

**Zeitschrift:** Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie  
**Herausgeber:** Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel  
**Band:** 32 (1991)  
**Heft:** 3  
  
**Artikel:** Bodenabtrag und Verlagerung von Nährstoffen : eine Abschätzung in einem landwirtschaftlich genutzten Gebiet  
**Autor:** Rohr, Werner  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1088672>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Bodenabtrag und Verlagerung von Nährstoffen

Eine Abschätzung in einem landwirtschaftlich  
genutzten Gebiet

Werner Rohr

## *Zusammenfassung*

*Der Autor berechnet für ein Ackerbaugebiet mit einer Ausdehnung von 111 ha LN den gesamten Bodenabtrag und die Nährstofffrachten für die wichtigsten Elemente während der Winterperiode 1986/87. Gemessen werden das Ausmass der flächen- und linienhaften Erosion sowie die Verfrachtung der Elemente P, K, Ca und Mg. Die Ergebnisse zeigen, dass mit 76 t erodierten Bodenmaterials 1,4 t organische Substanz und 143 kg reine Nährstoffe transportiert werden; drei Viertel der letzteren gelangen in Kanalisation und Vorfluter.*

## *The impact of erosion on soil fertility*

### *Abstract*

*The author calculates erosion and displacement of fertilizing elements in 111 ha of arable land, measuring the quantity of eroded soil and identifying the displaced elements P, K, Ca, and Mg during a six month period in the winter of 1986/87. The results show that 76 tons (metric) of eroded soil contain 1.4 tons of organic matter and 143 kg of the above elements; three-quarters of the latter is discharged into the drainage systems.*

---

Adresse des Autors: Lic. phil. Werner Rohr, Geographisches Institut der Universität Basel, Klingelbergstrasse 16, 4056 Basel.

# 1 Einleitung

Im Rahmen des Projektes "Bodenerosion im schweizerischen Mittelland" (Mosimann et al. 1990) untersuchten wir in den Jahren 1986 bis 1989 die Bodenerosion auf Ackerflächen in der Region "Seedorf-Grossaffoltern-Rapperswil" (Rohr 1987, 1991). Es hat sich gezeigt, dass 12 Prozent der untersuchten Gebietsfläche durch Bodenerosion betroffen wurde. Jedoch lag der Erosionsschaden auf der Mehrheit der beobachteten Ackerschläge unterhalb einer Toleranzschwelle von 3 t/ha und Jahr Bodenabtrag.

Die Untersuchungsregion umfasst eine Gesamtfläche von 43 km<sup>2</sup> landwirtschaftlicher Nutzfläche. In zehn ausgewählten Untersuchungsgebieten mit einer gesamten Fläche von 800 ha kartierten wir drei Mal jährlich die Erosionsschäden und deren erosionsauslösenden Hauptfaktoren nach den Nutzungsperioden Winter, Frühjahr und Frühsommer, Sommer und Herbst. Zudem waren ganzjährig auf 33 Einzelschlägen insgesamt 40 Messflächen installiert, auf denen die flächenhafte Erosion mittels Materialfangkästen gemessen wurde. An zwei Standorten beobachteten wir mit Regenschreibern den Verlauf des Niederschlages.

Im folgenden wird anhand der Ergebnisse für ein Untersuchungsgebiet und eine Nutzungsperiode die gesamte, durch Erosion verlagerte Menge an Bodenmaterial und Nährstoffen berechnet. Auch soll versucht werden, den Eintrag an Nährstoffen in Kanalisation und Vorflut abzuschätzen.

## 2 Bemerkungen zur Quantifizierung des Bodenabtrages

Unter "Bodenerosion" verstehen wir Abtrag, Transport und Ablagerung von Bodenmaterial und gelösten oder partikulär gebundenen Stoffen unter Einfluss von oberflächlich abfließendem Niederschlagswasser. Die Faktoren, welche diese Prozesse beeinflussen, sind hinreichend bekannt (Hudson 1981, Morgan 1986, Schaub 1989). Unsere Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass der komplexe Kausalzusammenhang zwischen den erosionsauslösenden Prozessen und dem gemessenen Bodenabtrag ohne entsprechend aufwendige Instrumentierung der Messfläche in vielen Fällen nicht eindeutig nachzuweisen ist. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass das bis heute meistverwendete Erosionsprognosemodell, die Universal Soil Loss Equation (USLE) oder Allgemeine Abtragsgleichung (ABAG), ein stochastisches Modell ist, welches aus den Daten von gleich aufgebauten Messflächen statistisch abgeleitet wurde (Wischmeier 1976, Schwertmann 1987). Dieses Modell ist jedoch nur verwendbar, wenn der Anwendungsbereich den Modellvoraussetzungen entspricht. Trotz späterer Anpassung einzelner Faktoren kann das Modell nicht für folgende Verwendungszwecke und Situationen verwendet werden (Peterson & Swan 1979, Schaub 1989, Mosimann 1990):

- zur Berechnung von Materialablagerung und transportierten Stoffen für Einzelergebnisse und Perioden, die kürzer sind als 20 Jahre,
- linienhafte Erosion aufgrund der Unebenheit der Bodenoberfläche ("concentrated flow"),
- bei Hängen mit mehreren untereinanderliegenden Schlägen, die eine gewisse Breite überschreiten und unterschiedlich genutzt werden,
- auf ungleich geformten Hängen mit Hangverflachungen und Quermulden,
- auf steilen Hängen.

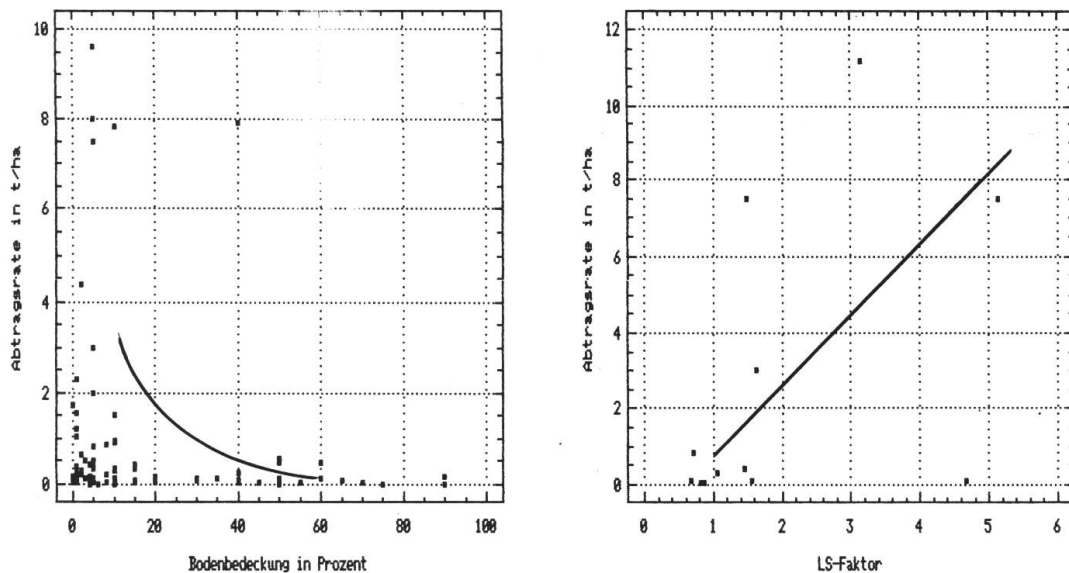


Abb. 1 Dominanter Einfluss von Bodenbedeckung (links: 107 Erosionsereignisse, 40 Messflächen) und LS-Faktor (rechts: 12 Messflächen, Summe pro Messfläche im Winter 1986/87) auf den Bodenabtrag, bei sonst vergleichbaren Erosionsfaktoren.

Das Modell ist zur Berechnung des Bodenabtrages allgemein nicht verwendbar in einem Gebiet, welches – wie die vorliegende Untersuchungsregion – wechselnde Reliefeigenschaften und eine mittel- bis kleinparzellierte Flur aufweist.

### 3 Methodisches Vorgehen

Aufgrund der Auswertung des gesamten Datenmaterials (Rohr 1991) gehen wir wie folgt vor:

#### 1. Auswahl des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet Suberg-Wiler weist keine extremen natürlichen oder nutzungsbedingten Eigenschaften auf. Es liegt im leicht gewellten, durch Grundmoränen beeinflussten Molassegebiet des schweizerischen Mittellandes.

#### 2. Vereinfachung der Berechnung

Bei vergleichbarer Kombination der erosionswirksamen Faktoren (gegeben durch die Standorte) beeinflussen Bodenbedeckung und LS-Faktor dominant die flächenhafte Bodenerosion (Abb. 1).

#### 3. Auswahl von zwölf Messflächen

Auf 12 der 30 Messflächen wurde während der Winterperiode 1986/1987 Winterweizen angebaut. Winterweizen wies eine geringe Bodenbedeckung auf (5 bis 10 %), die Neigungs- und Längenverhältnisse der Messflächen entsprechen denjenigen im Untersuchungsgebiet Suberg-Wiler (vgl. Tab. 2).

Beobachtete Gebietsfläche:	111 ha	Periode: Winter 1986/1987
Verteilung der Kulturen:		
Wintergetreide	31 ha	
Raps	5 ha	
Kunstwiese / Grünbrache	43 ha	
Schwarzbrache	23 ha	
Brache ohne Erntereste	2 ha	
Brache mit Erntereste	6 ha	
Andere Kulturen	1 ha	
Mittelwerte zu den beobachteten Schlägen:		
Grösse: 1 ha, Länge: 192 m, Neigung: 5 %, LS-Faktor: 1.63		
Angaben zu den Niederschlägen (Station Aarberg der SMA):		
Summe (10.86-4.87): 620 mm, Jahresmittel (1968-1988): 1035 mm		
Erosivstes Niederschlagsereignis (Regenschreiber Wiler):		
Datum: 27./28.2.1987, Menge: 38 mm, Dauer: 43 Stunden		
I30: 5.0 mm/h, I <sub>max</sub> : 5.4/h, R-Faktor: 2.5 N/h		
Besonderheit: Boden mit einer Eisschicht von ca. 5 cm Dicke		
mit einer Obergrenze von 10 cm unter Terrain		
Angaben zu den Böden (Bodenkarte Lyss 1:25000):		
Tiefgründige Braunerden, schwach pseudogleyig oder schwach gleyig und tiefgründige Braunerden, pseudogleyig oder gleyig (je ca. 50 % der Gebietsfläche), sandiger Lehm oder Schlufflehm, skelettarm oder skelettfrei		
Angaben zu den landwirtschaftlichen Betrieben:		
Mehrheitlich Normalbetriebe mit Ackerbau, Milchproduktion und Schweinehaltung mit einer Betriebsgrösse zwischen 12 und 16 ha, sechs- bis achtjährige Fruchtfolge mit zwei Jahren Kunstwiese, Bodenbearbeitung mit Zwei-Scharpflug, Schwergrubber, Bodenfräse oder Kreiselegge		

Tab. 1 Gebiet Suberg-Wiler: Angaben zu den wichtigsten Faktoren, die in der Winterperiode 1986/1987 das Erosionsgeschehen beeinflussten. Wenn nichts anderes angegeben, stammen die Daten aus den Projektarbeiten (Schadenskartierung, Betriebsbefragung, Regenschreiber Wiler).

#### 4. Gebietsweise Berechnung des abgetragenen Bodenmaterials

Berechnung aus den Ergebnissen der Schadenskartierung Suberg-Wiler: a) Flächenhafter Abtrag auf Schlägen mit Wintergetreide, Schwarzbrache und Brache mit Ernteresten (nach Silomais und Zuckerrüben); b) Ausgemessene, durch linienhafte Bodenerosion abgetragene Bodenvolumina (Umrechnungsfaktor Volumen zu Tonnen: 1.0):

Flächenhafte Erosion ("rill-interrill erosion")

Mittlerer Abtrag aus 12 Messflächen.....	2,6 t/ha
Gesamte, effektiv erodierte Ackerfläche .....	13,8 ha
Berechneter Bodenabtrag des Gebietes.....	35,9 t

No	LS	K	Jahr	Kultur	AE	Boden t/ha	org. C g/ha	P2 g/ha	K g/ha	Ca g/ha	Mg g/ha
9	0,82*	0,37	1987	WW	1	0,03	0,8	0,01	1,4	10	0,3
8	0,87*	0,49	1987	WW	1	0,04	0,8	0,1	0,8	12	0,7
10	0,67**	0,47	1987	WW	1	0,1	4,4	0,9	3,9	53	4,1
20	1,55**	0,39	1987	WW	1	0,1	1,4	0,2	1,0	15	0,9
25	4,67**	0,40	1987	WW	2	0,1	1,9	0,2	3,3	20	1,4
12	1,05**	0,47	1987	WW	1	0,3	6,5	0,1	8,5	52	4,6
29	1,46*	0,34	1987	WW	2	0,4	6,1	1,8	15,3	43	4,2
28	0,71*	0,42	1987	WW	2	0,8	13,3	0,7	26,6	115	7,5
2	1,62*	0,39	1987	WW	1	3,0	50,4	15,5	41,5	347	35,6
26	1,49*	0,25	1987	WW	2	7,5	270,9	91,9	231,7	1421	234,2
27	5,13**	0,31	1987	WW	1	7,5	127,7	39,3	120,2	1300	142,8
1	3,15*	0,38	1987	WW	9	11,2	152,3	25,7	189,1	1291	127,5

**Legende:**

LS-Faktor:	Masszahl für die Erosionswirksamkeit von Neigung und Länge eines idealen Schlages (USLE)
K-Faktor:	Masszahl für den Einfluss von Körnung, org. C-Gehalt, Aggregatzustand und Durchlässigkeit eines Bodens unter Idealbedingungen (USLE)
AE:	Anzahl Erosionsereignisse
org. C-Gehalt:	nasse Veraschung nach Schlichtung & Blume
Nährstoffe:	Extraktion mit CO <sub>2</sub> -gesättigtem Wasser nach Dirks & Scheffer
*:	Bearbeitung in Falllinie, Messung in Falllinie
**:	Bearbeitung quer zur Falllinie, Messung in Falllinie

Tab. 2 Relief- und Bodeneigenschaften, Bodenabträge und Nährstoffverluste der zwölf Messflächen, auf denen während der Winterperiode 1986/87 Winterweizen (WW) angepflanzt wurde. Die Messflächen dienen zur Berechnung des flächenhaften Gebietsabtrages für Wintergetreide, Schwarzbrache und Brache ohne Erntereste.

**Linienhafte Erosion ("erosion by concentrated flow")**

Mittlerer, kartierter Abtrag pro Schlag ..... 2,3 t/ha

Flächentotal der betroffenen Schläge ..... 17,6 ha

Gemessener Bodenabtrag des Gebietes ..... 40,5 t

**5. Gehaltsanalyse**

Berechnung der mittleren Gehalte von org. Substanz, Phosphat, Kalium, Calcium und Magnesium, getrennt nach Analysen aus dem aufgefangenen Bodenmaterial in den zwölf Materialfangkästen und aus den Bodenproben der entsprechenden Messflächen (vgl. Tab. 3).

**6. Berechnung von Substanzverlagerung und Bodenabtrag**

Berechnung der verlagerten organischen Substanz und der Nährstoffe aus mittleren Gehalten und der Menge des abgetragenen Bodenmaterials (vgl. Kap. 4).

**7. Bewertung**

Auszählung und Bewertung der Erosionsschäden bezüglich des Depositionsortes, Schätzung des Stoffaustrages (vgl. Kap. 5).

Tab. 3 Mittlere Gewichtsanteile von org. Substanz und Nährstoffen aus Abtrags- und Bodenproben der zwölf Messflächen (vgl. Tab. 2). Die unterschiedlichen Konzentrationen an organischer Substanz und an Nährstoffen zwischen den Abtrags- und Bodenproben sind zur Hauptsache auf die Düngung der Messflächen, auf das spezielle Sorptions- und Transportverhalten der einzelnen Nährstoffe und die unterschiedliche Transportkraft des abfließenden Wassers bei wechselnden Niederschlagsereignissen zurückzuführen.

	org. C %		P2 (CO <sub>2</sub> ) ppm		K ppm		Ca ppm		Mg ppm	
	ABT	BOD	ABT	BOD	ABT	BOD	ABT	BOD	ABT	BOD
$\bar{y}$	2,1	1,5	3,9	5,8	25,9	23,4	197	202	16,3	13,2
y0,5	1,9	1,5	3,1	3,3	25,8	22,6	166	140	13,0	10,8
s	0,76	0,39	3,4	5,0	11,1	11,3	93	116	8,1	5,1
Minimum	1,2	1,1	0,4	1,5	9,0	8,8	112	109	8,0	8,2
Maximum	3,6	2,5	12,2	17,4	42,0	42,5	396	423	31,1	22,9
Bereich	2,4	1,4	11,8	15,9	33,0	33,7	284	314	23,1	14,7
y0,25	1,6	1,2	1,5	2,7	16,5	13,6	126	132	10,8	9,2
y0,75	2,5	1,7	5,2	8,5	35,4	33,0	250	270	19,9	16,8

*Legende:*

ABT: aus Abtragsproben

BOD: aus Bodenproben

n = 12

$\bar{y}$  : Mittelwert

y0,5: Median

s: Standardabweichung (95 %)

y0,25: unteres Quartil

y0,75: oberes Quartil

## 4 Gebietsabtrag von Bodenmaterial und Nährstoffen

Die Berechnungen beruhen auf Abtragsmessungen, Materialanalysen und Untersuchungen der erosionsauslösenden Hauptfaktoren, welche schlag- und gebietsbezogen vorliegen. Dies hat den Vorteil, dass die Berechnungen mit genügender Sicherheit auf ein ganzes Kartiergebiet ausgedehnt werden können.

Tab. 4 Gebietsabtrag des Untersuchungsgebietes Suberg-Wiler während der Winterperiode 1986/87 an Bodenmaterial (in t), organischer Substanz (C-Gehalt, in kg) und Nährstoffen (in kg). Die Umrechnung des gelösten in den totalen Phosphorgehalt erfolgte nach Angaben der Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene (FAC 1989, 47). Die gesamte Gebietsfläche beträgt 111 ha (vgl. Tab. 1). Die Werte der ersten Zeile ergeben sich aus dem Abtrag der flächenhaften Erosion, die Werte der zweiten Zeile aus dem Abtrag der linienhaften Erosion. In der dritten Zeile sind die Gesamtwerte eingetragen.

Boden t	org. C kg	P2 (tot) kg	K (CO <sub>2</sub> ) kg	Ca (CO <sub>2</sub> ) kg	Mg (CO <sub>2</sub> ) kg
35,9	754	46,7	0,9	7,1	0,6
40,5	608	78,2	1,0	8,2	0,5
76,4	1362	124,9	1,9	15,3	1,1

Liegen für ein Gebiet keine solchen Messungen und Erhebungen vor, können durch Analogieschlüsse keine verlässlichen Angaben über die tatsächlichen Abträge gemacht werden. Bei Stoffbilanzierungen müssen vor Ort Abtragsmessungen vorgenommen werden. Der Gebietsabtrag entspricht dem Bodenmaterial, das mehrheitlich aus den Ackerschlägen ausgetragen wird. Umlagerungen innerhalb des Schläges werden nicht berücksichtigt.

## 5 Schätzung des Nährstoffaustrages in Kanalisation und Vorfluter

Das erodierte Bodenmaterial und die transportierten Stoffe werden in Abhängigkeit von Oberflächenabfluss, Transportwegen und Transportverhalten an unterschiedlichen Orten deponiert. Im Bereich der Dolen auf Strassen, Bewirtschaftungswegen und auf Ackerflächen konnten wir bei der Schadenskartierung feststellen, dass das deponierte Bodenmaterial vorwiegend aus der Sandfraktion besteht. Es ist deshalb anzunehmen, dass die Feinfraktion (Ton und Schluff), die organische Substanz und die Nährstoffe grösstenteils in die Kanalisation ausgetragen wurden.

Als Grundlage der Abschätzung diente die Schadenskartierung des Untersuchungsgebietes Suberg-Wiler. Bewertet haben wir den Depositionsort der Erosionsschäden. Ausgezählt wurden 14 Erosionssysteme (Einzelschäden oder zusammenhängende, sich über mehrere Schläge erstreckende Schäden): In acht Fällen (57%) endeten die Systeme auf Bewirtschaftungswegen und Strassen mit Dolen, in einem Fall (7%) in einem Acker mit Dole; in zwei Fällen mündeten sie in einen Bach (14%). Bei 78 Prozent der Erosionsschäden muss demnach in diesem Untersuchungsgebiet mit Stoffaustrag gerechnet werden (vgl. Tab. 5).

Es wurde nur der Nährstofftransport bei messbarer Verlagerung von Bodenmaterial erfasst. Die Nährstoffverlagerung durch schwach erosive Niederschlagsereignisse, zusammen mit spezifischen Düngungsverhältnissen – z.B. nach frischer Güllegabe – konnte beim eingesetzten Messverfahren nicht quantifiziert werden.

Die geschätzten Nährstofffrachten zeigen, dass die Bodenerosion sowohl zur Belastung von Gewässern wie von kommunalen Abwasserreinigungsanlagen beiträgt. Der Einbau von Wassersammlern (Dolen) auf Bewirtschaftungswegen und Strassen zur Ableitung von Oberflächenwasser aus Ackerflächen, Kunst- und Naturwiesen ist des-

Tab. 5 Frachten an organischer Substanz und Nährstoffen aus dem Untersuchungsgebiet Suberg-Wiler (Fläche 111 ha) während der Winterperiode 1986/87 in Kanalisation und Vorfluter (vgl. Tab. 4). Erfasst ist der Stofftransport durch Verlagerung von Bodenmaterial.

Austrag 1) in Dole von	org. C kg	P2 (tot) kg	K (CO <sub>2</sub> ) kg	Ca (CO <sub>2</sub> ) kg	Mg (CO <sub>2</sub> ) kg
Wege/Strassen 1)	776	71,2	1,1	8,7	0,6
Acker 1)	95	8,7	0,1	1,1	0,1
Vorfluter	191	17,5	0,3	2,1	0,2
Total	1062	97,4	1,5	11,9	0,9

halb zu vermeiden. Das Niederschlagswasser hat auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche zu versickern. Insbesondere ist der Einbau von Wassersammlern – Dolen oder Rohre, mit Ableitung in Kanalisation oder Vorfluter – auf Ackerflächen, Kunst- oder Naturwiesen als Erosionsschutzmassnahme abzulehnen. Sie erhöhen sowohl Stoffeintrag als auch die Wasserabflussspitzen.

## Literatur

- Bodenkarte LYSS: *Bodenkarten mit Erläuterungen, im Massstab 1 : 25000*. Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Zürich.
- FAC, Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene 1989. *Methoden für Bodenuntersuchungen*. Schriftenreihe No. 5. Liebefeld-Bern.
- Hudson N. 1981. *Soil Conservation*. Cornell University Press. Ithaca, New York.
- Morgan R.P.C. 1986. *Soil erosion and conservation*. Longman. England.
- Mosimann T. et al. 1990. *Bodenerosion im schweizerischen Mittelland*. Bericht 51 des Nationalen Forschungsprogrammes "Nutzung des Bodens in der Schweiz". Liebefeld-Bern.
- Peterson A.E., Swan J.B. (Ed.). 1979. *Universal Soil Loss Equation: Past, Present, and Future*. Soil Science Society of America, Special Publication Number 8. Wisconsin.
- Rohr W. 1988. Bodenerosion auf Ackerflächen im Untersuchungsgebiet "Lyss": Konzept, Methodik und erste Ergebnisse. *Regio Basiliensis*, 24(1+2).
- Rohr W. 1991. *Bodenerosion auf Ackerflächen im tieferen, moränenbedeckten Molassegebiet des schweizerischen Mittellandes (Untersuchungsregion Seedorf-Grossaffoltern-Rapperswil)*. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel, in Vorbereitung. Basel.
- Schaub D. 1989. *Die Bodenerosion im Lössgebiet des Hochrheintales (Möhliner Feld/Schweiz) als Faktor des Landschaftshaushaltes und der Landwirtschaft*. Dissertation. Physiogeographica 13.
- Schwertmann U., Vogl W., Kainz M. 1987. *Bodenerosion durch Wasser*. Stuttgart.
- Wischmeier W.H. 1976. Use and Misuse of the Universal Soil Loss Equation. *J. of Soil and Water Conservation* 31, 5-9.