

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 27 (1986)
Heft: 1-2

Artikel: Bodenerosion in der Toscana : Schadensmessungen und -kartierungen in einem Testgebiet in den Colline metallifere von September 1984 bis Juni 1985
Autor: Herweg, Karl
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088692>

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>

BODENEROSION IN DER TOSCANA

SCHADENSMESSUNGEN UND -KARTIERUNGEN IN EINEM TESTGEBIET IN DEN COLLINE METALLIFERE VON SEPTEMBER 1984 BIS JUNI 1985

KARL HERWEG

1 Einleitung

Der vorliegende Aufsatz umfaßt Tests, Meßwerte und Erfahrungen des ersten Meßjahres im Rahmen einer Dissertation am Geographischen Institut der Universität Basel¹. Ziel der Arbeit ist eine quantitative Darstellung des Systems "Bodenerosion" bei gleichzeitiger Entwicklung und Erprobung geeigneter Meßmethoden für das nordmediterrane Winterregengebiet der Toscana. Daraus sollen Vorschläge und Tests zu entsprechenden Erosionsschutzmaßnahmen resultieren.

Ferner wird ein Vergleich mit anderen Arbeiten des Geographischen Instituts Basel unter mitteleuropäischen Klimabedingungen möglich (Schmidt 1979, Seiler 1983, Rohrer 1985).

2 Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

2.1 Lage

Das ca. 4,5 km² große Testgebiet liegt im Bergland der Colline Metallifere ("Erzgebirge") der Region Toscana, 35 km nördlich der Stadt Grosseto (Abb. 1).

2.2 Geologie

Kreidezeitliche Formationen der ligurischen eugeosynklinalen Fazies liegen hier als stark verfaltete allochthone Decken, vergesellschaftet mit Ophiolithen vor. Ihr

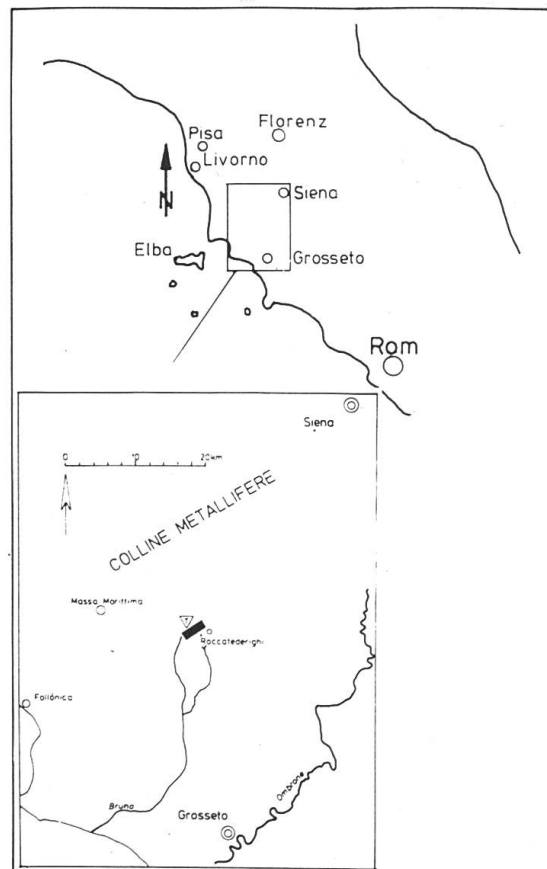


Abb. 1 Lage des Untersuchungsgebietes.

Karl Herweg, Geographisches Institut der Universität Basel, Klingelbergstrasse 16, 4056 Basel

Herkunftsgebiet ist das tyrrhenische bzw. ligurische Becken (*Schönenberg, R.; Neugebauer, J.* 1981⁴, S. 250 ff). Sie setzen sich zusammen aus der Formazione dei Galestri e Palombini, bestehend aus Tonschieferfolgen, kieseligen Kalksteinfolgen und Sandsteinbänken, und der Formazione Argilloso-Arenacea mit Tonschiefern, Silt- und Sandsteinbänken. Sie entstanden als Olisthostrome, d.h. als untermeerische Rutschkörper, die sich synsedimentär bildeten. An der Grenze des Arbeitsgebietes liegt die Staukuppe von Roccatederighi, ein Alkalirhyolith aus einer Serie von sauren Vulkaniten und Intrusionen des Pliozäns, 2,3 Mio. Jahre v.h. (*Pichler* 1970).

2.3 Böden

Die größten Areale nehmen rote und braune Mediterranböden ein. Sie entsprechen den meridionalen bzw. mediterranen Braunerden *Kubienas* (1953, zit. in *Mückenhausen* 1975, S. 487). Sie entwickeln sich je nach Ausgangsgestein aus Rankern, Regosolen, Rendzinen und Pararendzinen. Diese gehen ihrerseits aus Syrosem und Lockersyrosem hervor. Es sind schwach entwickelte, 2 - 5 cm mächtige Ai (i von initial) – Horizonte auf mehr oder weniger verwittertem Ausgangsgestein. Sie sind steinig und flachgründig, Lockersyroseme zum Teil auch tiefgründig. Ihre Standorte sind Erosionslagen in Bergregionen, sie stellen aber auch Initialstadien auf planierten Feldern dar.

Im Testgebiet sind auch die Ranker und Rendzinen gekappte Profile, die auf Kuppen, Rücken und steilen Hängen vorkommen, wo die Erosion einer Weiterentwicklung entgegenwirkt. Regosole und Pararendzinen bilden sich auf kalkfreien bzw. kalkhaltigen Lockermaterialien von Akkumulationsbereichen der Rutschungen aus.

Zusammensetzung und Eigenschaften der Böden spielen für die Bodenerosion eine große Rolle (Erodibilität). Sie sind im Zusammenhang mit den klimatischen Gegebenheiten zu sehen. Der jährliche Wechsel zwischen winterlicher Feucht- und sommerlicher Trockenphase und der hohe Tonanteil (30 - 60% Ton) bewirken zwei völlig unterschiedliche Zustände des Bodens. Im Winter besitzen die Böden ein Kohärentgefüge, hohe Feuchte (3 - 5, nach *Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde* 1982³) und hohe Dichte (Stufe 3 - 5). Im Sommer dagegen bildet sich ein Riß- und Säulengefüge aus, bestehend aus Polyedern und Subpolyedern. Die Dichte der Aggregate ist dann im Schnitt eine Stufe höher, der Boden insgesamt durch das Netz der Trockenrisse aber durchlässiger, die Feuchte liegt nur noch bei Stufe 1 - 2. In beiden Fällen ist die Bearbeitung schwierig.

Die Böden fallen durch ihre zum Teil leuchtend rote und gelbe Färbung auf. An Waldstandorten liegen die pH Werte zwischen 4 und 6 (nach Hellige pH-Meter), die Profile sind in der Regel entkalkt. Auf allen Bodentypen kann in Mulden und ebenen Lagen durch temporäre Vernässung Pseudovergleyung auftreten.

2.4 Klima

Tab. 1 veranschaulicht die klimatischen Verhältnisse des Arbeitsgebietes im Vergleich mit der in Meeresspiegelniveau liegenden Ebene von Grosseto.

Hieraus ergibt sich ein Index I_m nach Thornthwaite (in *Vittorini* 1971);

$$I_m = \frac{100 (\ddot{u} - d)}{E_p}$$

wobei \ddot{u} den Wasserüberschuß und d das Wasserdefizit der hygrischen Bilanz darstellen und E_p die potenzielle Evapotranspiration. Danach wird das Bergland, in dem auch das Arbeitsgebiet liegt, bei I_m -Werten zwischen 20 und 50 als humid (gemäßigtes sommerliches Defizit), die Küstenebene von Grosseto mit I_m -21 als semiarid (geringer winterlicher Überschuß) eingestuft.

Tab. 1 Klimatischer Vergleich des Berglandes der Colline Metallifere mit der Küstenebene von Grosseto

	Bergland	Grosseto
Niederschlag	900 - 1000 mm	660 mm
Defizit	120 - 160 mm	> 280 mm
Überschuß	400 - 450 mm	< 100 mm
potenzielle Evapotranspiration	750 mm	> 825 mm
I_m	20 - 50	-21

in *Vittorini* 1971

mittlere Dauer der Trockenzeit	60 - 100 Tage	100 - 120 Tage
--------------------------------	---------------	----------------

in *Rother* 1984, S. 38

2.5 Geomorphologie

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in Höhenlagen zwischen 300 und 600 m ü. NN, nur 10 km von der in Meeresspiegelniveau liegenden Ebene entfernt. Das Gelände ist sehr stark zertalt, charakteristisch sind viele Kuppen und schmale Rücken. Die Talanfänge sind Mulden mit maximal 100 - 200 m Durchmesser, unter Wald von vielen kleinen Rinnen und Gräben zerschnitten, die unmittelbar in Kerbtäler übergehen. Typisch für diese Kerbtäler sind die durch Abrißnischen geprägten Flanken, denen flachere Akkumulationsbereiche vorlagern. Rutschungen dieser Art werden begünstigt durch die Quell- und Schrumpfdynamik der Böden. Der jahreszeitliche Wechsel zwischen Feucht- und Trockenzeit führt dann zur Rißbildung, zu raschem Eindringen von Wasser und zum Ableiten von größeren Mengen Materials. Solche Massenbewegungen werden auch dadurch verursacht, daß beim Straßen- oder Hausbau durch Ausschachten die Widerlager für den darüber liegenden Hang entfernt werden.

Die Talsohlen sind meist schmal, die Bachbetten fallen bis auf die größeren im Sommer trocken. Hangneigungen von 15 - 35° weisen mehr als 40% der Gesamtflächen auf, und nur 15% sind flacher als 7°. Wölbungsradien sind in der Regel kleiner als 300 m.

2.6 Vegetation

Das Landschaftsbild der Bergregion ist von der Macchia geprägt. Zu deren Baumformation gehören die immergrüne Steineiche (*quercus ilex*), die laubabwerfende Zerreiche und Flaumeiche (*quercus cerres* und *quercus pubescens*), häufig auch Hainbuche (*carpinus betulus*) und Rotbuche (*fagus silvatica*). Auf vulkanischem Gestein findet man Kastanienwälder (*castanea sativa*). Von der Strauchgesellschaft seien nur die häufigsten Vertreter genannt: Zistrosen (*cistaceae*), Wacholder (*iuniperus communis*), Erdbeerbaum (*arbutus unedo*), Besenginster (*sarothamnus scoparius*), Lorbeer (*lauris nobilis*), Kirschlorbeer (*prunus laurocerasus*), Stechpalme (*ilex aquifolium*), Mäusedorn (*ruscus aculeatus*) und Baumheide (*erica arborea*). Verbreitet sind auch nahezu undurchdringliche Hecken und Waldstücke aus Brombeeren (*rubus fruticosus*), Kirschlorbeer und weißer Waldrebe (*clematis vitalba*). Die Macchia ist Sekundärvegetation (Rother 1984, S. 79), d.h. eine Pflanzengesellschaft, die durch menschlichen Eingriff entstand. Ursprüngliche Bestände wurden gerodet und der Wald durch Niederwaldwirtschaft im Stadium der Macchia gehalten. Olivenbäume treten bis zu einer Höhe von 450 m ü. NN auf, eine lange Frostperiode im Januar 1985 (bis -12° C) hat allerdings die Olivenhaine zum Teil stark dezimiert.

2.7 Kulturlandschaft

Die menschliche Einflußnahme auf den Landschaftshaushalt in Form von Rodungen begann bereits in der Antike. Eine letzte große Phase der Entwaldung folgte im 19. Jh. (Rother 1984, S. 90). Das Arbeitsgebiet grenzt an einen der waldreichsten Teile der Toscana, in dem die Macchien und die Niederwaldwirtschaft das Bild bestimmen. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen dienen zu 50% dem Getreideanbau (Hafer, Gerste, Weich- und Hartweizen), die restlichen 50% sind Wiesen und Weiden. Die meisten Betriebe sind Neben- und Zuerwerbsbetriebe, während der Haupterwerb der Bevölkerung im Bergbau liegt (z.B. Pyritminen von Bocchegiano).

3 Das Problem der Bodenerosion

3.1 Meßmethodik

Grundlage für die Erfassung der Bodenerosion sind die von Schmidt (1979), Seiler (1983) und Rohrer (1985) entwickelten und erweiterten Arbeitsweisen. Einen Überblick über Methoden und Geräte gibt Seiler (1980). Sie wurden unter mitteleuropäischen Klimabedingungen am Hochrhein, im Jura und im Napf-Hügelland angewendet und bedürfen damit natürlich einer Modifizierung zum Einsatz in einem Winterregengebiet. Die Verhältnisse dort bringen zwangsläufig eine Vereinfachung und Vergrößerung der Methoden mit sich (siehe hierzu auch Leser 1983, S. 20), angepaßt an die hohen Niederschlagsmengen und Intensitäten. Arbeiten von Hurni (1979) sowie Seiler und Bono (1983, 1984 a, b, c) in Äthiopien zeigen, daß für konkrete Fragestellungen mit solchen Arbeitsweisen praktikable Lösungen gefunden wurden und quantitative Aussagen erreicht werden.

Die niederschlagsreichste Zeit fällt in die Herbst- und Wintermonate mit einem Maximum während der Monate September/Oktober, d.h. genau in die vegetationslose Zeit. Es fallen enorme Wasser- und Materialmengen an, die bewältigt werden müssen und große Auffanggefäße erfordern. Zum anderen müssen diese, will man sie möglichst über den gesamten Zeitraum einsetzen, schnell ein- und ausbaubar sein, je nach Bearbeitung der Felder, was die Größe wiederum einschränkt. An diesem Beispiel soll gezeigt werden, daß der Einsatz der Geräte unter realen Ackerbedingungen nicht vorab entschieden werden kann, sondern erst ausprobiert werden muß.

Das Verfahren, das sich letztlich aus einer Vielzahl von Faktoren ergibt, die berücksichtigt werden müssen, z.B. klimatische, technische Faktoren sowie personeller und finanzieller Aufwand, aber auch die Bereitschaft der Landeigner, gliedert sich in 3 verschiedene Teilbereiche. Sie beinhalten die Untersuchung der Parameter, die den Erosionsprozeß steuern, und den Bodenabtrag als Resultat des Prozesses.

3 1 1 Die Testfläche

Die Basisstation besteht aus 4 Parzellen, 3 davon mit den Maßen 1 x 10 m und eine mit 1 x 20 m. Die Neigung beträgt an dieser Stelle 11°. Abflußwasser und erodiertes Material werden in Sammelbehältern aufgefangen. Folgende Parameter werden weiterhin an der Testfläche untersucht: Niederschlag (Menge, Dauer, Intensität), Luftfeuchtigkeit und -temperatur, Verdunstung, Windrichtung und -geschwindigkeit, Bodenfeuchte, Bodentemperatur, Versickerung und in Zukunft Splashwirkung.

Die so ermittelten Werte gelten zunächst einmal nur für die Situation der Testfläche. Es lassen sich allerdings die grundsätzlichen Verflechtungen und Wechselwirkungen zwischen den Systembestandteilen Boden, Bodenbearbeitung, Bodenbedeckung, Bodenfeuchte, Niederschlagsverhalten sowie Abfluß- und Abtragsverhalten beschreiben. Die Parzellen wurden mit Weizen, Gerste und einer Gräsermischung besät.

3 1 2 Flächenhafte Erfassung der Prozeßparameter

Um zu flächenhaft gültigen Aussagen zu gelangen, muß eine zunehmende Ungenauigkeit in Kauf genommen werden, verglichen mit der Datenaufnahme an der Testfläche. Welche Faktoren ändern sich im Vergleich zur Basisstation im übrigen Gelände und wie sind die Änderungen zu messen bzw. darzustellen? Dazu sind folgende Vorschläge zu machen.

Die Verschiedenheiten des Reliefs, wechselnde Hangneigungen, Hangformen, lassen sich gut in einer geomorphologischen Detailkarte dokumentieren. Hierbei ist der Maßstab 1 : 5 000 der Gebietsgröße und der angestrebten Aussagegenauigkeit angeglichen. Die Karte enthält nur morphographische Aspekte wie Neigung, Wölbung, Stufen, Kanten und Böschungen, Rauheit. Hydrographische und andere Angaben sind gesondert festgehalten. Das Baukastenprinzip der Legende der GMK 25 ist unter Berücksichtigung der Maßstabsänderung sehr gut zu verwenden.

Eine Karte der Bodentypen, ebenfalls im Maßstab 1 : 5 000, ist aufschlußreich, für die Thematik "Bodenerosion" aber nicht ausreichend. Interessanter sind eine Substratkarte, Angaben über Bo-

denmächtigkeiten und eine Erodibilitätskarte. Letztere stellt die Erodierbarkeit des Bodens dar und gibt den K-Faktor der allgemeinen Bodenverlustgleichung (*Usle* nach *Wischmeier* und *Smith* 1978) wieder. Der K-Faktor ergibt sich aus einer Kombination von 5 Meßgrößen

- % Sand
- % Schluff und Feinstsand
- % organische Substanz
- Aggregatsgrösse
- Permeabilität.

Näheres dazu beschreibt *Arnoldus* (1977). Die Karte wird möglicherweise räumlich nur wenige unterschiedliche K-Werte ergeben, bedingt durch den jahreszeitlichen Zustandswechsel der Böden aber in eine Sommer- und eine Winterkarte aufgeteilt werden.

Mehrmals im Jahr wird die Nutzungsänderung aufgenommen. Weitere Regenmesser sollen einen eventuellen Unterschied in der räumlichen Niederschlagsverteilung feststellen.

3 1 3 Flächenhafte Ermittlung der Bodenabtragswerte

Einen Schwerpunkt in der Abtragsmessung bildet die Schadenskartierung unter Verwendung der Legende von *Schmidt* (1979, Anhang). Die Aufnahme sollte möglichst nach jedem Niederschlagsereignis erfolgen. Die Fülle der bislang kartierten Formen macht das jedoch unmöglich. Hinzu kommt, daß im Frühjahr hochstehendes Getreide die Felder nicht mehr übersehbar macht. Hier ist eine Auswahl von Stellen, die immer zugänglich sind, erforderlich. Es ist klar, daß mit der Schadenskartierung nur das Ausraumvolumen der Formen bestimmt wird. Das flächenhaft abgespülte Material der Zwischenräume bleibt unberücksichtigt. Um diese Lücke zu füllen, muß die Kartierung entweder mit Erosionsmeßstäben oder Auffangkästen (Feldkästen) kombiniert werden. Feldkästen haben den Vorteil, daß sich damit Einzelereignisse registrieren lassen, bringen aber das Problem der Einzugsbereichsabgrenzung mit sich.

Erosionsmeßstäbe wurden über ein halbes Jahr getestet, sind aber kaum brauchbar. Bei den Kontrollstäben in den Testparzellen ergaben sich viel zu hohe Werte. Eine der Fehlerquellen ist bei der Trockenrißbildung zu suchen, bei der die Meßstäbe verstellt werden. Unter "natürlichen" landwirtschaftlichen Bedingungen ist es nicht möglich, das gesamte Erosionsgut aufzufangen. Man erhält durch die beschriebene Kombination aber Mindestbeträge als Richtwerte.

3 2 Bodenerosion im Untersuchungsgebiet

Der Beobachtungszeitraum umfaßt die Monate September 1984 bis Juni 1985. Erosionsgefährdet sind alle vegetationsfreien Flächen, im besonderen alle Ackerflächen, Weinberge und auch die im Rahmen der Niederwaldwirtschaft ausgeholzten Waldparzellen. Die Zeit, in der die Vegetation noch keinen ausreichenden Schutz bietet, fällt in das Niederschlagsmaximum in Herbst und Winter.

Zur Ausscheidung der räumlichen Verbreitung der Bodenerosion dienten erste Schadenskartierungen und später Bodenmächtigkeitsangaben. Bei letzteren ist zu beachten, daß aufgrund des stark verfalteten Untergrundes bei häufigem Wechsel des Ausgangsgesteins



Abb. 2 Linienhafte Erosionsschäden



Abb. 3 Grabenerosion

auch die Bodentypen und die Mächtigkeiten auf engstem Raum wechseln. Auch ist mit Pürkhauerbohrungen nicht immer eindeutig eine Unterscheidung zwischen Bv- und Cv-Horizonten zu treffen. Immerhin sind Tendenzen zu erkennen, d.h. die Profile mit geringster Mächtigkeit häufen sich im Bereich von Kuppen, Rücken, konvexen und gestreckten Oberhängen, mächtigste Profile an konkaven Unterhängen, am Hangfuß und in Mulden.

Das ist so zu erklären, daß Kuppen und Oberhänge fast immer einen Materialverlust erleiden, aber kein Material zugeschwemmt wird, wogegen in unteren Hangbereichen je nach Dauer und Intensität des Regens sowohl erodiert als auch akkumuliert wird.

Linienhafte Erosionsschäden (Abb. 2 und 3) beginnen meist unterhalb der konvexen Oberhänge. Verbreitet sind Rillen von durchschnittlich 12 x 14 cm Breite und Tiefe sowie Rinnen in Größenordnungen von 20 x 30 cm. Die Längen sind je nach Feld unterschiedlich. Stellenweise findet auch Grabenerosion (40 x 60 cm) statt.

Oft treten die Gräben dort auf, wo Oberflächenwasser von außerhalb auf den Acker fließen. Dabei wird u.U. das Anstehende freigelegt. Das Netz der linienhaften Formen kann sehr dicht sein, flächenhafte Verspülungen treten ebenfalls *überall* auf. Massenbewegungen, wie sie Abb. 4 zeigt, sind auf den in Abschnitt 2 5 beschriebenen Mechanismus zurückzuführen. Sie kündigen sich zum Teil durch Trockenrisse an, oft gibt es auch gar keine Anzeichen.

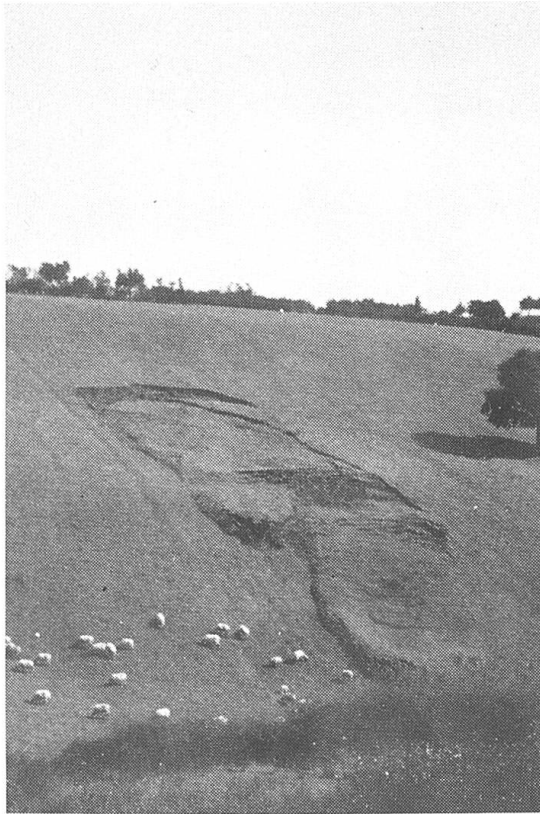


Abb. 4 Massenbewegungen

Ein Vergleich älterer Luftbilder mit neuen Nutzungskarten zeigt den Rückgang ackerbaulich genutzter Areale. Abb. 5 zeigt ein Gelände, in dem der Boden völlig erodiert ist und die Verbuschung nur langsam oder gar nicht fortschreiten kann.

Wie kann nun der gemessene Bodenabtrag bewertet werden? Die Schadenskartierung ergab Verluste von $2 \text{ m}^3/\text{ha}$ bis zu $69 \text{ m}^3/\text{ha}$ je nach Feld, in einer Zeit zwischen Oktober und Januar. Nicht erfaßt sind hier die Schäden vom September und die vergleichsweise geringen Verluste vom Frühjahr 1985. Die Gefährdung ist allerdings damit nicht ausreichend charakterisiert, weil die Meßwerte nur den minimalen Gesamtverlust, umgerechnet auf 1 Hektar, nicht aber die Umlagerung innerhalb des Feldes widerspiegelt. Ausschlaggebend sind m.E. diejenigen Partien, die die geringste Bodenmächtigkeit aufweisen und als erste völlig erodiert werden könnten, damit also die weitere Nutzung des gesamten Feldes in Frage stellen würden.

Die an diesen Stellen gemessenen Werte der Erosionsmeßstäbe müssen als zu hoch angesehen werden und können leider nicht herangezogen werden. Feldkastenmessungen liegen noch nicht vor. In der Regel sind diese Partien an den Kuppen und Oberhängen zu suchen und stellen häufig die Situation der Testparzellen dar, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:



Abb. 5 Flurwüstung infolge Bodenerosion

1. Die maximale Entfernung von dem Punkt, an dem der Abfluß beginnt, d.h. von der Wölbungslinie, darf nicht länger als 10 bzw. 20 m sein.
2. Die Neigung muß zwischen 10° und 13° liegen.
3. Die Struktur des Bodens muß mit der der Testfläche vergleichbar sein.

Es ist selbstverständlich, daß die Abtragswerte der Testparzellen für einzelne Ereignisse nicht übertragen werden können.

Die Jahressumme kann aber zumindest als Anhaltspunkt dienen, um abzuschätzen, welche Abtragsleistungen zu erwarten sind (Tab. 2). In Zukunft sollen Feldkästen an diesen Positionen installiert werden.

Tab. 2 Abtragssummen der Testparzellen von 9/84 bis 6/85

Parzelle	P 1	P 2	P 3	P 4
Abtrag in ltr. Boden pro m ²	16,82	11,64	19,14	13,76

1 Liter pro m² entspricht einer Höhe von 1 mm. Die gemessenen 11,64 bis 19,14 mm Niveauveränderung der Bodenoberfläche pro Jahr unterstreichen bei Bodenmächtigkeiten von 20 - 40 cm die Dringlichkeit, mit der Schutzmaßnahmen ergriffen werden müssen.

3.3 Niederschlags- und Abtragsverhalten an der Testfläche

Die Erosivität, d.h. die Erosionsfähigkeit der Niederschläge, läßt sich mit deren Menge, Dauer und Intensität beschreiben. Darüber hinaus ist die Anfangsbodenfeuchte zu Beginn eines Niederschlags von Bedeutung. Während der Wintermonate lag der Wasseranteil im Boden zwischen 24 und 30 Gew. %, im Juni nur noch bei 8 - 12 Gew. %. Die zuvor genannten Faktoren (Erosivität und Bodenfeuchte) werden durch die Wirkung des Bearbeitungszustandes und der Bodenbedeckung durch Vegetation überlagert. Ereignisse lassen sich ferner niemals einzeln betrachten, sondern sind immer in Verbindung mit vorausgegangenen, also als Folgeereignisse zu sehen.

Die folgenden Tabellen 3 und 4 geben einen Einblick in die zeitliche Niederschlagsverteilung während der Meßperiode und das Abtragsgeschehen.

Tab. 3 Monatliche Niederschlagssummen im Testgebiet

Monat	mm Niederschlag
9/84	307,6
10/84	168,8
11/84	128,7
12/84	18,5
1/85	189,6
2/85	24,1
3/85	175,9
4/85	6,1
5/85	98,0
6/85	14,8

Tab. 4 Ausgewählte Niederschlagsereignisse auf den Testparzellen

	Niederschlag			Bodenabtrag in Ltr. Boden/m ²	Bodenoberfläche
	Menge mm	Dauer Std./Min	I 30 mm/h		
1)	27,2	3,40	15,0	---	rau (grob bearb.)
	15,7	5,20	11,4	---	
	28,4	9,05	20,0	---	
	16,5	5,45	20,0	---	
2)	52,3	9,30	60,0	1,78 - 1,90	eingeebnet/geeggt
	73,8	8,30	40,0	2,67 - 4,27	
	30,2	8,00	25,0	0,73 - 1,65	
	5,0	4,30	6,8	0,02 - 0,04	
	33,0	2,30	23,2	2,27 - 2,75	
	36,1	7,40	12,6	0,94 - 3,13	
3)	42,0	7,50	22,0	0,20 - 0,85	
	27,8	6,30	8,3	0,73 - 1,27	
	16,2	2,40	14,0	0,30 - 1,00	
	39,3	10,00	10,0	0,92 - 1,90	
	47,2	36,00	3,4	0,10 - 0,20	
	48,7	15,20	9,0	0,10 - 0,50	
4)	28,6	17,30	6,4	0,001 - 0,002	pflanzl. Bedeck. wird relevant
	21,0	14,30	17,6	0,001 - 0,004	
	13,0	2,50	16,0	0,001 - 0,01	

I 30 ist die maximale 30 Minuten Intensität, ausgedrückt in mm/h. Die Bodenabtragswerte geben den niedrigsten und den höchsten gemessenen Betrag von jeweils 4 Parzellen an.

Die Daten der Testfläche liefern den Zusammenhang der Faktoren im System Bodenerosion. Die Periode September 84 bis Juni 85 kann in 4 verschiedenen Phasen mit unterschiedlichen Charakteristiken unterteilt werden.

Phase 1 vom 1.9. - 21.9.84

Der rauhe Zustand der Bodenoberfläche simuliert die grobe Bearbeitung der Felder in dieser Zeit. Er bewirkt, daß das Material, das durch die Splash-Wirkung der Regentropfen zerschlagen und zum Transport vorbereitet ist, sich immer wieder ablagert. Umlagerung und Verlust sind anfangs gleich null. Selbst relativ ergiebige und intensive Regen zeigen keine Wirkung.

Phase 2 vom 22.9. - 11.10.84

Diese Periode ist durch eine rasche Abfolge von Starkregen mit den höchsten Mengen und Intensitäten gekennzeichnet. Die Ereignisse der 1. Phase haben die Bodenoberfläche allmählich eingeebnet, sodaß sie ihre Schutzfunktion verliert und es zu hohen Abträgen kommt.

In relativ kurzer Zeit folgen 5 Ereignisse über 30 mm Menge und mit Intensitäten über 10 mm/h (I 30). Der zeitliche Abstand der Einzelniederschläge liegt zwischen 7 und 66 Stunden. Dadurch wird genügend Material für den Abtrag "präpariert", sodaß selbst 5 mm Regenmenge Erosionsgut liefert.

Phase 3 vom 12.10.84 - 9.2.85

Eine relativ lange Zeit, in der nur 5 Niederschläge über 30 mm fallen, weitere 2 zwischen 20 und 30 mm und 3 zwischen 10 und 20 mm. Die Intensitäten sind insgesamt geringer, die Abtragsmengen ebenfalls, die Bodenoberfläche wurde geeeggt und ist mit der zweiten Phase vergleichbar.

Die Schneeschmelze im Januar 85 (in diesem Raum wohl kaum die Regel) zeigte keine besondere Wirkung.

Phase 4 vom 10.2. - 30.6.85 (Ende der Meßperiode)

Ab Februar wirkt sich die aufkommende Bodenbedeckung durch die Vegetation natürlich erosionshemmend aus (siehe auch *Dieckmann* u.a. 1985), bis Anfang Mai werden aber auch nur noch 5 Niederschläge zwischen 20 und 30 mm und 4 zwischen 10 und 20 mm registriert. Die 130 liegt nur 2 mal über 10 mm/h. Entsprechend niedrig fallen die Abtragsmengen aus.

Die 3 gleich großen Parzellen weisen oft bei gleichem Niederschlagsverhalten Unterschiede auf. Meist, aber nicht immer, handelt es sich dabei um Schauer oder Dauerregen mit nur wenigen Starkregenphasen. Die Ursache ist weder an der Meßeinrichtung noch an der Parzellenbegrenzung bzw. am Ablaufblech zu erkennen. Sie liegt m.E. an kleinen Unterschieden in der Bodenoberfläche. Diese entstehen zum einen während der Bearbeitung, zum anderen konnte beobachtet werden, daß Erosions- und Akkumulationsprozesse auf engstem Raum immer wieder wechseln und die Oberfläche neu gestalten.

Das Substrat auf der Testfläche setzt sich zusammen aus 21,1% Sand, 43,1% Schluff und 35,8% Ton, der Gehalt an gröberen Bestandteilen schwankt zwischen 6,3 und 11,4%. Mit der Tiefe nimmt der Sandanteil ab, der Tonanteil zu, die Schluffmenge bleibt in etwa gleich. Das Erosionsgut besteht je nach Ereignis aus 10 - 30% Sand, 40 - 60% Schluff und 20 - 40% Ton.

3 4 Bodenerosionsschutz

Für die ansässigen Landwirte ist die Bodenerosion zwar sichtbar, aber nicht abschätzbar. Es wird nicht erkannt, daß sie zum Problem werden könnte. Schutzmaßnahmen sind daher auch nicht üblich. Zwar findet man noch terrassierte Hänge, aber jene Felder, die maschinell bearbeitet werden, sind weitgehend ungeschützt, meist auch die Weinberge. Üblich sind Wasserfanggräben, sogenannte Solchi, die, wenn sie den Abfluß wirklich bremsen und das Material auffangen sollen, mit einem Gefälle angelegt werden müßten, das geringer als die allgemeine Hangneigung ist. In vielen Fällen ist das nicht der Fall. Die anfangs 20 - 40 cm tiefen Furchen verlaufen zu steil und weiten sich im Laufe eines Winters leicht zu Gräben aus, die das Anstehende freilegen.

Die Frage ist nun, welche Schutzmaßnahmen vorgeschlagen werden können, d.h. für die Bevölkerung finanziell und vom Arbeitsaufwand her durchführbar sind. Unter welchen Bedingungen wird Bodenerosion gefördert, wo kann der Erosionsschutz ansetzen? Dazu einige Bemerkungen. Die Bodenbearbeitung erfolgt oft mit schweren Raupenschleppern, was die weitere Verdichtung zur Folge hat. Eine höhenlinienparallele Bearbeitung ist aufgrund der steilen Neigungen oft nicht möglich. In der vegetationslosen Periode ist der Boden nur am Anfang eine kurze Zeit durch das grobe Umpflügen geschützt. Nach der Saat besteht die größte Gefahr, Mulchung ist nicht üblich. An Weinbergen fehlt eine Gras- oder Kleebedeckung.

In zwei weiteren Meßjahren sind auf der Testfläche Experimente mit einfachen Erosionsschutzmaßnahmen vorgesehen. Ferner soll anhand einer Liste, die alle möglichen Schutzvorkehrungen enthält, bei den Landwirten geklärt werden, was überhaupt praktikabel ist. Diese Auswahl wird dann in Form einer Broschüre zusammengefaßt und genauer erläutert. Damit sollen dann alle Betroffenen erreicht werden.

ANMERKUNGEN

- ¹ Besonderer Dank gilt hier dem Schweizerischen Nationalfonds, der diese Arbeit unterstützt, sowie Frau Dr. E. Pongratz für die Bereitstellung eines großen Teils des Interumentariums und der Unterkunft.

RÉSUMÉ

L'article traite d'une étude quantitative du système d'érosion des sols sur un territoire-témoin de 4,5 km² en Toscane. La méthode de mesure a été élaborée par l'Institut de Géographie de l'Université de Bâle depuis 1975; elle subit ici une modification qui est conditionnée par le terrain et adaptée aux régions septentrionales de la Méditerranée avec régime des pluies d'hiver. Ce sont en priorité les données climatiques et pédologiques qui sont déterminantes pour le choix des méthodes d'investigations mises en oeuvre.

L'étude se place à plusieurs niveaux. Une surface-témoin implique le plus grand nombre possible de conditions marginales, où le processus d'érosion peut être étudié avec le maximum de précision. Elle fournit également des données sur la corrélation existant entre les précipitations et l'usure du terrain. Dans le reste du terrain, on cartographie les principaux paramètres du processus, ainsi que les mesures d'érosion.

Les premiers résultats chiffrés et cartographiés disponibles concernent la période de septembre 1984 à juin 1985. Sont ainsi mis en évidence les secteurs où protection des sols peut s'appliquer. On cherche à tester les méthodes d'application, à informer les exploitants agricoles sur le problème de l'érosion des sols et de ses remèdes.

Résumé: K. Herweg

Traduction: P. Meyer

LITERATUR

- Arnoldus, H.M.J. (1977): Predicting Soil Losses due to Sheet and Rill Erosion. FAO Conservation Guide, Rome, 99-123
- Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde (1982³): Bodenkundliche Kartieranleitung, Hannover, 331 S.
- Bono, R. und Seiler, W. (1983): The Soils of the Suke Harerge Research Unit (Ethiopia) — Soil Conservation Research Project (SCRIP), Research Report 2, 44 p.
- Bono, R. und Seiler, W. (1984a): The Soils of the Andit Tid Research Unit (Ethiopia) — SCRIP Res. Rep. 3, 80 p.
- Bono, R. und Seiler, W. (1984b): Suitability of the Soils in the Suke Harerge and Andit Tid Research Units (Ethiopia) for Contour Bunding — SCRIP Res. Rep. 4, 19 p.
- Bono, R. und Seiler, W. (1984c): Erodibility in the Suke Harerge and Andit Tid Research Units (Ethiopia) — SCRIP Res. Rep. 5, 21 p.
- Dieckmann, H., u.a. (1985): Die Vegetation als Steuerfaktor der Erosion — Geoökodynamik, Bd. 6, H. 1/2, Darmstadt, 121-148

- Hurni, H.* (1979): Semien Ethiopien: Methoden zur Erfassung der Bodenerosion — *Geomethodica*, Vol. 4, Basel, 151-182
- Leser, H.* (1983): Bodenerosion als methodisch-geoökologisches Problem — *Geomethodica*, Vol. 8, Basel, 6-22
- Mückenhausen, E.* (1975): Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen, Frankfurt/Main, 579 S.
- Pichler, H.* (1970): Italien, Vulkangebiete I — *Samml. Geol. Führer*, 51, 52-56
- Rohrer, J.* (1985): Quantitative Bestimmung der Bodenerosion unter Berücksichtigung des Zusammenhanges Erosion — Nährstoff — Abfluß im oberen Langete Einzugsgebiet (Napfgebiet östlich Langnau) — *Physiogeographica*, Bd. 6, Basel, (in Vorber.)
- Rother, K.* (1984): Mediterrane Subtropen — *Geographisches Seminar Zonal*, Braunschweig, 207 S.
- Schmidt, R.G.* (1979): Probleme der Erfassung und Quantifizierung von Ausmaß und Prozessen der aktuellen Bodenerosion (Abspülung) auf Ackerflächen — *Physiogeographica*, Bd. 1, Basel, 240 S.
- Schönenberg, R. und Neugebauer, J.* (1981⁴): Einführung in die Geologie Europas, Freiburg, 340 S.
- Seiler, W.* (1980): Meßeinrichtungen zur quantitativen Bestimmung des Geoökofaktors Bodenerosion in der topologischen Dimension auf Ackerflächen im Jura (südöstlich Basel) — *Catena*, Bd. 7, 233-250
- Seiler, W.* (1983): Bodenwasser- und Nährstoffhaushalt unter Einfluß der rezenten Bodenerosion am Beispiel zweier kleiner Einzugsgebiete im Basler Tafeljura bei Rothenfluh und Anwil — *Physiogeographica*, Bd. 5, Basel, 510 S.
- Signorini, R.* (1967): Carta Geologica d'Italia 1 : 100 000 — Foglio 120 Siena
- Vittorini, S.* (1971): Ricerche sul Clima della Toscana in Base all'Evapotraspirazione Potenziale e al Bilancio Idrico — *L'Erosione del Suolo in Italia e i suoi Fattori*, V, Pisa, 30 p.
- Wischmeier, W.H. und Smith, D.D.* (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses — *USDA, Agricult. Handbook No. 537*, Washington D.C., 58 p.

