

# Wie viel Erde geht verloren?

Tritt Erosion auf, wird rasch sehr viel Bodenmaterial weggespült. Dies hat viele nachteilige Wirkungen. Dieses Merkblatt soll eine Hilfestellung liefern, das Ausmass sichtbarer Erosionsschäden anhand von Bildern selber beurteilen und auch selber berechnen zu können. Das Volumen ( $m^3$ ) des erodierten Bodens kann geschätzt werden. Es ist abhängig vom Ausmass der einzelnen Erosionsform (Länge, Tiefe und Breite) und der Anzahl an Erosionsformen auf einer Parzelle. Das Volumen lässt sich dann umrechnen in Tonnen erodierten Boden pro Hektare.



Wird auf einer Parzelle wiederholt Boden abgetragen, sollten Sie sich an ihre kantonale Beratungsstelle (z.B. Bodenschutzfachstelle) wenden, um angepasste Massnahmen zur Verminderung der Erosion zu ergreifen. Denn bereits mit einfachen Massnahmen, die keine Kosten verursachen, sind Verbesserungen möglich. Auch die Direktzahlungsverordnung (DZV) verlangt Massnahmen, falls regelmässig Bodenabtrag auf Flächen zu beobachten ist, wo angepasste Massnahmen zur Erosionsbekämpfung fehlen.

## Wie kann ich die Menge der verlorenen Erde berechnen?

### 1. Bodenabtrag durch lineare Erosion in Rillen oder Rinnen

Rillen sind mindestens 2 cm und im Durchschnitt weniger als 10 cm tief, Rinnen hingegen über 10 cm. Ab 2 cm Tiefe ist es sinnvoll, die tatsächlichen Masse mit einem Meter zu messen.

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = \text{Länge der Rille/Rinne (m)} \times \text{mittlere Tiefe der Rille/Rinne (m)} \times \text{mittlere Breite der Rille/Rinne (m)}$$

Die Messung erfolgt an einer typischen Stelle der Rille/Rinne. Sehr lange Rillen/Rinnen können in Teilstücke untergliedert werden.

Bei mehreren ähnlich grossen Rillen/Rinnen kann das berechnete Volumen einer Rille/Rinne mit der Anzahl Ril-

len/Rinnen multipliziert werden; bei unterschiedlich grossen Rillen/Rinnen muss jedes Volumen einzeln berechnet werden und die Summe davon gebildet werden.

$$\text{Summe der Volumina der einzelnen Rillen/Rinnen (m}^3\text{)} = \text{erodiertes Volumen einer Fläche oder Parzelle (m}^3\text{)}$$

Da meistens nur der gelockerte Oberboden erodiert wird, kann das Volumen mit dem Gewicht fast gleichgesetzt werden: 1 m<sup>3</sup> Boden entspricht ungefähr 1.1 Tonnen Bodenmaterial. Die Menge kann auf die Fläche der Parzelle (in Hektaren) bezogen werden und ergibt den Abtrag in Tonne pro Hektare.



Ausmessen einer Erosionsrinne.

$$\text{Gewicht des erodierten Bodens einer Fläche/Parzelle (t)} \approx \text{erodiertes Volumen einer Fläche/Parzelle (m}^3\text{)} \times 1.1 \text{ t/m}^3$$



Ausmessen einer Erosionsrinne.

### 2. Bodenabtrag durch flächenhafte Erosion

Flächenhafte Erosion ist erkennbar an deutlich verschlammter Bodenoberfläche mit Fließspuren von Wasser, kleinräumigen Verlagerungen von Bodenteilchen oder vielen sehr kleinen Rillen (bis 2 cm Tiefe).

Flächenerosion kann man nur mit aufwändigen Geräten messen. Es gibt aber dennoch eine Möglichkeit, sie grob abzuschätzen: Messungen haben ergeben, dass der flächenhafte Bodenabtrag häufig rund 1 t/ha beträgt. Daher muss nur der Anteil der Parzelle, der von flächenhafter Erosion betroffen ist, abgeschätzt werden. Das Volumen wird berechnet, indem das Gewicht des Bodens durch 1.1 t/m<sup>3</sup> geteilt wird.

$$\text{Gewicht des erodierten Bodens einer Fläche oder Parzelle (t)} \approx \text{Fläche mit flächenhafter Erosion (ha)} \times 1 \text{ t/ha}; \\ \text{Volumen des erodierten Bodens} = \text{Gewicht des erodierten Bodens} / 1.1 \text{ t/m}^3$$

- Lineare Erosion und flächenhafte Erosion treten häufig gemeinsam auf und sind daher zusammen zu erfassen.
- Mehrmalige Erosionsereignisse pro Jahr: Findet auf einer Parzelle mehrmals im Jahr Erosion statt, sind die erodierten Bodenmengen zusammenzuzählen. Bei direkt aufeinander folgenden Erosionsereignissen sind nur die neuen Erosionsformen und Vergrößerungen bestehender Erosionsformen zu beurteilen.

### Entscheidungsbaum

#### Beobachtete Erosionsformen:

Nur flächenhafte Erosion auf Teilfläche oder gesamter Parzelle

#### Nur Rillen und/oder Rinnen (z.B. durch Wassereinbruch, in Ackerrandfurchen, Fahrspuren, Anhaupfurchen):

- Einzelne oder mehrere kleine Rillen (<2 cm)
- Einzelne oder mehrere Rillen
- Einzelne Rinne (>10 cm) auf grosser Parzelle (>2 ha)
- Einzelne Rinne auf kleiner Parzelle (<2 ha)
- Spektakuläre Einzelform

#### Kombination von flächenhafter Erosion und Rillen/Rinnen:

- Kleine Rillen (<2 cm) + flächenhafte Erosion auf kleinem Flächenanteil der Parzelle (z. B. Vorgewende)
- Einzelne oder mehrere Rillen + flächenhafte Erosion auf ganzer Parzelle
- Rinne + flächenhafte Erosion
- Sehr grosse Rinne + flächenhafte Erosion
- Netzwerk von Rillen auf Teilfläche der Parzelle
- Netzwerk von Rillen auf ganzer Parzelle
- Mehrere Rinnen, Rillen + flächenhafte Erosion

#### Bodenabtrag:

unter 2 t/ha S. 39

unter 2 t/ha S. 39

2-4 t/ha S. 40

2-4 t/ha S. 40

4-10 t/ha S. 41

über 10 t/ha S. 42

unter 2 t/ha S. 39

2-4 t/ha S. 40

2-4 t/ha S. 40

4-10 t/ha S. 41

4-10 t/ha S. 41

über 10 t/ha S. 42

über 10 t/ha S. 42

## Abtrag unter 2 t/ha pro Niederschlagsereignis

### Allgemeine Merkmale

- Ausschliesslich flächenhafte Erosion ohne Rillen auf gesamter Parzelle oder Teilfläche
- Lokale Erosionsschäden mittlerer Grösse mit kleinem Flächenanteil (z.B. Vorgewende)
- Einzelne kleine bis mittlere Rillen (z.B. durch Fremdwasser, Ackerrandfurchen, Fahrspuren, Anhauptfurchen)
- Einzelne Rillen auf grosser Parzelle
- Kombination von flächenhafter und linearer Erosion auf kleinem Flächenanteil der Parzelle (z.B. Vorgewende).

### Flächenhafte Erosion + kleine Rillen

Winterbrache nach Kartoffeln  
Fläche: 2.0 ha, von Erosion betroffen 100 %  
Abtrag: 2.0 m<sup>3</sup> bzw. 1.1 t/ha



### Flächenhafte Erosion

Brache mit Maisstoppeln  
Fläche 2.0 ha, von Erosion betroffen 80 %  
Abtrag: 1.5 m<sup>3</sup> bzw. 0.8 t/ha



### Einzelne Rille in Anhauptfurcher

Saatbett Winterweizen  
Fläche: 5.0 ha, von Erosion betroffen <5 %  
Abtrag: 0.6 m<sup>3</sup> bzw. 0.1 t/ha



### Flächenhafte Erosion in Furchen

Kartoffeln  
Fläche: 1.0 ha, von Erosion betroffen 100 %  
Abtrag: 0.9 m<sup>3</sup> bzw. 1.0 t/ha



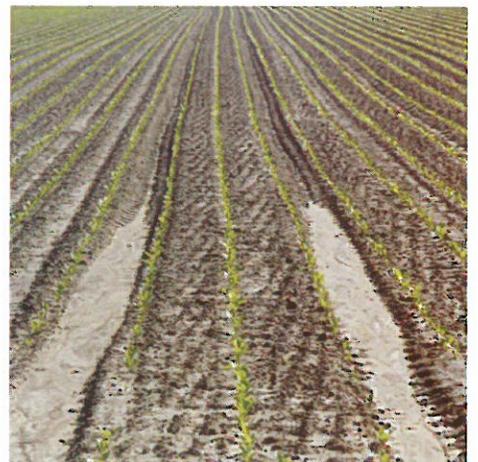
### Flächenhafte Erosion

Mais  
Fläche: 0.8 ha, von Erosion betroffen 100 %  
Abtrag: 1.2 m<sup>3</sup> bzw. 1.6 t/ha



### Rillen in Fahrspuren

Zuckerrüben  
Fläche: 2.0 ha, von Erosion betroffen 70 %  
Abtrag: 1.5 m<sup>3</sup> bzw. 0.8 t/ha



## Abtrag von 2 bis 4 t/ha pro Niederschlagsereignis

### Allgemeine Merkmale

- Kombination von flächenhafter Erosion und mehreren Rillen
- Mehrere Rillen (z.B. in Fahrspuren, Furchen, Mulden)
- Einzelne Rinne auf grosser Parzelle.

### Flächenhafte Erosion + mehrere Rillen

Saatbett Winterweizen nach Zuckerrüben  
 Fläche: 2.3 ha, von Erosion betroffen 100 %  
 Abtrag: 7 m<sup>3</sup> bzw. 3 t/ha



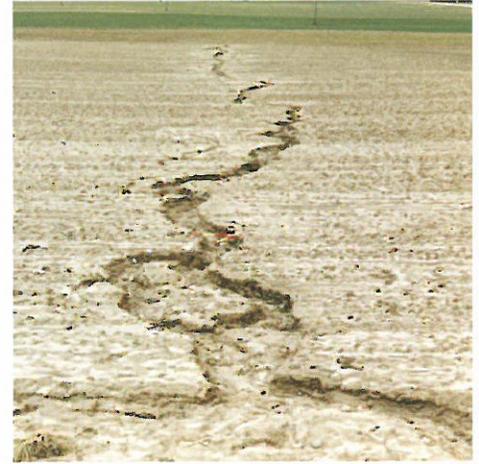
### Flächenhafte Erosion + Rillen

Saatbett Winterweizen nach Kartoffeln  
 Fläche: 1.2 ha, von Erosion betroffen 100 %  
 Abtrag: 3 m<sup>3</sup> bzw. 3 t/ha



### Rille auf grosser Parzelle + flächenhafte Erosion

Saatbett Winterweizen  
 Fläche: 3.1 ha, von Erosion betroffen 60 %  
 Abtrag: 8 m<sup>3</sup> bzw. 3 t/ha



### Flächenhafte Erosion + Rillen auf Teilfläche

Saatbett Winterweizen nach Mais  
 Fläche: 1.2 ha, von Erosion betroffen 30 %  
 Abtrag: 3 m<sup>3</sup> bzw. 3 t/ha



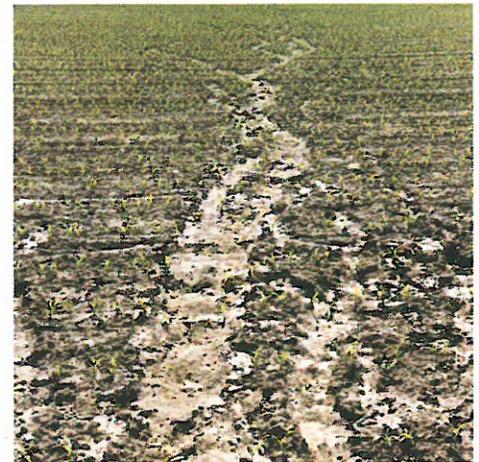
### Breite Rinne in Mulde + flächenhafte Erosion

Triticale  
 Fläche: 4.5 ha, von Erosion betroffen 40 %  
 Abtrag: 12 m<sup>3</sup> bzw. 3 t/ha



### Flache Rillen + flächenhafte Erosion

Mais  
 Fläche: 2.1 ha, von Erosion betroffen 100 %  
 Abtrag: 5 m<sup>3</sup> bzw. 3 t/ha



## Abtrag von mehr als 4 bis 10 t/ha pro Niederschlagsereignis

### Allgemeine Merkmale

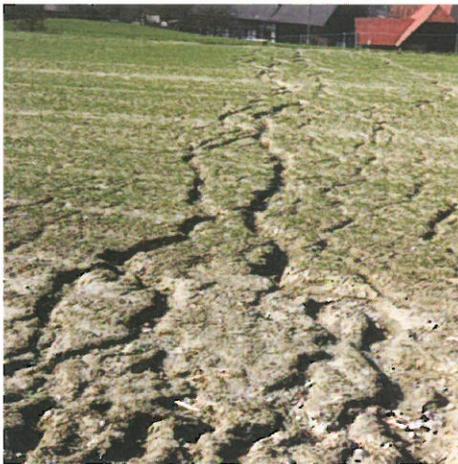
- Flächenhaft-lineare Erosion auf ganzer Parzelle
- Netzwerk von Rillen auf Teilflächen
- Grosse Einzelformen (Rinnen, Talwege) auf kleinen Parzellen.

### Netzwerk von Rillen + flächenhafte Erosion

Winterweizen

Fläche: 0.9 ha, von Erosion betroffen 80 %

Abtrag: 4 m<sup>3</sup> bzw. 5 t/ha



### Netzwerk von Rillen auf Teilfläche + flächenhafte Erosion

Saatbett Winterweizen

Fläche: 2.2 ha, von Erosion betroffen 100 %

Abtrag: 10 m<sup>3</sup> bzw. 5 t/ha

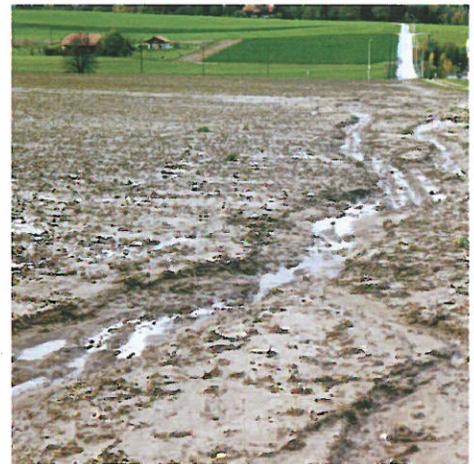


### Einzelne Rinne + flächenhafte Erosion

Saatbett Winterweizen

Fläche: 2.4 ha, von Erosion betroffen 100 %

Abtrag: 13 m<sup>3</sup> bzw. 6 t/ha



### Breite Rinne in Mulde + flächenhafte Erosion

Mais

Fläche: 1.4 ha, von Erosion betroffen 40 %

Abtrag: 12 m<sup>3</sup> bzw. 9 t/ha



### Einzelne breite Rille + flächenhafte Erosion

Saatbett Winterweizen

Fläche: 1.4 ha, von Erosion betroffen 100 %

Abtrag: 7 m<sup>3</sup> bzw. 6 t/ha



### Mehrere Rinnen + flächenhafte Erosion

Kartoffeln

Fläche: 1.9 ha, von Erosion betroffen 100 %

Abtrag: 14 m<sup>3</sup> bzw. 8 t/ha



## Abtrag über 10 t/ha pro Niederschlagsereignis

### Allgemeine Merkmale

- Spektakuläre Einzelformen
- Flächenhaftes Netzwerk von Rillen
- Kombination von Rillen, Rinnen und flächenhafter Erosion.

### Zahlreiche Rillen, Rinnen + flächenhafte Erosion

Saatbett Winterweizen  
 Fläche: 2.2 ha, von Erosion betroffen 100 %  
 Abtrag: 46 m<sup>3</sup> bzw. 23 t/ha



### Zahlreiche Rillen, Rinnen + flächenhafte Erosion

Kartoffeln  
 Fläche: 1.7 ha, von Erosion betroffen 100 %  
 Abtrag: 93 m<sup>3</sup> bzw. 60 t/ha



### Einzelne grosse Rinne

Winterbrache, gepflügt  
 Fläche: 2.2 ha, von Erosion betroffen 10 %  
 Abtrag: 23 m<sup>3</sup> bzw. 12 t/ha



### Flächenhaftes Netzwerk von Rillen

Winterweizen  
 Fläche: 0.3 ha, von Erosion betroffen 100 %  
 Abtrag: 4 m<sup>3</sup> bzw. 15 t/ha



### Zahlreiche Rillen, Rinnen + flächenhafte Erosion

Saatbett Winterweizen  
 Fläche: 0.4 ha, von Erosion betroffen 50 %  
 Abtrag: 6 m<sup>3</sup> bzw. 17 t/ha



### Einzelne grosse Rinne

Winterbrache, gepflügt  
 Fläche: 2.8 ha, von Erosion betroffen 20 %  
 Abtrag: 49 m<sup>3</sup> bzw. 19 t/ha



## Beurteilung der erodierten Bodenmenge

Der erste Eindruck kann trügen: Bei einer wenig tiefen aber sehr langen Erosionsform kann gleichviel Boden betroffen sein, wie bei einer kurzen aber tiefen Erosionsform (Tabelle 1).

**Bezug zur Parzellengrösse** Auf unterschiedlich grossen Parzellen mit gleich viel erodiertem Boden (5 t) variiert der Abtrag pro ha stark. Es geht also gleich viel Boden (Gewicht) verloren, aber die Situation ist in Parzelle D viel gravierender als in Parzelle A (Tabelle 2).

Achtung: Eine Vergrösserung der Parzellen ist nicht sinnvoll, denn: Je grösser die Parzelle, desto grösser ist die Gefahr von Erosion!

**Anzahl an Erosionsformen** Viele kleine Rillen können einen grösseren Schaden verursachen als eine einzelne, spektakuläre Rinne:

- 1 kleine beobachtete Rinne (3 cm tief, 8 cm breit, 50 m lang) = 0.12 m<sup>3</sup>
- 100 kleine beobachtete Rillen (3 cm tief, 8 cm breit, 50 m lang) = 100 x 0.12 m<sup>3</sup> = 12 m<sup>3</sup>
- 1 grosse beobachtete Rinne (20 cm tief, 40 cm breit, 100 m lang) = 8 m<sup>3</sup>

**Verlust an Boden** Gehen 10 t Boden pro Hektare und Jahr verloren, verringert sich die Bodenmächtigkeit um ca. 1 mm; in 100 Jahren sind dies mindestens 10 cm, was etwa der Hälfte der Pflugtiefe entspricht.

Erosionsrinne in einer Ackerrandfurche.

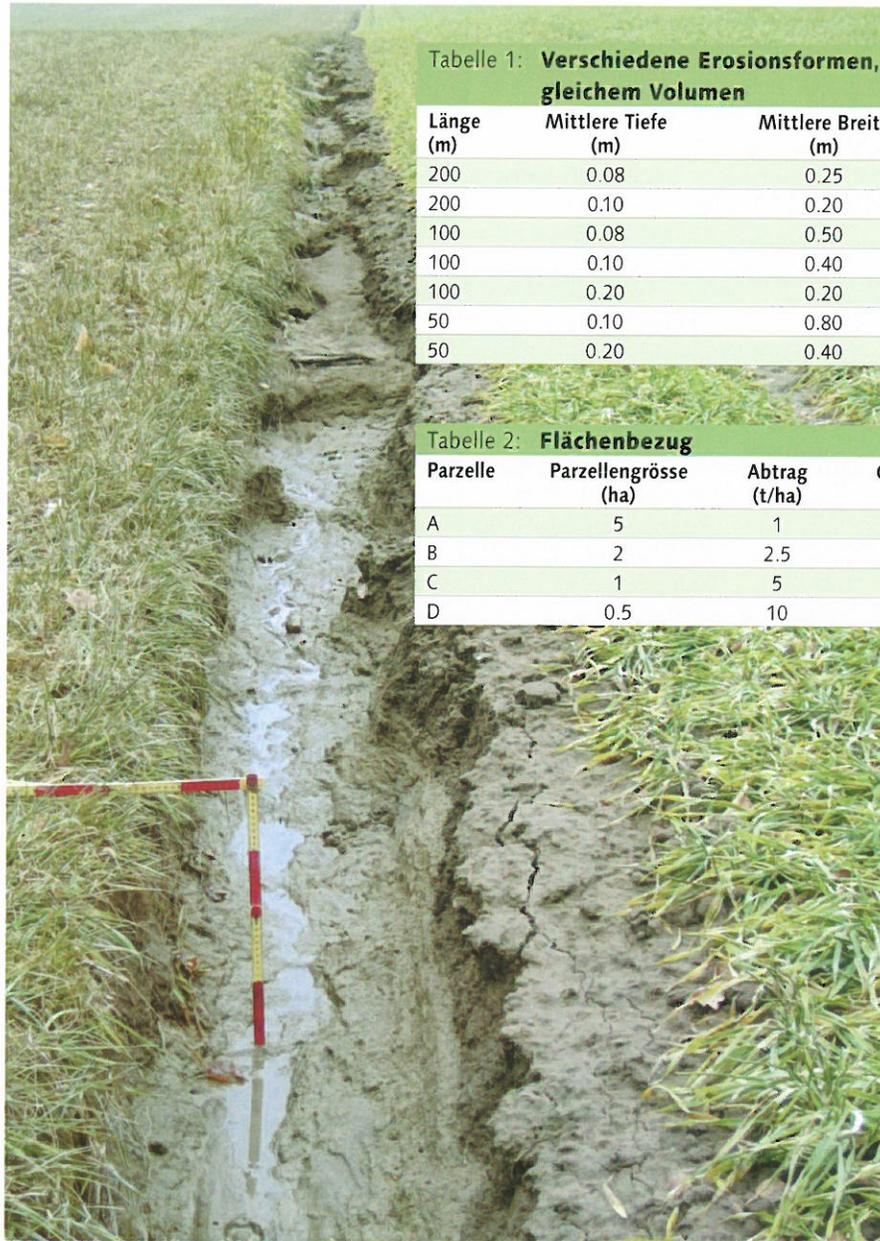


Tabelle 1: Verschiedene Erosionsformen, aber mit gleichem Volumen

Länge (m)	Mittlere Tiefe (m)	Mittlere Breite (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
200	0.08	0.25	4
200	0.10	0.20	4
100	0.08	0.50	4
100	0.10	0.40	4
100	0.20	0.20	4
50	0.10	0.80	4
50	0.20	0.40	4

Tabelle 2: Flächenbezug

Parzelle	Parzellengrösse (ha)	Abtrag (t/ha)	Gewicht Boden (t)
A	5	1	5
B	2	2.5	5
C	1	5	5
D	0.5	10	5

### Rechenbeispiel

**Beobachtung auf einer Parzelle von 1.5 ha:**

- 1 Erosionsrinne (14 cm tief, 25 cm breit und 70 m lang)
- 10 ähnliche Erosionsrillen (5 cm tief, 11 cm breit, 50 m lang)
- 60% der Parzelle (0.9 ha) sind zusätzlich von flächenhafter Erosion betroffen.

**Berechnung:**

- Volumen erodierter Erde Rinne: 0.14 m x 0.25 m x 70 m = 2.5 m<sup>3</sup>
- Volumen erodierter Erde Rille: 10 x 0.05 m x 0.11 m x 50 m = 2.75 m<sup>3</sup>
- Gewicht des erodierten Bodens (Rinnen/Rillen): [2.5 m<sup>3</sup> + 2.75 m<sup>3</sup>] x 1.1 t/m<sup>3</sup> ≈ 5.8 t
- Gewicht des erodierten Bodens (flächenhafte Erosion): 0.9 ha x 1 t/ha ≈ 0.9 t
- Volumen des erodierten Bodens (flächenhafte Erosion): 0.9 t / 1.1 t/m<sup>3</sup> ≈ 0.8 m<sup>3</sup>

Total Volumen der erodierten Erde: 2.5 m<sup>3</sup> + 2.75 m<sup>3</sup> + 0.8 m<sup>3</sup> = 6.1 m<sup>3</sup>

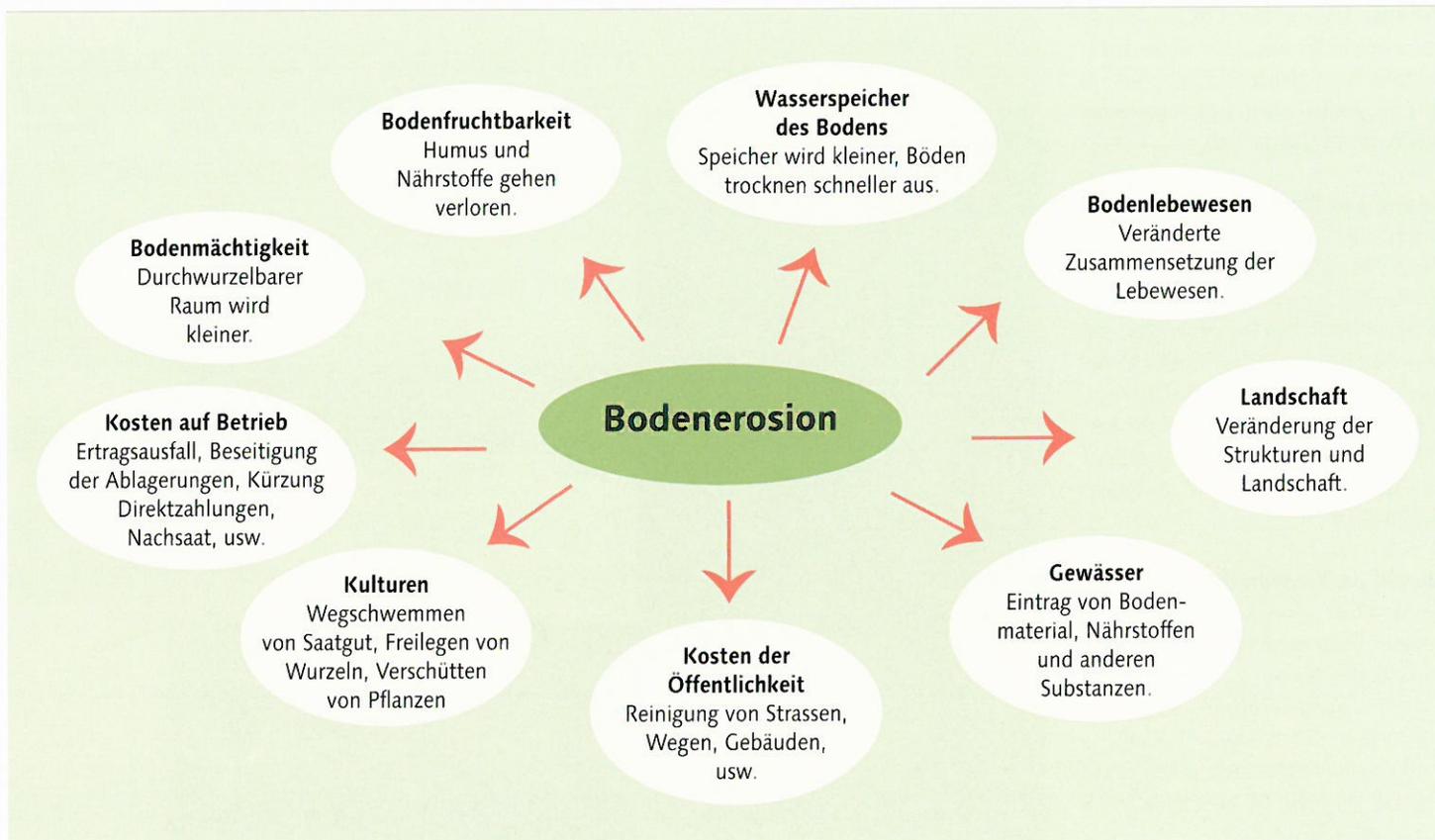
Total erodierte Menge Erde der Parzelle: 5.8 t + 0.9 t = 6.7 t

Total erodierte Menge Erde pro ha: 6.7 t / 1.5 ha = 4.5 t/ha



Erosionsrinnen durch Wasserzufluss von einer Strasse.

## Was sind die Folgen des Bodenverlustes



Durch Erosion verschmutzte Postautohaltestelle.

### Gesetzliche Regelungen bezüglich Erosion

Zu den Regeln des ökologischen Leistungsnachweises (ÖLN) der Direktzahlungsverordnung (DZV) gehört, dass kein regelmässig beobachtbarer Bodenabtrag auftreten darf, wo angepasste Massnahmen zur Erosionsbekämpfung fehlen. Als angepasste Massnahmen gilt die Bewirtschaftung nach einem mehrjährigen Plan zur Verhinderung der Erosion.

In der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö) werden Richtwerte für den Bodenabtrag von Ackerflächen genannt. Je nach Gründigkeit (30 bis 70 cm bzw. >70 cm) betragen diese 2 t/ha und Jahr bzw. 4 t/ha und Jahr (Mittelwert über mehrere Jahre). Werden diese Abtragswerte überschritten, muss der Kanton die Ursachen ermitteln und gegebenenfalls Massnahmen ergreifen.

### Weitergehende Informationen und Hilfen:

- Merkblatt Erosion – eine schleichende Gefahr, Arbeitsgruppe Bodenerosion Nordwestschweiz; Bezug z.B. bei [afu@bd.so.ch](mailto:afu@bd.so.ch)
- Merkblatt Stop érosion, AGRIDEA Lausanne (2004)
- Dia-Serie Erosion, 20 Bilder mit Kommentaren; Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART
- «Bodenerosion selber abschätzen – Ein Schlüssel für die Betriebsleiter und Berater», T. Mosimann, M. Rüttimann (1999); Volkswirtschafts- und

Sanitätsdirektion Kanton BL, Liestal

- Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBö), SR 814.12, Artikel 8 und Anhang 3
- Direktzahlungsverordnung (DZV), SR 910.13; Art. 9 und Kapitel 5 des Anhangs

### Impressum

*Herausgeber:* AGRIDEA, 1000 Lausanne und 8315 Lindau

*Autoren, Konzept und Redaktion:* Volker Prasuhn: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART und Michel Fischler: AGRIDEA Lausanne

*Finanzielle Unterstützung:* BAFU, BLW

*Fotos:* Volker Prasuhn, ART

*Bezugsquelle:* AGRIDEA Lausanne, 1000 Lausanne 6, ☎ 021 619 44 70; Fax: 021 617 02 61; [doc@agridea.ch](mailto:doc@agridea.ch); [www.agridea.ch](http://www.agridea.ch)

*Publikation und Layout:* UFA-Revue, 8401 Winterthur, Druck: Mattenbach AG, 8411 Winterthur

**INFOBOX**

[www.ufarevue.ch](http://www.ufarevue.ch)

11 - 07