

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 29 (1988)
Heft: 1-2

Artikel: Bodenerosion im schweizerischen Mittelland : erste Ergebnisse des Projektes "Bodenerosion in der Schweiz" im nationalen Forschungsprogramm "Nutzung des Bodens"

Autor: Mosimann, Thomas

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088762>

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: 14.01.2026

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

BODENEROSION IM SCHWEIZERISCHEN MITTELLAND

ERSTE ERGEBNISSE DES PROJEKTES "BODENEROSION IN DER SCHWEIZ" IM NATIONALEN FORSCHUNGSPROGRAMM "NUTZUNG DES BODENS"

THOMAS MOSIMANN

1 Einleitung – Bodenerosionsforschung im Nationalen Forschungsprogramm "Nutzung des Bodens"

Bodenerosionsforschung wird in der Schweiz seit 1976 betrieben. Vor allem das Geographische Institut der Universität Basel hat mit Schwerpunkt im Jura eine ganze Reihe von Untersuchungen durchgeführt (*H. Leser* 1986, zusammenfassender Bericht) und verfügt über wertvolle längerfristige Messreihen. In jüngerer Zeit sind aber auch in der Welschen Schweiz (Jorat, Kanton Waadt) einige Arbeiten entstanden oder im Gange (z.B. *J.P. Viani* 1986, *A. Grub* 1985, *J.A. Neyroud* und *G. Christinet* 1986). Auf der Praxisseite liegen z.B. langjährige Untersuchungen der Forschungsanstalt Changins zur bodenschonenden Bearbeitung vor (*A. Vez* 1985, *A. Maillard* 1985). Von besonderer Bedeutung für Mitteleuropa sind auch die Arbeiten von *U. Schwertmann* und Mitarbeiter und des Geologischen Landesamtes in Bayern (z.B. *K. Auerswald* und *F. Schmidt* 1986). Der Bodenerosionsprozess ist also unterdessen in Mitteleuropa recht gut bekannt, und für den Bereich der Schweiz bestehen für das Juragebiet weitgehende Kenntnisse über durchschnittliche und extreme Abtragsbeträge. Die wichtigsten Charakteristika der Bodenerosion wurden durch die Grundlagenforschung klargestellt: Hohe Variation von Schlag zu Schlag, Abtragsmengen stark durch Extremereignisse bestimmt, vorwiegend Materialumlagerung in Kleineinzugsgebieten bei geringem Austrag mit dem Vorfluter, erosionsauslösende Niederschlagsarten, vorkommende Erosionstypen, usw. Die Erosionsfaktoren sind gut bekannt.

Obwohl die Bodenerosion auch in der Schweiz deutlich über der Bodenneubildungsrate liegen kann und damit langfristig fruchtbare Ackerland zerstört, wurde sie lange von den Praktikern unterschätzt und vielerorts nicht als Problem wahrgenommen. Erst in den letzten Jahren hat sich dies geändert. Der Grund für diese verstärkte Wahrnehmung liegt wohl weniger in der Kenntnisnahme der Ergebnisse wissenschaftlicher Messungen als in der Tatsache, dass die Zunahme der Erosionsformen bzw. -schäden offensichtlicher geworden ist. Die Zunahme der Abtragsschäden im Mittelland, die wegen der grossen Variation allerdings örtlich sehr unterschiedlich ist, bestreitet heute kaum jemand, und auch die Hauptgründe sind mehr oder weniger klar:

- Ausdehnung der offenen Ackerfläche und starke Zunahme des Maisanbaues,
- Vergrösserung der Schläge für eine rationelle Bewirtschaftung,
- Mechanisierung mit der Folge von Strukturschäden,
- teilweise ungenügende Abflussregulierung in flurbereinigten Gebieten.

Viele Bauern sind sich des Problems "Bodenerosion" bewusster geworden und durchaus gewillt, von Fall zu Fall Gegenmassnahmen zu ergreifen. Vermehrte Anfragen an die Beratungsdienste bestätigen dies. Die möglichen Gegenmassnahmen sind an sich bekannt. Es existieren eine ganze Reihe Erosionsbekämpfungsmöglichkeiten, die von der geänderten Bodenbearbeitung und Fruchtfolge, besonderen Kulturmassnahmen (Zwischen- und Untersaat), der Einsaat von Grünstreifen bis zur technischen Abflussregulierung und Entwässerung reichen. Gezielte Empfehlungen sind im Einzelfall jedoch gar nicht so einfach, weil z.B. die Bekämpfungsmassnahmen auch in einem vernünftigen Kosten-Nutzen-Verhältnis stehen müssen. Folgende Gründe erschweren die Beratung:

1. Ausmass und Verbreitung der Bodenerosion sind für die schweizerischen Hauptackerbaugebiete im Mittelland zu wenig bekannt. Die bestehenden Daten aus dem Jura (*H. Leser* und Mitarbeiter) können wegen völlig anderer Bodenverhältnisse nicht aufs Mittelland übertragen werden.
2. Die Standorts- und Nutzungsbedingungen, unter denen die Bodenerosion ein die Bodenfruchtbarkeit schädigendes Ausmass annimmt, sind nicht definiert. Diesem Punkt kommt aber als Grundlage für Empfehlungen grosse Wichtigkeit zu, da die Bodenerosion kleinräumig viel stärker variiert als grossräumig.
3. Die gebräuchlichen Schätzverfahren sind nur beschränkt oder für die Abschätzung der durch Rillen-/Rinnenspülung dominierten Bodenerosion, die auf Äckern des Mittellandes mit ihren vielfältigen Kleinformen zum Teil bedeutend ist, überhaupt nicht tauglich.
4. Der Einsatz pflanzenbaulicher Massnahmen zur Erosionsbekämpfung war bisher noch erschwert, weil die Nebeneffekte (Saat der Nachfrucht, Beeinflussung des Ertrages der Nachfrucht) ungenügend bekannt sind.
5. Das bisher bekannte Wissen zur Bodenerosion in der Schweiz wurde wegen mangelnder Kapazität im Forschungsbereich bisher nicht in einer für den Praktiker direkt verwertbaren Form umgesetzt. Es fehlen handbuchartige Unterlagen.

Aus diesen wenigen Punkten wird klar, wo das Nationale Forschungsprogramm "Nutzung des Bodens" mit dem Projekt "Bodenerosion" ansetzt. Die Ziele der rund 3 1/2 Jahre dauernden Forschungsarbeiten sind:

1. Erfassung der Verbreitung und Abschätzung des Ausmasses der Bodenerosion in Ackerbaugebieten des Mittellandes. Schätzung standorts- und nutzungstypischer Abtragsbeträge.
2. Definition von Standorts- und Nutzungsbedingungen, unter denen Gegenmassnahmen gegen die Bodenerosion ergriffen werden müssen.
3. Ausarbeitung eines für die Schweiz geeigneten Gegenmassnahmenkataloges unter Berücksichtigung der innerhalb des Projektes durchgeföhrten pflanzenbaulichen Versuche (Beitrag *A. Maillard*) und bisher gesammelter Erfahrungen mit bereits angewandten Massnahmen.

Die genannten Ziele können nur auf interdisziplinärem Weg erreicht werden. Die Verkopplung verschiedener "Arbeitsansätze" geschieht dabei auf zwei Ebenen:

1. Verkoppelung von Teilprojektarbeiten verschiedener Forschungsinstitute.
2. Verkoppelung von Forschungsinstituten und Beratungsdienst durch Einbezug des Beratungsdienstes in die Forschungsarbeiten und eine direkte Nutzung der Beratererfahrung.

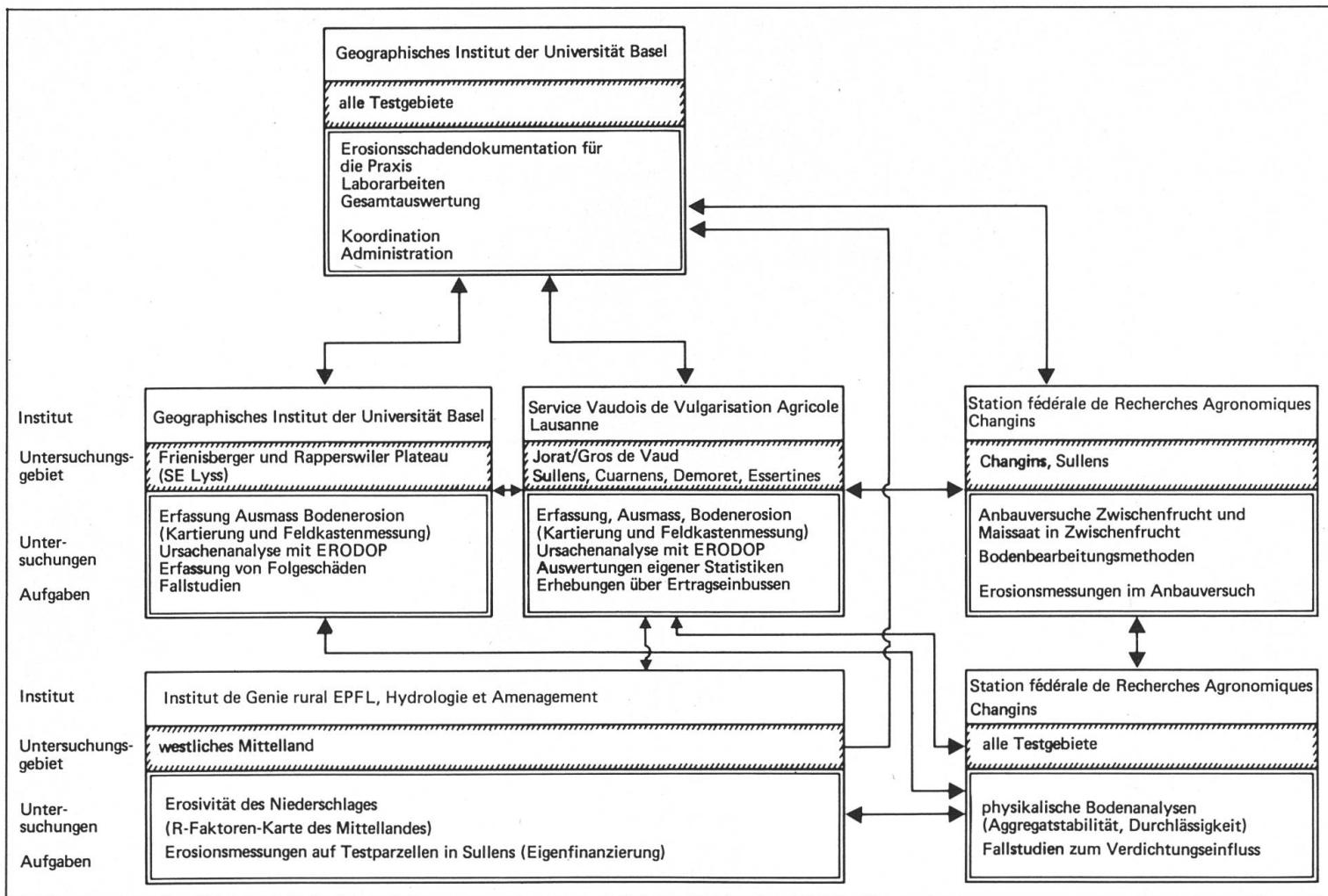


Abb. 1 Aufgabenverteilung unter den beteiligten Instituten und Organisation der interdisziplinären Zusammenarbeit im Projekt "Bodenerosion in der Schweiz" des Nationalen Forschungsprogrammes "Nutzung des Bodens".

Es erfolgt also eine Zusammenarbeit von Geographen/Geoökologen, Pflanzenbauern, Bodenkundlern und Kulturtechnikern sowie Agronomen im Beratungsdienst, damit die für die Praxis relevanten Fragen der Bodenerosion kompetent bearbeitet und beurteilt werden können und die zum Teil langjährigen Erfahrungen der betreffenden Personen und Institute in die Empfehlungen miteinfließen. Das Konzept der Zusammenarbeit, die Projektorganisation, die beteiligten Institutionen und die bearbeiteten Teilbereiche und Arbeitsregionen können Abb. 1 entnommen werden.

2 Allgemeines zur Bodenerosionsproblematik in den schweizerischen Hauptackerbaugebieten

Das grösste mehr oder weniger zusammenhängende Gebiet der Schweiz mit einem Anteil der Ackerfläche am Kulturland von über 45% erstreckt sich im westlichen Mittelland zwischen dem Genfersee westlich von Lausanne über Yverdon-Payerne-Lyss bis Solothurn (Atlas der Schweiz, Karte 48, 1977). Die übrigen Gebiete mit entsprechend hohem Ackerlandanteil befinden sich im wesentlichen im Raum Genf und im Zürcher Unterland-Schaffhausen. Das westliche Mittelland kann also als "Hauptackerbaugebiet" der Schweiz angesehen werden. Innerhalb dieses Gebiets nehmen das Grosse Moos sowie die Orbe- und Broye Ebene als meliorierte ehemalige Nieder- und Übergangsmoorgebiete eine Sonderstellung ein. Dies gilt auch für die Bodenerosion. In diesen Niederungsgebieten mit sehr geringen Hangneigungen findet praktisch keine Abspülung statt. Eine beschränkte Winderosion tritt jedoch gelegentlich und lokal auf den im trockenen Zustand leicht transportierbaren Moorböden auf. Sie wurde bisher nicht erfasst. Die Klimabedingungen im Mittelland und relativ kurzen Phasen der Bodentrockenheit lassen jedoch vermuten, dass die Winderosion im Vergleich zur Abspülung in hängigen Lagen nicht ins Gewicht fällt. Der Bodenschwund durch Abbau organischer Substanz ist auf Moorböden weit grösser.

Im gesamten übrigen Gebiet des Mittellandes ausserhalb der Niederungen und Talböden tritt Bodenabspülung in unterschiedlicher Intensität auf. Es werden zwar bei weitem nicht alle Äcker durch Bodenerosion geschädigt. Es gibt jedoch kein Gebiet, in dem nicht immer wieder auch grössere Abspülungsschäden entstehen. Flächenspülung und Splash-Erosion wird nach Gewitter und Dauerniederschlägen an der Verschlämmlung der Äcker oft verbreitet sichtbar. Lokal stärker begrenzt sind dagegen Rillen- und Rinnensysteme. Auf grossen Schlägen lassen sich jedoch in Extremfällen bis mehrere hundert Meter lange und bis 50 cm tiefe Rinnen- und Rillensysteme mit zum Teil mehreren untereinander vernetzten Rinnenästen beobachten. In solchen Systemen gehen bei einzelnen Grossereignissen bis mehrere Zehner Tonnen fruchtbare Ackererde verloren.

Neben den oben bereits genannten allgemeinen Gründen für die Auswertung der Bodenerosion lassen sich zur Bodenerosionsproblematik im Mittelland folgende Punkte aufführen:

- Ausserhalb der Niederungen dominieren saure Braunerden, Parabraunerden, staunasse Braunerden und Parabraunerden, sandig lehmiger und schluffig-lehmig-sandiger Textur (sL, uIS), die in Grundmoränen und Molasse gebildet wurden. Der teilweise hohe Schluffanteil oder die bei hohen Sandanteilen verhältnismässig geringe Aggregatstabilität (Messungen laufen) wirken erosionsfördernd. Die Erosionsanfälligkeit der meisten im Mittelland vorkommenden Böden ist niedriger als bei Löss, aber höher als bei den typischen Böden des Juragebietes.

- Die Mächtigkeit der Böden variiert zwischen 50 bis etwa 150 cm. In exponierten Hanglagen wird mit dem Pflug praktisch auf dem Molasseuntergrund gefahren. Die Molasse ist als Wechsellagerung von Sandstein mit mergeligen Zwischenlagen oft schlecht durchlässig. Dies führt mancherorts zu einer Vernässung der Böden und ungenügender Versickerung von Starkniederschlägen trotz von der Textur her durchlässigen Böden.
- Das Mittelland zeigt überwiegend die für Hügelländer typische vielfältige Reliefformung. Unter dem Gesichtspunkt, dass die Bodenerosion bereits bei etwa 2 - 3% Hangneigung einsetzt, wird mit wenigen Ausnahmen praktisch nur in "Hanglagen" Ackerbau betrieben. Der Ackerbau stösst in Steillagen bis 15% Hangneigung vor.
- Sehr viele Ackerflächen zeichnen sich durch unregelmässige Kleinformung aus (Welligkeit, Wechsel von flachen Rücken und Mulden). Es herrschen also auf dem gleichen Schlag oft sehr differenzierende Abflussbedingungen. Die Kleinformen spielen für die Entstehung von Rinnensystemen eine zentrale Rolle: An vielen Orten kann sich Wasser sammeln und gebündelt abfliessen, wodurch die Erosion erst ausgelöst wird.
- Die Vergrösserung der Schläge unter den Reliefbedingungen im schweizerischen Mittelland führt dazu, dass oft längere und zugleich verhältnismässig steile Schläge entstehen. Dies erhöht das Erosionsrisiko natürlich erheblich.

3 Verbreitung und Ausmass der Bodenerosion in der Testregion "Lyss" aufgrund der Beobachtungen im ersten Projektjahr

3.1 Datengrundlage

Im Jahre 1987 wurden bis im Juli durch *W. Rohr* und die Kartiergruppe zwei Kartierungen durchgeführt (zum Kartierungskonzept siehe Beitrag von *W. Rohr* im gleichen Heft). Eine weitere Kartierung folgte im Oktober 1987. Sie ist noch nicht ausgewertet. Da nach Projektbeginn im Spätsommer 1986 bis Jahresende keine Bodenerosion mehr zu verzeichnen war, erfassten die folgenden beiden Kartierungen im ersten Halbjahr 1987 das Abtragsgeschehen des ersten Projektjahres:

1. März 1987: Gesamtkartierung der Wintererosionsschäden, die in erster Linie aus zwei Dauerniederschlägen von 32 mm und 28 mm am 10.2. und 27.2.87 (maximale 30 Minutenintensitäten: 6,0 mm/h bzw. 9,2 mm/h) auf gefrorenen und durchnässten Boden resultierten. Karierte Fläche ungefähr 1 100 ha, 1 042 beobachtete Schläge.
2. Juni 1987: Kartierung von mehreren aufeinanderfolgenden mittleren und kleineren Abtragsereignissen des Zeitraumes 3. - 17. Juni. Mehrere, teils ergiebige Dauerniederschläge auf nassen Boden. Gesamtniederschlagsmenge 156 mm, höchste 30 Minutenintensität 12,5 mm/h, sonst 30 Minutenintensitäten meist unter 7 mm/h. Karierte Fläche 580 ha, 543 beobachtete Schläge (Kernkartiergebiete, siehe Abb. 1 im Beitrag von *W. Rohr*). Da auf dem nassen Boden mit der Bodenbearbeitung zugewartet werden musste, war es möglich, mehrere Einzelereignisse zusammengefasst zu erheben.

Nebst der Kartierung und Vermessung von Erosionsformen, Erosions- und Akkumulationsvolumina auf den genannten Flächen wurden rund 250 Erosionssysteme detailliert analysiert und in die Erosionsschadendokumentation (ERODOP) aufgenommen (*Th. Mosimann und R. Bono 1986, Th. Mosimann 1987*). Als weitere Daten kommen die Messungen der im Gebiet bedeutsamen Flächenspülung mittels Feldkästen hinzu. Diese Ergebnisse sind von *W. Rohr* dargestellt. Die ersten beiden Kartierungen wurden im Som-

mer schlagweise ausgewertet. Auf den Datenfiles befinden sich für jeden Schlag und einzelne Kartierung: Parzellennummer, Schlagsnummer, Kulturart, Flächengrösse des Schlages, Erosionsart, durch Bodenerosion geschädigte Fläche, Abtragsvolumen in Rillen/Rinnen, Abtrag in t/ha in Rillen/Rinnen bezogen auf die Schlagfläche. Aufgearbeitet für sämtliche 1 300 Schläge werden im Moment die mittlere Hangneigung und die Länge hangwärts.

Auf dieser Datenbasis sind bereits eine Reihe von Aussagen über das flächenhafte Auftreten und das Ausmass der Bodenerosion unter den Witterungsbedingungen des ersten Beobachtungsjahres möglich. Die grosse beobachtete Fläche erlaubt einen guten Überblick, schafft viele Vergleichsmöglichkeiten und gestattet damit auch eine Beurteilung der Relevanz grösserer Schäden. Das Erosionsgeschehen war im ersten Beobachtungsjahr nicht durch ein Grossereignis geprägt, weder im Frühjahr 1986 (Beobachtungen liegen vor, jedoch keine Kartierungen, da das Projekt erst im Juli 1986 startete), noch im Sommer, der im Gebiet Lyss keinen aussergewöhnlichen Starkniederschlag brachte (max. Erosivität eines Einzelniederschlages: $4,1 \text{ N}^0 \text{h}^{-1}$). Es besteht damit kaum Gefahr, das Erosionsgeschehen aufgrund der Beobachtungen 1987 zu überschätzen. Selbstverständlich ist im jetzigen Zeitpunkt noch keine differenzierte Ursachenanalyse möglich. Hierfür muss erst noch weiteres Datenmaterial mit Erosionsereignissen zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Jahr, auch als Folge ausgesprochener Starkniederschläge, gesammelt werden.

3.2 Flächenhaftes Auftreten der Erosionsprozesse

Abb. 2 stellt die Ergebnisse der beiden Hauptkartierungen zusammen. Die Bestimmung der erosionsbeeinflussten Ackerflächenanteile erfolgte durch Auswertung der Feldkarten nach der Quadrantenmethode. Die Abgrenzung flächenhafter Prozesse stellt dabei kein Problem dar. Bei Rillen-/Rinnenabtragsprozessen muss dagegen eine Zuordnung vorgenommen werden. Durch Erosion beeinflusst ist ja hier nicht nur die (sehr schmale) Fläche der Rinnen selbst, sondern auch unmittelbar anschliessende Bereiche, aus denen Bodenmaterial zu den Rinnen gespült und in diesen Abflussbahnen wegtransportiert wird. Rinnen- und Flächenspülung lassen sich zudem nie vollständig trennen. Die Zuordnung dieser bei der Rillen-/Rinnenspülung mitbeeinflussten Flächen erfolgte schematisch durch Rechteckbegrenzung des Areals, auf dem sich die Rinnen entwickeln (Konstruktion eines meist schiefwinkligen Rechtecks aus dem Rinnenendpunkt heraus). Damit wird eine erste Annäherung der durch "Rinnen- und Flächenspülung" beeinflussten Areale erreicht.

Die wichtigsten Aussagen zu Abb. 2, welche die Durchschnittsverhältnisse für das Gesamttestgebiet darstellt, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der durch Bodenerosion geschädigte Flächenanteil der Äcker liegt für die beobachteten "mittleren" Ereignisse zwischen 10% - 20%. Der geschädigte Flächenanteil im Juni 1987 dürfte eher hoch gewesen sein, weil wegen der ungünstigen Witterung die spät deckenden Kulturen Mais und Rüben stark im Rückstand waren. Bei einem Grossereignis durch einen Starkniederschlag im Juni ist die geschädigte Fläche vermutlich nicht wesentlich grösser, dagegen werden mit Sicherheit höhere Abtragsbeträge als 1987 erreicht.
- Der geschädigte Flächenanteil der verschiedenen Kulturen ist natürlich sehr unterschiedlich. Die hohen Anteile von Mais und Rüben stellen dabei eine an sich bekannte Tatsache dar, wenn auch dieses Ausmass für das Mittelland nicht unbedingt zu erwarten war. Sehr auffallend ist der hohe

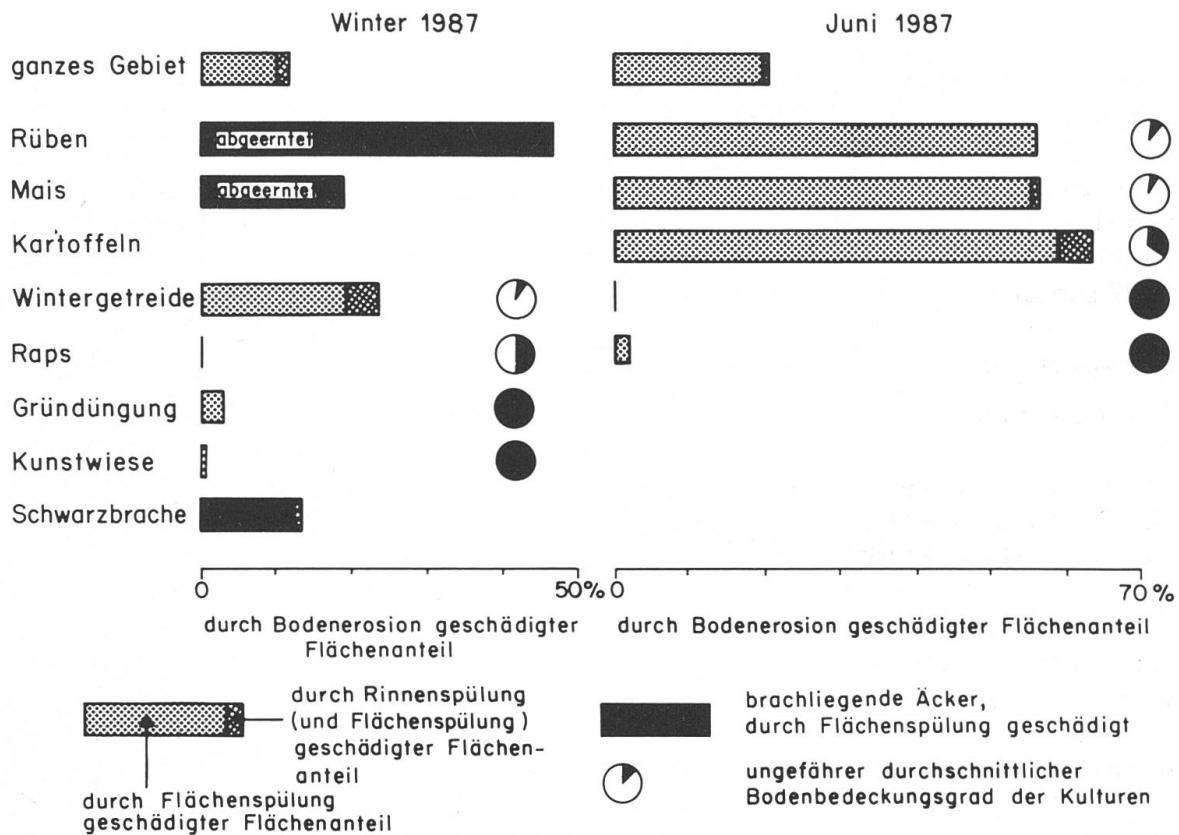


Abb. 2 Anteile erosionsgeschädigter Flächen der gesamten offenen Ackerfläche und verschiedener Kulturen im Kartierungsgebiet "Seedorf-Grossaffoltern-Rapperswil" im Februar und Juni 1987.

Ergebnisse aus vier Teilkartierungsgebieten mit rund 360 ha offener Ackerflächen (Kartierung durch *W. Rohr* und Studentengruppe). Der Anteil der erosionsgeschädigten Ackerfläche in den verschiedenen Teilgebieten variiert zwischen 3 - 25%.

Anteil erosionsbeeinflusster Kartoffeläcker. Eine mögliche Überschätzung der Flächenspülung ist in diesem Falle allerdings noch zu klären, weil die sehr kleinräumige Umlagerung von Feinboden von den Häufelkämmen in die Furchen Spülprozesse vortäuschen kann, die effektiv nicht zu einem Bodenverlust auf dem Acker führen müssen.

- Im Winter werden neben den Bracheäckern auch im Wintergetreide (Winterweizen stärker, Wintergerste etwas schwächer) auf einem Viertel aller Flächen zum Teil sogar erhebliche Abtragsmengen erreicht (siehe dazu auch Beitrag von *W. Rohr*). Der Winterweizen vermag auch bei hangparalleler Saat wegen der im nassen Zustand geringen Aggregatstabilität der sandigen Braunerden die Flächenspülung nur beschränkt zu vermindern.
- Der durch Rillen-/Rinnenspülung beeinflusste Ackerflächenanteil liegt im Durchschnitt bei 1 - 3%. Rillen-/Rinnenspülung verteilt sich wegen des engen Zusammenhangs mit der Reliefform und den Hangwasserverhältnissen sehr unregelmässig: In einzelnen Gebietsteilen kann ihr Flächenanteil bis gegen 10% steigen. Die höheren Rillen-/Rinnenspülungsflächenanteile von Kartoffeln und Wintergetreide sind nicht durch die Kulturen bedingt.

Die durch Bodenerosion beeinflussten Ackerflächenanteile sind nicht identisch mit den durch Bodenerosion langfristig geschädigten Flächen, da die Abtragsraten nicht überall über der kritischen Schwelle der Neubildung liegen (siehe Kap. 3 5).

3.3 Bisher festgestellte Abtragsraten

Dem 1987 beobachteten Bodenabtrag kommt zunächst natürlich Beispielcharakter zu. Repräsentativere Durchschnittswerte können wegen der starken Witterungsabhängigkeit des Bodenerosionsprozesses erst nach weiteren Beobachtungsjahren mit einer durch den Beobachtungszeitraum bestimmten Genauigkeit gegeben werden. Frühere Beobachtungen vor Projektbeginn und eine Beurteilung der Niederschlagsintensitäten der erosiven Niederschlagsereignisse im Jahre 1987 lassen jedoch den Schluss zu, dass bei der im Juni 1987 beobachteten Bodenerosion keine extremen Abtragsraten erreicht wurden.

Abtragsraten durch Rinnenspülung:

Die Abtragsraten durch Rillen-/Rinnenspülung werden grundsätzlich auf die Gesamtfläche der durch Rillen-/Rinnen- oder ein vernetztes Rinnensystem in einem Teilbereich beeinflussten Schläge bezogen. Bezieht man den Bodenabtrag auf die direkt durch Rinnenspülung beeinflusste meist kleine Teilfläche des Schlages, sind die Raten natürlich viel höher. Diese Angaben werden aber leicht missverstanden. Beispiel: In einem Rinnensystem, das eine Fläche von 5 a einnimmt, wird ein Abtragsvolumen von 6 m³ gemessen. Es wurden also rund 12 t Erde weggespült. Bezogen auf die 10 a Fläche ergibt dies eine Abtragsrate von 60 t/ha. Da die übrigen 90 a des 1 ha grossen Schlagess nicht beeinflusst wurden, ist jedoch der Gesamtbodenverlust des Schlagess identisch mit dem Verlust im Rinnensystem, das ein Zehntel der Fläche belegt. Die Abtragsrate für den Schlag liegt deshalb bei 6 t/ha.

Die Abtragsraten durch Rinnenspülung erreichten max. 35 t/ha. Dieser hohe Wert stellt allerdings einen Einzelfall dar. 98% der Werte lagen unter 20 t/ha, 90% der Werte unter 10 t/ha und 75% der Werte unter 5 t/ha pro Ereignis. Die Abtragsraten und die Häufigkeitsverteilung der Raten waren im Februar und Juni praktisch gleich. Bezogen auf die Gesamtfläche der jeweils betroffenen Schläge stellten also sehr hohe Abtragsraten bisher eine Ausnahme dar. Auf der andern Seite bleibt aber festzuhalten: Der Abtrag in Rillen/Rinnen liegt in 25% der Fälle über der Toleranzschwelle (bezogen auf die Gesamtschläge). Da sich die Rillen-/Rinnenerosion stark konzentriert, stellt sie auch in allen andern Fällen bei Raten unter 5 t/ha/Jahr ein Problem dar. Der Abtrag im Rinnenbereich ist ja effektiv um ein Vielfaches höher. In zwei Dritteln der Fälle erreichten die Rinnen Tiefen von über 10 cm, jede 10. Rinne war mehr als 30 cm tief. Abtragsraten von durchschnittlich 5 mm Boden pro Ereignis im Bereich, wo sich ein Rinnensystem entwickelt, sind normal. Wegen der starken Reliefabhängigkeit setzt die Rillen-/Rinnenerosion immer wieder im mehr oder weniger gleichen kleinräumigen Bereich an. Die Ackerkrume kann deshalb in einem direkt durch Rinnenspülung beeinflussten Bereich innerhalb einer Generation abgetragen werden. Die Bodenbedingungen gestalten sich dadurch auf dem Schlag zunehmend inhomogener und die Ertragseinbussen im Bereich der Rillen-/Rinnenentwicklung sind am Zustand der Kulturen für jedermann ersichtlich.

Abtragsraten durch Flächenspülung:

Über die Ergebnisse der Flächenspülungsmessungen mit Feldkästen im ersten Beobachtungsjahr, welche Abtragsraten bis 11 t/ha erbrachten, berichtet im gleichen Heft *W. Rohr* (Kap. 6 seines Beitrages).

3.4 Akkumulation der abgespülten Feinerde

Es ist bekannt, dass vom gesamthaft in einem Einzugsgebiet umgelagerten Bodenmaterial nur ein geringer Anteil von 10 - 20% das Einzugsgebiet als Schwebstofffracht im Vorfluter verlässt. Der grösste Teil des umgelagerten Materials wird also innerhalb der Gelände-kammer, am Hangfuss und in Nachbarschaft der Abspülungsflächen wieder akkumuliert. Für die Abschätzung des Ausmasses der Gefährdung der Ackerböden durch Bodenverlust sind natürlich zwei Fragen von Bedeutung:

1. Wo wird die umgelagerte Feinerde akkumuliert?
2. Wie verhält sich das Flächenverhältnis Abtrags-/Ablagerungsfläche?

Ablagerungen von Feinmaterial ausserhalb der Ackerflächen interessiert dabei nicht nur den Ackerbauer, der ja den Verlust erleidet, sondern z.B. auch den Strassenunterhalts-dienst. Die Verschlämmlung von Verkehrs- und Güterwegen führt zu einem erheblichen

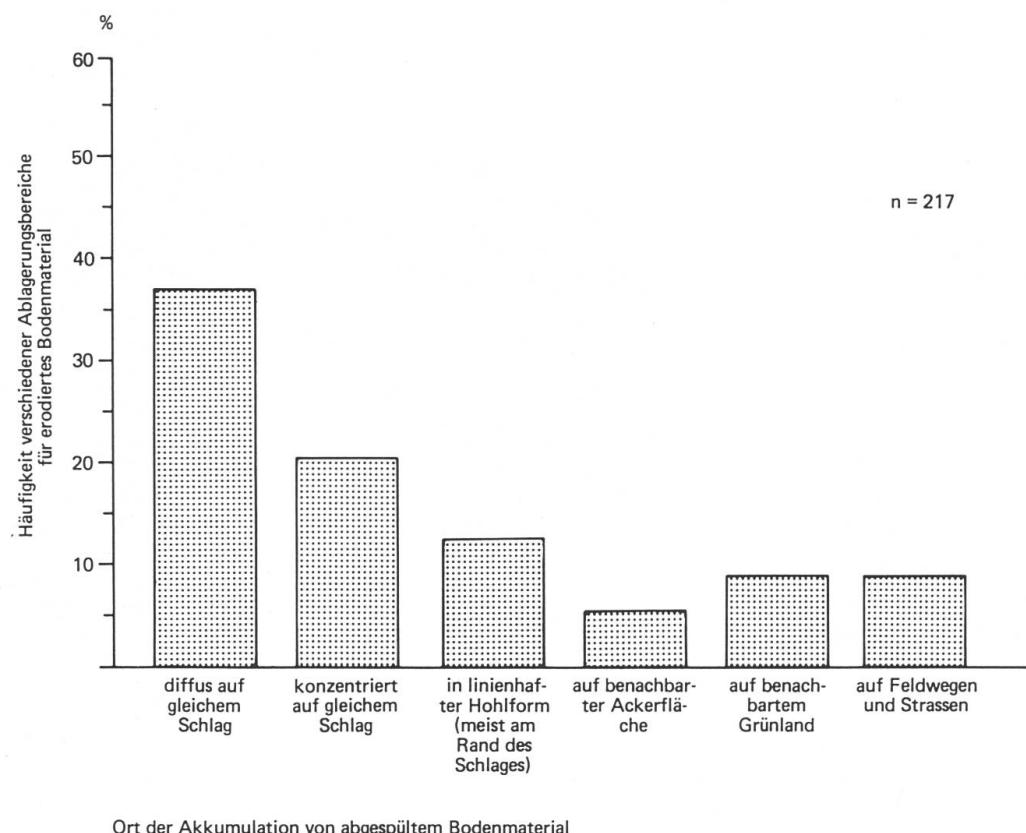


Abb. 3 Häufigkeit der Ablagerungsbereiche für abgespültes Bodenmaterial (Gebiete "Lyss" und "Jorat").

Die abgelagerten Bodenmengen, über die die Abbildung nichts aussagt, sind sehr unterschiedlich. Bei den Erosionssystemen mit eindeutig vermessbaren Abtrags- und Akkumulationsvolumina (bisher 65 Fälle) wurden rund 40% des abgetragenen Bodenmaterials auf oder in unmittelbarer Nähe der ge-schädigten Schläge abgelagert. Die Ablagerungsflächen sind allerdings fünfmal kleiner als die Ab-tragsflächen.

Reinigungsaufwand und verursacht damit der Allgemeinheit unnötige Kosten. Das Ausmass dieses Reinigungsaufwandes würde bereits am Beispiel einer Testgebietsgemeinde durch Auswertung der Wegmacherprotokolle der letzten Jahre erfasst. Die zugehörigen Auswertungen sind noch im Gange.

Im Rahmen der Bodenerosionskartierung wird bei allen grösseren Erosionssystemen der Ort der Akkumulation erfasst und das Akkumulationsvolumen soweit möglich vermessen. Auf Abb. 3 sind Ablagerungsorte für 217 im Juli bereits auf Datenfiles abrufbaren Schadsystemen in ihrer Häufigkeitsverteilung dargestellt. Es zeigt sich, dass in ungefähr 55% der Fälle die abgetragene Feinerde tatsächlich mindestens teilweise (ein bestimmter Verlust findet mit dem abfliessenden Wasser immer statt) auf dem gleichen Schlag wieder abgelagert wurde. Daraus darf allerdings nicht geschlossen werden, der Bodenverlust sei auf den betreffenden Schlägen zu vernachlässigen. Die Vermessung von Abtragsflächen, Ablagerungsflächen und Ablagerungsvolumina ergab nämlich für alle grösseren Erosionssysteme, dass die Ablagerungsflächen durchschnittlich fünfmal kleiner als die Abtragflächen sind und die Akkumulationsvolumina bei Ablagerung auf und in unmittelbarer Nähe des Schlages ungefähr 50% der Abtragsvolumina erreichen. Der Rest wird offenbar weiter verfrachtet und zum Teil auch anderswo abgelagert, kann aber durch die Kartierung nicht erfasst werden. Es bestätigt sich also folgende Tendenz: Es geht bei weitem nicht alles abgetragene Bodenmaterial den Äckern verloren: die durch Bodenerosion geschädigte Fläche ist jedoch viel grösser als die Fläche, auf der durch Akkumulation von nährstoffreicher Feinerde die Fruchtbarkeit unter Umständen sogar zunimmt.

3.5 Ackerflächenanteil mit Nettoverlust (unter den heutigen Anbaubedingungen)

Die Frage nach dem Bodenverlust ist in zweierlei Hinsicht sehr praxisrelevant:

1. Um das Bodenerosionsproblem im Schweizerischen Mittelland richtig einschätzen zu können, muss der ungefähre Flächenanteil des offenen Ackerlandes bekannt sein, auf dem unter den heutigen Bewirtschaftungsbedingungen der Bodenabtrag zu einer Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit und langfristigen Zerstörung des Bodens führt. Dies erst zeigt das Bodenerosionsproblem in einer korrekten Dimension und lässt die allgemeine Bedeutung von Gegenmassnahmen beurteilen.
2. Um mit geeigneten Gegenmassnahmen im richtigen Mass am richtigen Ort anzusetzen, müssen Standorts- und Bewirtschaftungsbedingungen (und damit Ursachen) bekannt sein, unter denen der Bodenabtrag mehr oder weniger deutlich über der Bodenneubildungsrate liegt, demzufolge der Nettoverlust also zu gross ist.

Bodenmaterial wird stetig in geringem Umfang durch Verwitterung neu gebildet. Solange der Bodenabtrag nicht grösser ist als die Verwitterungsrate, nimmt die Bodenmächtigkeit nicht ab. Ein geringer Abspülungsbetrag ist demzufolge tolerierbar. Die Bodenneubildungsrate erreicht innerhalb einer Klimastufe auf verschiedenen Gesteinen sehr unterschiedliches Ausmass. Auf feinkörnigen Lockergesteinen verläuft die Bodenbildung viel rascher als auf Festgestein. Auf Festgestein hat sich im Postglazial eine Feinbodenschicht von nicht mehr als 30 - 50 cm Mächtigkeit gebildet. Die mächtigsten Bodenbildungen (Verlehmungen) auf Löss erreichen 2 - 2,5 m. Böden auf Grundmoränen des Mittellandes sind kaum mächtiger als 150 cm, oft nur 120 - 130 cm. Die Bodenmächtigkeit auf anstehender Molasse liegt unter 100 cm. Die Bodenbildung erreichte durchschnittlich im Postglazial je nach Gestein 0,05 - 0,3 mm/Jahr, d.h. aufgerundet 1 - max. 4 t/ha/J. Für die in hängi-

Abb. 4 Anteil der durch Bodenerosion geschädigten Ackerflächen in verschiedenen Teilgebieten im Raum Seedorf-Grossaffoltern-Rapperswil.

Auf 4 - 19% der Ackerflächen lag der Bodenabtrag bereits im ersten Beobachtungsjahr mehr oder weniger deutlich über der Toleranzschwelle von etwa 0,2 - 0,4 mm. Diese Schätzung basiert auf der erfassten Erosionsformenverbreitung, den berechneten Abtragsvolumina, den Feldkastenmessungen und der Kulturartenverbreitung.

1 = Frienisberg

2 = Suberg-Wiler

3 = Hardhof

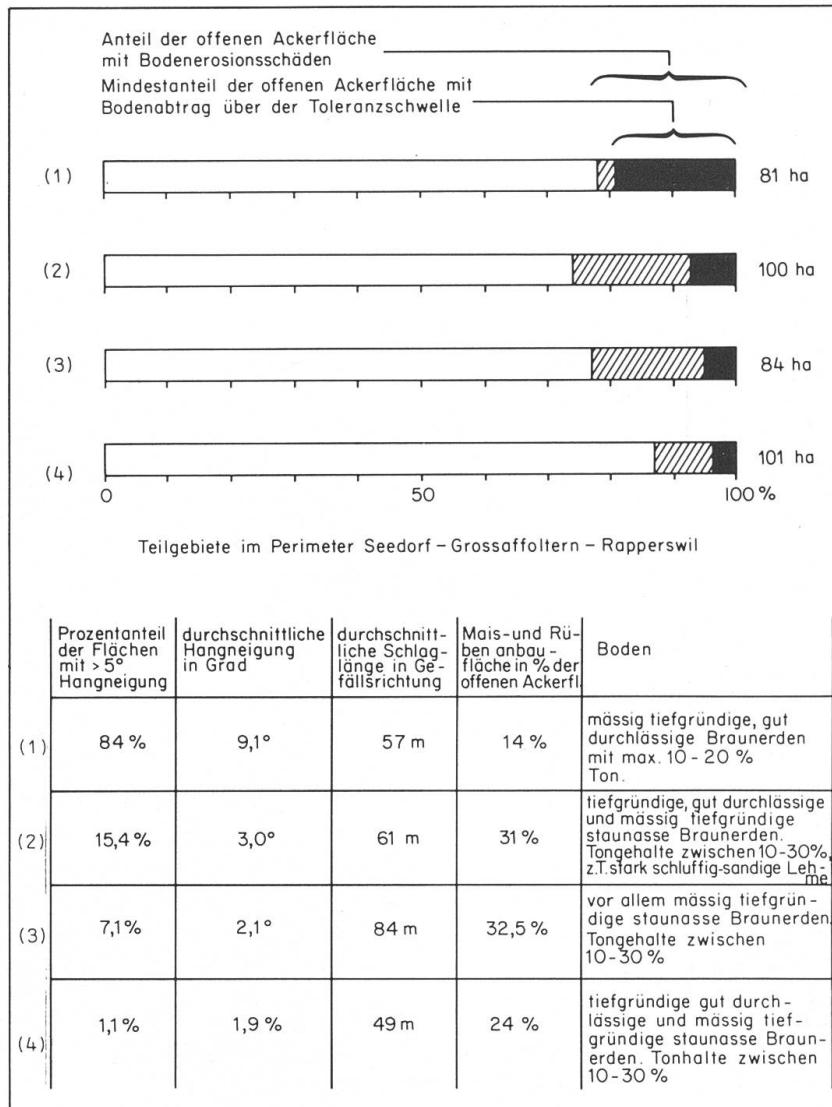
4 = Grossaffoltern-Feld

gen Lagen im Mittelland häufig auf Grundmoränen entwickelten und in ackerbaulicher Nutzung stehenden Braunerden und Parabraunerden können die höheren Werte

und damit ein maximaler Toleranzwert für den Bodenabtrag von 3 - 4 t/ha/J angenommen werden. Abtragsraten, die höher liegen, zerstören somit den Boden langfristig. Der Zeitraum ergibt sich aus der Intensität der Bodenerosion, der momentanen Mächtigkeit des Bodens und der Bodenneubildungsrate des jeweiligen Standortes.

Aus den Bodenerosionsbeobachtungen und -messungen im ersten Jahr lassen sich für das Gebiet "Lyss" im Sinne einer groben Schätzung Aussagen über den Flächenanteil des Ackerlandes machen, auf dem der Bodenabtrag über der Toleranzschwelle lag (Abb. 4). Es handelt sich dabei um eine Schätzung mit "Minimumcharakter", da 1987 kein ausserordentliches Starkniederschlagsereignis zu verzeichnen war und zudem die Toleranzschwelle mit 5 t/ha/Jahr eher hoch angesetzt ist (siehe oben). Zudem muss festgehalten werden: Ein einziges Grossereignis kann Abtragsbeträge mehrerer Durchschnitts-Jahre zusammen bewirken.

Da bei Rinnen-/Rinnenspülung auf den direkt beeinflussten Flächen (nicht Gesamtfläche der Schläge, für die die Raten berechnet werden) die Toleranzschwelle ohnehin immer



überschritten wird, sind hier keine weiteren Berechnungen durchzuführen. Diese Flächenanteile können direkt zur kritischen Flächengröße gerechnet werden. Es muss somit der kritische Flächenanteil bestimmt werden, auf dem bei Flächenspülung die Jahresrate des Abtrages mehr als 5 t/ha erreichte. Für diese Schätzung stehen an Daten zur Verfügung:

- der Anteil an Ackerflächen mit Flächenspülung für verschiedene Hangneigungen, Hanglängen und Kulturarten.
- Feldkastenmessungen von Abtragsraten unter realen Bearbeitungsbedingungen auf mehr oder weniger glatten Hängen (eindeutige definierbare Einzugsgebiete) verschiedener Neigung, Hanglänge und Kulturen (siehe dazu Beitrag *W. Rohr*).

Die Kombination dieser beiden "Beobachtungsebenen" erlaubt eine Abgrenzung der kritischen Flächenanteile für verschiedene Teilgebiete unterschiedlicher Ausstattung. Bei der Extrapolation wurde die vorsichtige, aus den Feldkastenmessungen ableitbare Annahme getroffen, dass bei Neigungen unter 7° die kritische Abtragsschwelle von 5 t/ha/J unter keiner Kultur erreicht wurde.

Die Schätzung der kritischen Flächenanteile mit Bodenabtrag über der Toleranzschwelle ist für vier Teilgebiete unterschiedlicher Ausstattung, für die die vollständigen Daten des Februar- und Junierosionsgeschehens vorliegen, auf Abb. 4 zusammengestellt. Es zeichnen sich dabei die zu erwartenden grossen Unterschiede ab. Die starke Gefährdung von Gebieten mit Hangneigungen im Grenzbereich der Ackerfähigkeit ist dabei offensichtlich. Jedoch auch in Gebieten mit mässigen bis schwachen Hangneigungen liegt der Abtrag auch auf einen Fünftel bis ein Drittel der Fläche mit sichtbaren Erosionsschäden über der Toleranzschwelle. Gesamthaft wird aufgrund der bis jetzt vorliegenden Beobachtungen vermutet, dass im hügeligen Mittelland auf durchschnittlich 5 - 10% der Ackerflächen der Nettobodenabtrag unter den heutigen Bewirtschaftungsbedingungen so hoch ist, dass der Boden langfristig zerstört wird. Dies ist ein deutlich höherer Anteil als im Jura, wo der kritische Flächenanteil aufgrund von Daten von *S. Vavruch* (1987) nur bei ungefähr 3% liegen dürfte.

RÉSUMÉ

On rappelle d'abord où en est le problème de l'érosion des sols et l'état actuel des remèdes proposés. Puis on passe en revue le projet lui-même, sa finalité, sa structure, les services concernés. Un chapitre est consacré aux conditions particulières de l'érosion des sols sur le plateau suisse. Les résultats cartographiques concernant la région-test Lyss, obtenus au cours de la première année d'observation, donnent un premier aperçu sur l'extension et l'importance du phénomène dans une région caractéristique du Mittelland. Un examen critique s'applique aux résultats obtenus quant au pourcentage des surfaces touchées par l'érosion, (selon le cas 10 à 20%), le taux d'érosion dû au ruissellement, le bilan des terres labourables enlevées ou accumulées. On estime qu'au cours de l'année 1987, le seuil de tolérance de la perte de terres labourables a été franchi en moyenne sur 5 à 10% de la surface agricole utile.

Résumé: *Th. Mosimann*

Traduction: *P. Meyer*

LITERATUR

- Auerswald, K. und Schmidt, F.* (1986): Atlas der Erosionsgefährdung in Bayern. Karten zum flächenhaften Bodenabtrag durch Regen. = GLA-Fachberichte 1, München, 74 S.
- BUNDESAMT FÜR LANDESTOPOGRAPHIE (Hrsg.) (1977): Landwirtschaft. Übersicht und Bodennutzung. = Karte Nr. 48, Atlas der Schweiz, Bern
- Grub, A.* (1985): Etude de l'érosion dans le perimètre du Jorat. Ses causes, son ampleur et sa répartition. = Diplomarbeit am Institut für Pflanzenbau der ETHZ, Zürich, 92 S.
- Leser, H.* (1986): Bodenerosion in der Schweiz. — In: Dokument Nr. 3 der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz, Zürich, 17-26
- Maillard, A.* (1985): Le concept du travail de conservation du sol. — In: Revue Suisse Agricole, 17, H. 6, 325-330
- Mosimann, Th. und Bono, R.* (1986): Aufnahme von Bodenerosionsformen und -schäden auf Ackerflächen. Legende, Vorlagen, Erläuterungen und Hilfsmittel für die kartographische Aufnahme und Schadendokumentation. — Geographisches Institut der Universität Basel, 32 S. (als Manuskript vervielfältigt)
- Mosimann, Th.* (1988): Bodenerosion auf Ackerflächen im Schweizerischen Mittelland — Untersuchungen im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes "Nutzung des Bodens". — In: Nutzung des Bodens in der Schweiz. = Zürcher Hochschulforum, Bd. 11, (im Druck)
- Neyroud, J.A. und Christinet, G.* (1986): Quelques observations sur l'érosion du sol en cultures sarclées. — In: Revue Suisse Agricole, 18, H. 6, 339-341
- Rohr, W.* (1988): Bodenerosion auf Ackerflächen im Untersuchungsgebiet "Lyss": Konzept, Methodik und erste Ergebnisse. — In: Regio Basiliensis, 29, H. 1, 79-87
- Schwertmann, U.* (1982): Grundlagen und Problematik der Bodenerosion. — In: Bodenerosion. = Arbeiten der DLG, Bd. 174, Frankfurt, 9-16
- Vavruch, S.* (1988): Bodenerosion und ihre Wechselbeziehungen zu Wasser, Relief, Boden und Landwirtschaft in zwei Einzugsgebieten des Basler Tafeljuras (Hemmikon, Rothenfluh). = Diss. Universität, Basel, 338 S.
- Vez, A.* (1984): Mécanisation et conditionnement du sol. — In: Revue Suisse Agricole, 16, S.185
- Viani, J.P.* (1986): Contribution a l'étude experimental de l'érosion hydrique. « Diss. ETH Lausanne, 241 S.

