 \text{ EUR/dt}} = 5{,}5 \text{ dt/ha}$

Verschlämmungsneigung der Bodenart schätzen

1. Probe muss feucht genug sein, d.h. sie darf beim Befeuchten nicht nachdunkeln
2. Probe zu einem walnussgroßen Klumpen zusammenballen



Formen zu einem walnussgroßen Klumpen

Ausrollen bis auf halbe Bleistiftdicke

Reiben und quetschen zwischen Daumen und Zeigefinger

Notieren Sie: **A**ktuell = Aktuelles Verfahren **P**lanung = Maßnahmenplan	Grunddaten											Pflanzenbaulich-bodenkundl. Bewertung						
	1	2	3	4	5	6A	6B	6C	6D	6E	7	8	9	10	11	12	13	14
	Hanglänge in Metern	Hanggefälle in %	Jahresniederschlag i. l/m²	Bodenart	**Acker**zahl oder **Boden**tiefe	Fruchtfolge Kultur A	Kultur B	Kultur C	Kultur D	Kultur E	Bewirtschaftungstyp	Geländewert	Verschlämmungsrisiko	Fruchtfolgewert	Risiko Flächenerosion	Zuschlag Rinnenerosion	**Risiko Gesamterosion**	Abnahme Erosionsrisiko = Ökologische Maßnahmenwirkung
Name des bewerteten Schlages	Beispielacker																	
Aktuell: Pflug	160	11	730	t'L	Az 61	ZR	WW	Mais	WW	-	A1	4,1	x 26	x 0,24	= 26	+ 7,5	= 33	24
Planung: Pfluglos	160	11	730	t'L	Az 61	ZR	WW	Mais	WW	-	C13 +C10	4,1	x 26	x 0,05	= 5	+ 3,7	= 9	
Name des bewerteten Schlages																		
Aktuell:													x	x	=	+	=	
Planung:													x	x	=	+	=	
Name des bewerteten Schlages																		
Aktuell:													x	x	=	+	=	
Planung:													x	x	=	+	=	
Name des bewerteten Schlages																		
Aktuell:													x	x	=	+	=	
Planung:													x	x	=	+	=	
Name des bewerteten Schlages																		
Aktuell:													x	x	=	+	=	
Planung:													x	x	=	+	=	
Name des bewerteten Schlages																		
Aktuell:													x	x	=	+	=	
Planung:													x	x	=	+	=	
Name des bewerteten Schlages																		
Aktuell:													x	x	=	+	=	
Planung:													x	x	=	+	=	
s. Seite	4	5	6	7	14	-	-	-	-	-	8	5	7	9	10	11	13	18

Rechentabelle

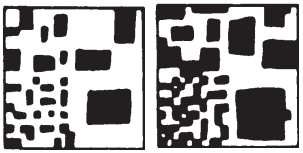
Grunddaten, Berechnungen, ökologisch-ökonomische Bewertung

| Fortsetzung Pflanzen... | | | | Betriebswirtschaftliche Bewertung | | | |

▲ Visierkante ▲ ▲ Visierkante ▲

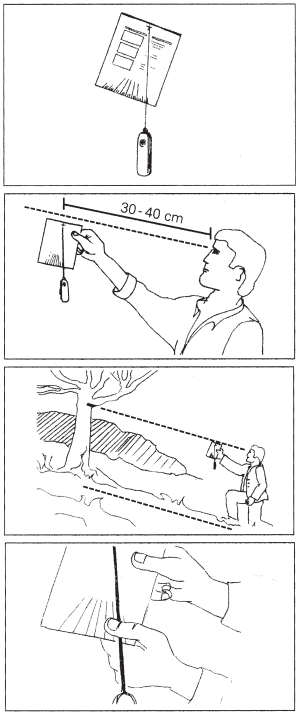
Befestigungspunkt für das Gewicht

Steingehalt schätzen



Mit Hilfe der beiden Abbildungen links können Sie den Steinanteil auf Ihrem Schlag einschätzen: bis 30 % oder 30 - 50 %.

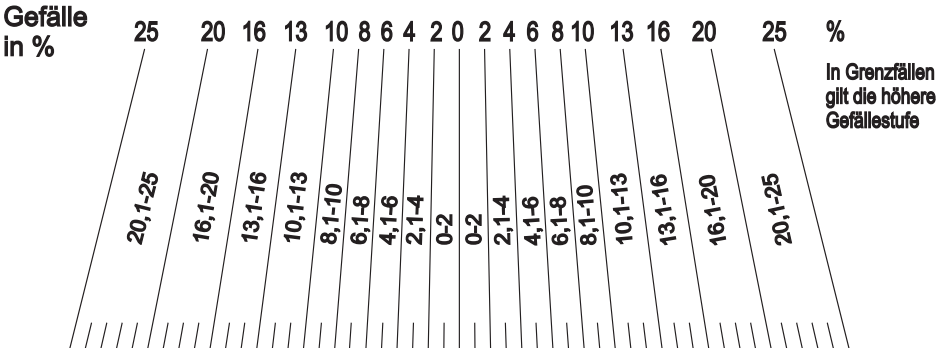
Gefälle messen



So wird der Gefällemesser gebaut:

Einen starken Faden (keine Schnur) von der Seite mit der Messskala her durch den Befestigungspunkt ziehen und von hinten verknoten. Den Faden dann auf etwa 30 cm Länge zuschneiden. Am Faden ein Gewicht befestigen. Geeignet sind ein Taschenmesser, kleine Werkzeuge oder Metallteile.

So funktioniert der Gefällemesser:

Gefällemesser mit leicht gestrecktem Arm etwa 30 - 40 cm vom Auge entfernt halten. Einen etwa in Kopfhöhe gelegenen Punkt am Oberrand des Schlages über die Oberkante des Gefällemessers anvisieren. Nach auspendeln des Gewichtes den Faden mit dem Daumen festhalten. Gefällestufe auf der Skala ablesen. Sofern sich der Faden auf einer Trennlinie zwischen zwei Stufen befindet Messung einmal wiederholen. Im Grenzfall gilt die höhere Gefällestufe.

Copyright: "Gefälle messen", Volkswirtschafts- und Sanitätsdirektion des Kantons Basel-Landschaft / Tamagon Ecoexperts AG (Autoren: T. Moelmann, M. Rüttimann), veränd.
Copyright: "Steingehalt schätzen", Auszug aus AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung - 4. Aufl., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart