

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 und Bodenerosionsbekämpfung im Basler Tafeljura : ein nährstoffliches Problem?
Autor: Prasuhn, Volker
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088760>

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 UND BODENEROSIONSBEKÄMPFUNG IM BASLER TAFELJURA – EIN NÄHRSTOFFLICHES PROBLEM?

VOLKER PRASUHN

1 Einleitung

Seit dem Frühjahr 1987 werden die Untersuchungen zur Bodenerosion im Basler Tafeljura innerhalb des Projektes "Quantitative Bodenerosionsforschung auf Agrarflächen" – seit 1978 vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (SNF) finanziell unterstützt – unter einer veränderten Schwerpunktsetzung fortgeführt.

Zwar war das Projekt von Beginn an geoökologisch ausgerichtet, d.h. Bodenerosion wurde nicht nur als geomorphodynamischer Vorgang, sondern als geoökodynamischer Prozeß verstanden (*H. Leser* 1983, 1986), aber es stand zuerst eindeutig die quantitative Erfassung der Bodenerosion und die Entwicklung einer entsprechenden Meßmethodik im Mittelpunkt. So wurden die Grundlagen der Bodenerosionsmessung und -erfassung im Basler Tafeljura von *W. Seiler* (1983) gelegt. Nährstoffhaushaltliche Untersuchungen fanden hier bereits Eingang und wurden in den Folgearbeiten von *T. Stauss* (1983) und *M. Dipner* (1986) fortgeführt und intensiviert.

Ursachen und Ausmaß der Bodenerosion wurden in den Jahren 1978 - 1986 ausführlich und intensiv ermittelt und können als weitgehend gesichert gelten, während bei den nährstoffhaushaltlichen Untersuchungen noch zahlreiche Fragen offen blieben. Daher führt die konsequente Weiterführung des Bodenerosionsprojektes in diesem Gebiet zu einer neuen Schwerpunktsetzung, die auf umfassenden landschaftshaushaltlichen Hintergrunduntersuchungen basiert und geochemisch-wasserhaushaltliche Untersuchungen in den Vordergrund stellt.

In einem engen Zusammenhang mit den nährstoffhaushaltlichen Messungen, vor allem bezüglich der Gewässerbelastung, steht dabei auch die Bodenerosionsbekämpfung.

Da die Untersuchungen erst seit relativ kurzer Zeit laufen, ist die Datenbasis noch zu gering und nicht abgesichert, so daß noch keine Ergebnisse veröffentlicht werden können. An dieser Stelle soll daher nur das vorläufige Konzept der laufenden und geplanten Untersuchungen vorgestellt werden.

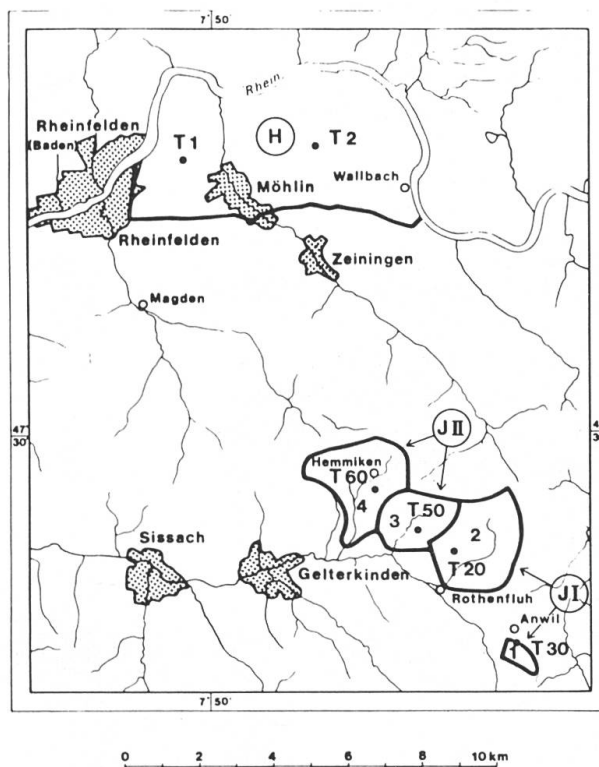
Dipl.-Geogr. Volker Prasuhn, Forschungsgruppe Bodenerosion am Ordinariat für Physiogeographie und Geoökologie, Geographisches Institut der Universität Basel, Klingelbergstrasse 16, CH-4056 Basel.

2 Die Untersuchungsgebiete

Die bisherigen Untersuchungsgebiete Jura I (Riedmattbach, T30 und Dübach, T20) und Jura II (Länenbach, T50 und Hemmikenbach, T60) werden zu einem Gebiet zusammengefaßt (Abb. 1). Die Einzugsgebiete Riedmattbach und Länenbach bilden die Schwerpunktgebiete, die mit einer umfangreichen Geräteausstattung versehen sind. In den Einzugsgebieten Dübach und Hemmikenbach werden dagegen nur noch nach sogenannten Großereignissen Beobachtungen und Schadenskartierungen zu Vergleichszwecken durchgeführt.

Über die naturräumliche Ausstattung sei an dieser Stelle nur auf einige wenige Punkte hingewiesen, ansonsten sei auf *W. Seiler* (1983), *T. Stauss* (1983), *T. Jenne* (1987), *M. Dipner* (1986) und *S. Vavruch* (1987) verwiesen. Das mit 45 ha relativ kleine Einzugsgebiet Riedmattbach ist aufgrund seiner intensiven landwirtschaftlichen Nutzung, dem minimalen Waldanteil und der ausschließlich landwirtschaftlichen Belastung des Vorfluters für Erosions- und Nährstoffhaushaltsuntersuchungen besonders geeignet. Die im Untergrund befindlichen, stauenden Süßwassermergel verhindern zudem die Bildung eines Grundwasserkörpers und ermöglichen somit eine einfache Wasserhaushaltsbilanzierung. Das Einzugsgebiet Länenbach ist mit 270 ha wesentlich größer, aber bei einem relativ kleinen Waldanteil ebenfalls intensiv landwirtschaftlich genutzt und daher für den regionalen Vergleich gut geeignet. Eine wenn auch nur geringe Einleitung von Haus- und Betriebsabwässern erschwert allerdings eine Aussage über den landwirtschaftlichen Anteil der Vorfluterbelastung.

3 Methodischer Rahmen der Untersuchung



Als zentrale Aufgabenstellung der laufenden Untersuchung stellt sich die Frage, welche Rolle die Bodenerosion im Stoffumsatz und -haushalt der Ökosysteme spielt. Dazu bedarf es weiterhin zunächst der quantitativ-flächenhaften Erfassung der Bodenerosion, allerdings in enger Kombination bzw. durch Ergänzung nährstoffhaushaltlicher Untersuchungen.

Abb. 1 Hauptforschungsgebiete der Basler Arbeitsgruppe.

H – Hochrheintal (Bearbeiter: *R.-G. Schmidt* 1975 - 1984, *D. Schaub* seit 1984)

JI – Jura I, Einzugsgebiete Riedmattbach (T30) und Dübach (T20), (Bearbeiter: *W. Seiler* 1978 - 1981, *T. Stauss* 1982, *M. Dipner* 1985/86, *T. Jenne* 1985/86, *V. Prasuhn* seit 1987)

JII – Jura II, Einzugsgebiete Länenbach (T50) und Hemmikenbach (T60), (Bearbeiter: *S. Vavruch* 1983 - 1986, *V. Prasuhn* seit 1987)

Die von *R.-G. Schmidt* (1983) entwickelte Grundkonzeption einer mehrstufigen Maßmethodik wird beibehalten und in modifizierter Weise angewendet (Abb. 2). Entsprechend dem geoökologischen Ansatz des Basler Bodenerosionsforschungskonzeptes (*H. Leser* 1986) können und müssen auch nährstoffhaushaltliche Untersuchungen auf allen drei Meßebenen intensiv betrieben werden, um zu quantitativ-flächenhaften und repräsentativen Aussagen zu gelangen.

Abb. 2 Konzept der "mehrstufigen Meßmethodik"

Durch die Integrierung nährstoffhaushaltlicher Messungen wurde das von *R.-G. Schmidt* (1983) entwickelte Konzept für eine stärker geoökologisch ausgerichtete Bodenerosionsforschung erweitert. Erst durch die Verknüpfung der erzielten Resultate sowohl innerhalb einer Erfassungsdimension als auch zwischen den drei Meßebenen werden quantitativ-flächenhafte Aussagen möglich.

ERFASSUNGS-DIMENSION	METHODE bzw. METH.-KOMPLEX	ERFASSUNGSZIEL
PUNKTUELL	<p>Testfläche Beregnung</p> <p>Lysimeter Saugkerzen</p>	<p>Grundlagendaten zur Wirkung einzelner Faktoren und zum Bodenerosionsvorgang. Erfassung des Prozeßgeschehens unter definierten Bedingungen; Experimente: z.B. verschiedene Bearbeitungsmethoden, Fahrspurverdichtungen, Splash-Messung, Nährstoffverluste und -verlagerungen nach Mineral- oder Gülldüngung, Aggregatstabilitätsmessungen</p> <p>Auswaschungsverluste im Oberboden Verlagerungsprozesse</p>
QUASI-FLÄCHENHAFT (Feldmessungen)	<p>Feldkasten</p> <p>Feldstation</p> <p>Drainage</p>	<p>Abtragsmessungen und Nährstoffverluste unter natürlichen Felddnutzungsbedingungen</p> <p>Auswaschungsverluste durch Oberflächenabfluß auf Grünland</p> <p>Auswaschungsverluste abgrenzbarer Einzugsbereiche</p>
FLÄCHENHAFT (Gebietsmessungen)	<p>Komplexe Schadenskartierung</p> <p>Gebietsabfluß u. Sediment- u. Nährstofftransport</p>	<p>Art und räumliche Verteilung der Bodenerosionsschäden, Abschätzung des Gesamtabtrages bzw. der Umlagerungsmenge</p> <p>Boden- und Nährstoffverluste des Gesamtgebietes, Art und Ausmaß der Gewässerbelastung</p> <p>Schwebstoff- u. Nährstoff-Abfluß-Beziehungen</p>

Den punktuellen Messungen auf Testparzellen wird in Zukunft weniger Bedeutung beigemessen, da die früheren Arbeiten gezeigt haben, daß eine Übertragung der auf Testparzellen gewonnenen Abtragsmengen auf die Fläche problematisch ist (*T. Stauss* 1983). Um die Grundreihen fortzusetzen und Vergleichsmöglichkeiten zu anderen Gebieten zu erhalten, werden die Messungen aber selbstverständlich weitergeführt. Weiterhin große Bedeutung kommt den Testparzellen allerdings auf der Experimentierebene zu. Die von *R.-G. Schmidt* (1983) entwickelte Berechnungsanlage wurde auf einer Parzelle bei T30 installiert. Neben den schon im Hochrhein und auf T60 durchgeführten Berechnungsversuchen, die sich aus drei aufeinanderfolgenden Läufen (Trockenlauf, Feuchtlauf und Naßlauf) zusammensetzen und auf einer richtungslos bearbeiteten, einer längs- und einer querbearbeiteten Parzelle wiederholt werden, sollen weitere Versuche stattfinden. Unter anderem soll dabei auch die nährstoffhaushaltliche Komponente stärker berücksichtigt werden. Geplant sind dazu Berechnungsversuche nach mineralischer und organischer Düngung mit zusätzlicher Messung der Nährstoffverlagerung mittels Lysimeter und Saugkerzen.

Die quasiflächenhafte Messung erfolgt über den gezielten Einsatz von Feldkästen. Neben relativ genauen Abtragsmengen können auch auf definierte Flächen bezogene Nährstoffverluste berechnet werden. Feldstationen werden in Grünlandflächen eingesetzt, um die Abschwemmung von Nährstoffen durch Oberflächenabfluß z.B. an Interflowaustrittsstellen abschätzen zu können. Auswaschungsverluste werden über die Messung der Nährstoffkonzentration von Drainageabflüssen mit bekanntem Einzugsgebiet und Schüttungsanteil berechnet.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen die flächenhaften Messungen und Kartierungen. Über die komplexe Schadenskartierung können Ausmaß, Art und räumliche Verteilung der Erosionsschäden qualitativ oder quantitativ nach jedem Niederschlags- oder Schneeschmelzeereignis bestimmt werden. Für die nährstoffhaushaltliche Fragestellung, vor allem in Zusammenhang mit der Gewässerbelastung, ist dabei die Differenzierung in Bodenumlagerung auf einem oder mehreren Feldern oder Bodenabtrag auf direktem oder indirektem Weg in den Vorfluter von zentraler Bedeutung. Nur das in den Vorfluter gelangende Erosionsmaterial bedeutet einen definitiven Material- und Nährstoffverlust und stellt eine potentielle Quelle der Gewässerbelastung dar.

Die flächenhafte Erfassung der Boden- und Nährstoffverluste aus dem Einzugsgebiet wird durch die Messung des Sediment- und Nährstoffaustrages im Vorfluter ermöglicht. Zu diesem Zweck wurde bereits von *W. Seiler* ein automatischer Probennehmer im Riedmattbach installiert und erste Untersuchungen von *T. Stauss* (1983) und *M. Dipner* (1986) durchgeführt. Ein weiterer automatischer Probennehmer wird demnächst im Länenbach eingesetzt.

4 Der Zusammenhang Bodenerosion – Gewässerbelastung

Der landwirtschaftliche Anteil der Gewässerbelastung setzt sich aus den sogenannten diffusen Quellen zusammen. Nach Ansicht zahlreicher Autoren (z.B. *H.H. Koepf* und *M. Klett* 1970, *O.J. Furrer* und *R. Gächter* 1972, *H. Bernhardt* 1976) stellt die Bodenerosion eine wesentliche Einflußgröße für die Belastung der Oberflächengewässer durch die landwirtschaftliche Nutzung dar. Entsprechend wurden in jüngster Zeit zahlreiche Untersuchungen über den Einfluß der landwirtschaftlichen Bodennutzung und den Anteil der bodenerosionsbedingten Abträge auf die Stofffrachten kleiner Wasserläufe durchgeführt (z.B. *F. Lehnardt* u.a. 1983, *H.-K. Hauffe* 1982, *R. Hirmer* 1984, *K. Mollenhauer* u.a. 1985, *A. Schulte-Wülwer-Leidig* 1985).

Ein Überblick über die Literatur zeigt jedoch, daß die Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen der Vorfluteruntersuchungen vor allem über die Phosphatbelastungen sehr unterschiedlich ausfallen. Dies zeigt deutlich, daß die in einem Gebiet gewonnenen

Daten nicht ohne weiteres auf andere Gebiete übertragen werden können und daß die standortspezifischen Eigenschaften eines Gebietes von ausschlaggebender Bedeutung sind. In diesem Zusammenhang sei noch einmal auf den Stellenwert eines umfassenden geoökologischen Ansatzes hingewiesen.

Um den Zusammenhang Bodenerosion und Gewässerbelastung aufzudecken, gibt es grundsätzlich zwei Ansatzpunkte. Zum einen kann man von der Bodenerosion ausgehen, indem man den Gesamtbodenabtrag im Einzugsgebiet ermittelt, Teilproben nährstofflich untersucht und so Rückschlüsse auf eine mögliche Gewässerbelastung zieht. Zum anderen wird von Vorfluteruntersuchungen während Hochwasserwellen ausgegangen, und über die Berechnung der Schwebstofffrachten werden Rückschlüsse auf die Bodenerosion gezogen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß nur durch die Kombination von komplexer Schadenskartierung und Vorfluteruntersuchung sinnvolle Aussagen getroffen werden können.

Nach der Erfassung des Gesamtbodenabtrages stellt sich zunächst die Frage der Zusammensetzung des Erosionsmaterials. *W. Seiler* (1983, 267) stellte stark erhöhte Nährstoffkonzentrationen des Bodenabtrages gegenüber jenen des Ausgangsmaterials (oberste 10 cm) fest. Dies begründet sich in der Anreicherung der Nährstoffe in der Bodenkrume sowie der Bindung an organische Substanz und Tonfraktion, die sich durch eine höhere Erodierbarkeit auszeichnen. Gerade flächenhafte Erosion mit Abtrag der Bodenkrume tritt im Untersuchungsgebiet nach Starkregen im Sommer häufig auf. Die beiden Starkregenereignisse vom 13./14.6. und 4./5.9.1987 führten beispielsweise zu zahlreichen, bis zu 5 m breiten, aber nur wenige Zentimeter tiefen Rinnen.

Aus landwirtschaftlicher Sicht interessiert besonders das Verhältnis von Erosionsverlust zu Nährstoffvorratsmenge. *W. Seiler* (1983, 274) ermittelte prozentuale Nährstoffverluste im Vergleich zum Ausgangsmaterial auf ungedüngten Testparzellen zwischen 1 und 11%. Diese Werte gilt es auf natürlichen Ackerflächen zu überprüfen.

Die Vorfluteruntersuchungen erstrecken sich überwiegend auf die Erfassung von Hochwasserwellen. Hier werden die Nährstoff- und Schwebstoffkonzentrationen, die für eine kurzfristige Gewässerbelastung von Bedeutung sind, gemessen.

Über die Ermittlung von Konzentrationsganglinien während Hochwasserwellen konnten erosionsbeeinflusste Stoffe (Schwebstoff, K, $\text{PO}_4\text{-P}$), d.h. Stoffe, die eine Konzentrationserhöhung mit dem Abflußanstieg erfahren, und auswaschungsbeeinflusste Stoffe (Ca, Mg, $\text{NO}_3\text{-N}$), d.h. Stoffe, die mit zunehmenden Oberflächenabfluß verdünnt werden und nach Ende des Oberflächenabflusses durch verstärkte Sickerwasserzufuhr über das ursprüngliche Konzentrationsniveau ansteigen, ermittelt werden (*T. Stauss* 1983, *W. Walther* 1979). Weiterhin wurden Schwebstoff-Abfluß-Beziehungen und Nährstoff-Abfluß-Beziehungen entwickelt. Weitere Hochwasserwellen sollen zukünftig ausgewertet werden, um die Ergebnisse zu überprüfen und die Methodik zu verfeinern. Eine differenzierte Betrachtung von Hochwasserwellen bei Starkregen, Dauerregen oder Schneeschmelze, während verschiedener Jahreszeiten, für den an- und absteigenden Ast der Hochwasserwelle, der Vergleich zwischen Riedmattbach und Länenbach sowie die Analyse weiterer Stoffe (NH_4 , Cl, SO_4 , Gesamtphosphat, gelöstes Phosphat, partikulär gebundenes Phosphat und elektrolytische Leitfähigkeit) versprechen noch genauere Aussagen.

4 1 Gewässerbelastung durch Phosphate

Im Hinblick auf die Gewässereutrophierung kommt dem Phosphor die größte Bedeutung zu, da Phosphor im Vergleich zu anderen Nährstoffen meist im Minimum vorliegt und somit im wesentlichen begrenzender Faktor der Planktonproduktion ist. Schon von *W. Ohle* (1953) wurde Phosphor als "Initialfaktor der Gewässereutrophierung" erkannt. Da der Grenzwert der P-Konzentration für eine Eutrophierung stehender Gewässer schon mit 0,02 - 0,05 mg/l angegeben wird, können bereits sehr geringe Mengen eutrophierungswirksam werden.

Grundsätzlich stellt sich die Frage landwirtschaftlichen Anteils am P-Eintrag in die Gewässer, ferner die Differenzierung dieses Anteils auf die Bereiche Auswaschung, landwirtschaftliche Betriebsabwässer, Abschwemmung und Bodenerosion. Eine umfangreiche Studie liegt hierzu von *H. Bernhardt* (1978) vor, Literaturzusammenstellungen finden sich in *H. Bernhardt* (1976), *A. Hamm* (1976) und *U. Schwertmann* (1973).

Der Boden stellt im allgemeinen einen P-Filter hoher Wirksamkeit dar, in dem die durch Niederschlag und Dünger eingebrachten Phosphationen durch spezifische Adsorption an die Austauscher gebunden werden und daher nur in sehr geringen Konzentrationen in der Bodenlösung vorliegen. Daher werden Auswaschungsverluste als vernachlässigbar klein angesehen. Die PO_4 -Konzentrationen in Saugkerzen und Lysimetern – allerdings auf ungedüngten Parzellen eingesetzt – sowie an Drainageabflüssen bestätigen dies (Meßwerte 1987: 0,1 - 0,01 mg/l).

Der Anteil landwirtschaftlicher Betriebsabwässer läßt sich nur schwer abschätzen bzw. meßtechnisch erfassen. Im Gebiet Jura I kann er völlig ausgeschlossen werden, da die Abwässer des einzigen im Einzugsgebiet liegenden Hofes erst unterhalb der Pegelmeßstelle in den Vorfluter gelangen. Bei der stichprobenartigen Messung an diesem Drainagerohr sind schon Maximalkonzentrationen von 4,1 mg PO_4 /l aufgetreten, die bei einem Schüttungsanteil von ca. 20% des Vorfluterabflusses zu einer, wenn auch nur kurzfristigen, starken Belastung des Vorfluters führen.

Die durch Abschwemmung, d.h. durch oberflächlich abfließendes Wasser ohne Bodenerosion, ausgetragenen P-Mengen bleiben in der Literatur meist unberücksichtigt. *W. Voss* (1978) stellte jedoch einen höheren Anteil an löslichen Phosphaten an dem mit der flüssigen Phase insgesamt eingetragenen Phosphaten aus Wiesenflächen gegenüber Ackerflächen fest und kommt zu dem Ergebnis, daß aus grünlandgenutzten Landschaften relativ große Mengen gelösten Phosphates ausgetragen werden können. Erste eigene Untersuchungen bestätigen dies. Weiterhin dürfte die Abschwemmung von Bodenmaterial, Staub, tierischen Ausscheidungen etc. von Straßen und Feldwegen besonders am Beginn einer Hochwasserwelle zu erhöhten P-Belastungen führen. Messungen an Kanalisationsrohren sollen dazu durchgeführt werden.

Die geringe Phosphatbeweglichkeit führt zu einer P-Anreicherung in der Krume. Bei Bodenerosion können diese besonders an die Tonfraktion gebundenen Phosphate (*H. Wiechmann* 1973) in den Vorfluter gelangen. Folgende, in der Literatur z.T. noch ungelöste oder widersprüchlich beantwortete Fragen stellen sich für die vorliegende Untersuchung:

- Welche Zusammensetzung hat das Erosionsmaterial, das in den Vorfluter eingetragen wird?
- In welcher Fraktion und Bindungsform liegt das Phosphat im Erosionsmaterial vor?
- Wie groß ist der lösliche bzw. mobilisierbare P-Anteil der Erosionsfracht?
- Welchen Einfluß hat der Chemismus des Vorfluters?
- Kommt es zu einer Remobilisierung der an die Schwebstoffe gebundenen P-Ionen?
- Kommt es zu einer Adsorption des gelösten Phosphates an die Schwebstoffe im Vorfluter?
- Besteht eine Beziehung zwischen dem mit dem Erosionsmaterial eingetragenen P-Vorrat und den gelösten und/oder ungelösten P-Frachten im Vorfluter?
- Besteht eine Beziehung zwischen Abfluß, Schwebstoffgehalt und gelösten und/oder ungelösten P-Konzentrationen im Vorfluter?
- Welche Bedeutung hat der in den Gewässersedimenten fixierte P-Vorrat?

4.2 Gewässerbelastung durch Stickstoff

90 - 95% des in der Krume vorhandenen Stickstoffs sind organisch gebunden. Anorganisch liegt Stickstoff überwiegend als Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+) vor. Nitrat wird im Gegensatz zu den im Boden relativ immobilisierten Phosphaten wegen seiner guten Löslichkeit in starkem Maße mit dem Sickerwasser verlagert und trägt daher über Auswaschungsverluste überwiegend zur Gewässerbelastung bei (Abb. 3). Der durch Boden-erosion bedingte Eintrag von Stickstoff in den Vorfluter und eine daraus resultierende Belastung ist im Vergleich zur Auswaschung relativ gering.

Mit dem erodierten Bodenmaterial kann Stickstoff in gelöster Form als Nitrat und Ammonium sowie in partikulärer, organisch gebundener Form in die Gewässer gelangen. Gegenüber dem Abtrag von organisch gebundenem Stickstoff ist der Abtrag von Nitrat und Ammonium mit der Bodenkrume ziemlich gering. Erste Analysen des Erosionsmaterials ergaben im Vergleich zum Ausgangsmaterial niedrigere Gehalte an mineralischem Stickstoff. Auch die Konzentrationen im Oberflächenabfluß während Erosionsereignissen lagen mit 2 - 7 mg NO_3^-/l und 0,05 - 0,35 mg NH_4^+/l sehr niedrig. Ebenso bestätigen erste Berechnungsversuche die Vermutung, daß der Abtrag von mineralischem Stickstoff mit dem Oberflächenabfluß vergleichsweise unbedeutend ist. Die Nitrat- und Ammonium-Konzentrationen lagen hier meist nur geringfügig über, z.T. sogar unter denen des Regenwassers. K. Mollenhauer u.a. (1985, 132) kommen zu ähnlichen Ergebnissen.

Die Höhe der Nitrat- und Ammonium-Abträge ist allerdings stark von einer Reihe von Randbedingungen abhängig, wie z.B. Bewirtschaftung, Düngung und Jahreszeit, die das aktuelle Angebot an mineralischen Stickstoff sowie die Mineralisations- und Nitrifikations- bzw. Denitrifikationsbedingungen bestimmen.

Zur Bedeutung des Stickstoffabtrags in organisch gebundener Form über Oberflächengewässer liegen bisher nur wenige Untersuchungen vor. Da der Transport des organisch gebundenen Stickstoffs während einer Hochwasserwelle nach dem gleichen Mechanismus abläuft, wie ihn W. Walther (1979) für Schwebstoff, Phosphor, Kalium und organisch gebundenen Kohlenstoff beschreibt, wird der wesentliche Anteil der Stickstoff-Jahresfracht,

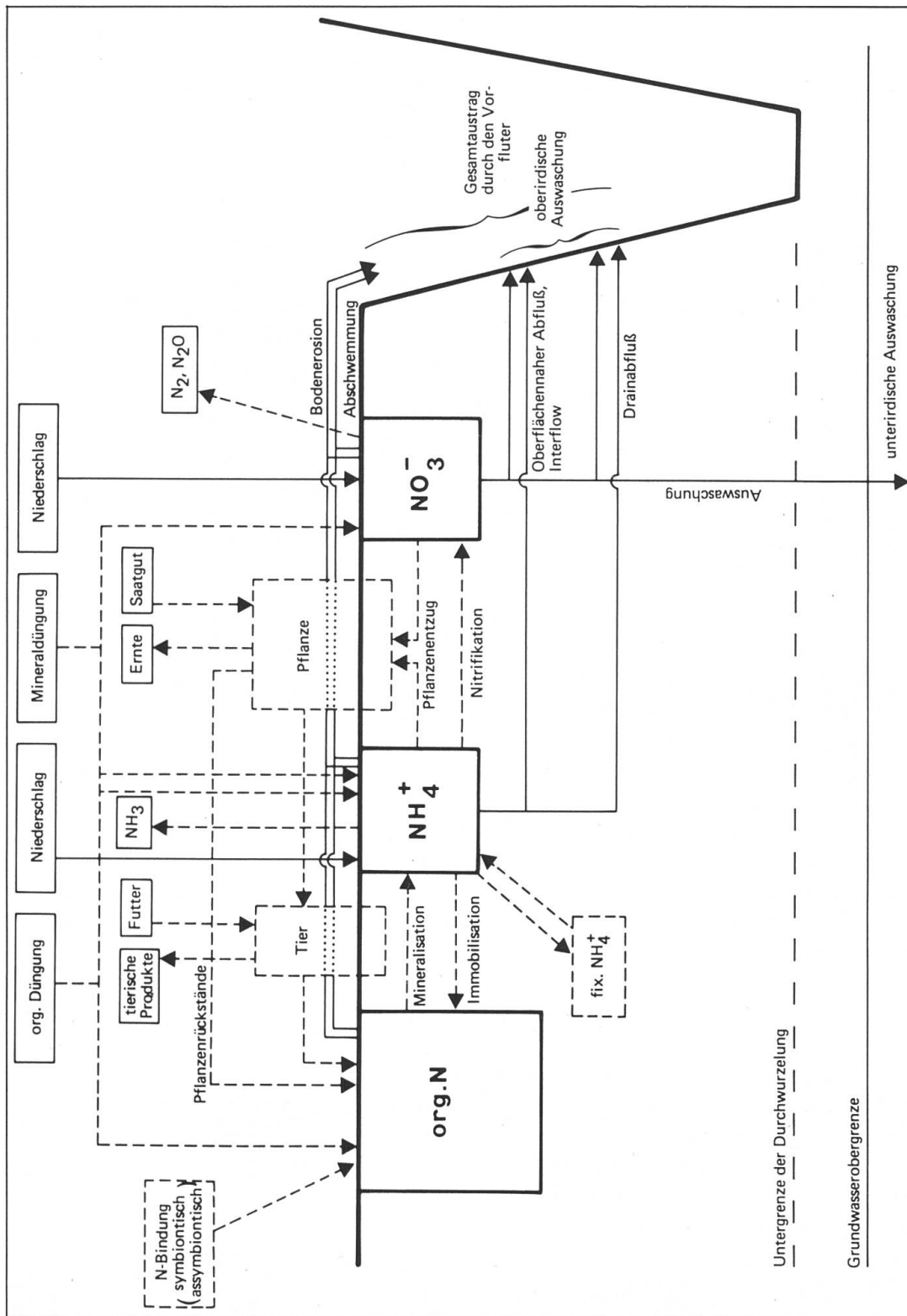


Abb. 3 Stickstoffkreislauf im Boden

Dargestellt sind die für die Bilanzierung im Einzugsgebiet meßbaren Prozesse und Speicher (durchgezogene Linien) sowie die aus Berechnung oder Abschätzung resultierenden Größen (gestrichelte Linien). (Nach W. Walther u.a. 1985, stark verändert.)

der allein auf Erosion zurückzuführen ist, vermutlich durch die organisch gebundene Stickstoffkomponente bestimmt und durch Starkregen-Ereignisse entstehen (DVWK 1985, 89). Bestimmungen von org. C und org. N während Hochwasserwellen sollen dies bestätigen. Die Stickstoffverluste in organisch gebundener Form durch Bodenerosion führen zu einer Verringerung des vorhandenen Stickstoffpools und damit zu einer Reduzierung der Menge des mineralisierbaren Stickstoffs.

Eine weitere Quelle der Gewässerbelastung durch Stickstoff ist die unsachgemäße Ausbringung von organischen Düngern. So ist es in den Untersuchungsgebieten noch eine weit verbreitete Praxis, Gülle auf gefrorenen Boden oder Schnee auszubringen. Durch Niederschläge oder mit der Schneeschmelze können dann durch Abschwemmung oder Bodenerosion größere Mengen Gülle in den Vorfluter gelangen. Um das Ausmaß abschätzen zu können, sollen im Winter Begüllungsversuche auf Schnee auf Testparzellen bei T30 durchgeführt werden sowie gezielt Feldkästen bzw. -stationen in frisch begüllte Felder eingesetzt werden.

Über die Nitratauswaschung und die damit verbundene Belastung von Oberflächen- und Grundwasser liegen zahlreiche Arbeiten vor. Einen Überblick über die sehr umfangreiche Literaturlage und eine zusammenfassende Auswertung der bisherigen Erkenntnisse liefern DVWK (1985) und *W. Walther* u.a. (1985). Abb. 3 zeigt den komplexen Sachverhalt des Stickstoffkreislaufes im Boden und die für eine Stickstoffbilanz zu erfassenden Größen.

Lysimeter- und Saugkerzen-Messungen liefern auf Tiefenhorizonte und auf einen Flächenpunkt bezogene Auswaschungsdaten und sollen den vertikalen Stofftransport charakterisieren. Der größte Teil der ausgewaschenen Stoffmengen gelangt über Dräne und seitliche Sickerwege in den Vorfluter. Dränabfluß, Interflow und Bodenerosion kennzeichnen die lateralen Stofftransporte.

5 Fazit

Bodenerosion wurde lange Zeit nur als Bodenabtragsphänomen betrachtet, die zur Zerstörung bzw. Schädigung der Ackerkrume führt und mehr oder weniger hohe Ertragsverluste zur Folge haben kann. Aspekte der Gewässerbelastung wurden oftmals vernachlässigt. In der laufenden Untersuchung soll versucht werden auf induktivem Weg an Hand von Boden-, Niederschlags-, Sickerwasser-, Vorfluter- und Erosionsuntersuchungen den Nährstoffverbleib und -transport in den Untersuchungsgebieten zu charakterisieren. Neben der Abschätzung der Folgen der festgestellten Boden- und Nährstoffverluste durch Erosion für die Bodenfruchtbarkeit und die langfristige Bodenentwicklung rückt vor allem die Frage einer möglichen Gewässerbelastung in den Vordergrund. Der Austrag an Nährstoffen ist aus landwirtschaftlicher Sicht in der Regel gering, wie Untersuchungen von *W. Seiler* (1983) gezeigt haben, da die Nährstoffverluste durch Erosion durch Niederschläge, Verwitterung und Düngung ausgeglichen werden können. Für Gewässer kann aber schon eine geringe Nährstoffanreicherung bedenklich werden. Somit wird Bodenerosion auch zu einem nährstofflichen Problem.

Für die Bodenerosionsbekämpfung resultieren daraus auch einige besondere Schutzmaßnahmen. Im allgemeinen gelten zwar hinsichtlich der Verminderung die für die Verhütung

der Bodenerosion vorgeschlagenen Schutzmaßnahmen (T. Stauss 1983, 185), erhöhte Priorität kommt aber der Verhinderung einer direkten oder indirekten Einleitung von Erosionsmaterial in den Vorfluter zu. Ein schmaler Ufergrünstreifen längs des Vorfluters würde z.B. den direkten Eintrag erheblich reduzieren. Verringert werden muß aber auch der indirekte Eintrag über die Straßenkanalisation. Im Untersuchungsgebiet konnte an mehreren Stellen beobachtet werden, daß Erosionsrillen direkt in einem Straßengully münden. So wird zwar einerseits oberflächlich abfließendes Wasser abgeleitet und kann zu keinen weiteren Schäden führen, andererseits gelangt dadurch Erosionsmaterial von weit vom Vorfluter entfernten Feldern in die Gewässer. Ursachenbekämpfung sollte daher im Mittelpunkt stehen.

Basierend auf einer Bodenerosionsgefährdungskarte (T. Jenne 1987) soll ein Maßnahmenkatalog zur Bodenerosionsminderung bzw. -bekämpfung entwickelt werden. Dieser kann jedoch aufgrund der spezifischen Standortverhältnisse keine Allgemeingültigkeit besitzen, vermutlich muß für jede potentielle Gefährdungsstelle eine eigene, auch für den Landwirt akzeptable Lösung gefunden werden.

Neben den direkten Bodenerosionsbekämpfungsmaßnahmen können auch vorbeugende Maßnahmen, z.B. bezüglich der Bewirtschaftung und Düngung, getroffen werden. Je besser der Dünger in die Krume eingearbeitet wird, desto geringer bleibt der mögliche Abtrag (besonders P-Abtrag) bei Erosion. Eine Vermeidung bzw. knappe Bemessung der Stickstoffdüngung im Herbst und eine optimale Bemessung der Frühjahrsstickstoffgabe nach Zeit und Höhe verringern die Nitratauswaschung erheblich. Weiterhin muß die unsachgemäße Ausbringung wirtschaftseigener organischer Dünger hinsichtlich Menge und Einsatzzeit verhindert werden.

RÉSUMÉ

On présente un schéma des études en cours depuis le printemps 1987 dans le Jura tabulaire bâlois. L'étude de l'érosion des sols s'est faite dans une perspective géo-écologique; on est parti de l'échelle des mesures élaborée par R.-G. Schmidt (1983), qu'on a complétée par des investigations concernant le bilan des éléments fertilisants, notamment des bilans hydrologiques d'ordre géochimique.

En mesurant et en comparant à la fois l'érosion des sols et le transport des éléments fertilisants dans les eaux d'écoulement, il est devenu possible d'établir la part de l'hydrologie dans l'érosion des sols, ce qui constitue une contribution à l'étude du processus eutrophique. L'analyse de la teneur en phosphate et en azote dans le matériau d'érosion et dans les eaux d'écoulement devient ainsi primordiale. De nombreuses questions et des hypothèses de travail sont formulées à cet égard. Un examen sommaire des études réalisées a montré que l'érosion des sols peut être considérée essentiellement comme un problème d'éléments fertilisants, et ce, plutôt du point de vue hydrologique que du point de vue agricole. D'où les mesures préconisées dans la lutte contre l'érosion des sols.

Résumé: V. Prasuhn

Traduction: P. Meyer

LITERATUR

Bernhardt, H. (1976): Die Bedeutung der Erosion landwirtschaftlich genutzter Flächen als Ursache der eutrophierenden Phosphorbelastung stehender Gewässer. — In: Forschung u. Beratung, Reihe C, H. 30, 139-166

- Bernhardt, H.* (Hrsg.) (1978): Phosphor – Wege und Verbleib in der Bundesrepublik Deutschland. – Hauptausschuß "Phosphate und Wasser" der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Weinheim/New York, 285 S.
- Dipner, M.* (1986): Differenzierung des Nährstoffhaushaltes und seine Beziehung zu Boden, Wasserhaushalt und Niederschlagsinput im Bodenerosionsgebiet Jura I (Basler Tafeljura bei Anwil). – = Diplomarbeit, Basel, 130 S. (Manuskript.)
- DVWK (Hrsg.) (1985): Bodennutzung und Nitrataustrag. Literaturlauswertung über die Situation bis 1984 in der Bundesrepublik Deutschland. – = DVWK-Schriften 73, Hamburg/Berlin, 225 S.
- Furrer, O.J. und Gächter, R.* (1972): Der Beitrag der Landwirtschaft zur Eutrophierung der Gewässer in der Schweiz. II: Einfluß von Düngung und Nutzung des Bodens auf die Stickstoff- und Phosphormengen im Wasser. – In: Schweiz. Ztschr. f. Hydrologie, 34/1, 71-94
- Hamm, A.* (1976): Zur Nährstoffbelastung von Gewässern aus diffusen Quellen. Flächenbezogene P-Angaben – eine Ergebnis- und Literaturzusammenstellung. – In: Ztschr. Wasser- u. Abwasser-Forschung, 9/1, 4-10
- Hauffe, H.-K.* (1982): Nährstoffausträge aus unterschiedlich genutzten Landschaften (Untersuchungen im östl. Bodensee-Einzugsgebiet). – = Diss. Hohenheim
- Hirmer, R.* (1984): Nährstoffaustrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. – = Informationsber. Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, H. 2, München, 236 S.
- Jenne, T.* (1987): Der Zusammenhang "Wasserhaushalt-Bodenerosion" im Geoökosystem, dargestellt am Beispiel eines Kleineinzugsgebietes im Oberbaselbieter Tafeljura bei Anwil im hydrologischen Jahr 1986. – = Diplomarbeit, Basel, 206 S. (Manuskript.)
- Koepf, H.H. und Klett, M.* (1970): Zur Stoffverfrachtung durch ursprungsnahc Oberflächengewässer. – In: Wasser u. Boden, 22, 326-328
- Lehnardt, F., Brechtel, H.M. und Boneß, M.K.E.* (1983): Chemische Beschaffenheit und Nährstofftransport aus kleinen Einzugsgebieten unterschiedlicher Landnutzung im Nordhessischen Buntsandsteingebiet. – In: DVWK-Schriften 57, Hamburg/Berlin, 177-298
- Leser, H.* (1983): Das achte Basler Geomethodische Colloquium: Bodenerosion als methodisch-geökologisches Problem. – In: Geomethodica, 8, Basel, 7-22
- Leser, H.* (1986): Bodenerosion – Erforschung eines geoökologischen Prozesses. – In: Hallesches Jahrbuch f. Geowissenschaften, Bd. 11, Gotha, 1-17
- Mollenhauer, K., Müller, S. und Wohlrab, B.* (1985): Oberflächenabfluß und Stoffabtrag von landwirtschaftlich genutzten Flächen. Untersuchungsergebnisse aus dem Einzugsgebiet einer Trinkwassertalsperre. – In: DVWK-Schriften 71, Hamburg/Berlin, 103-183
- Ohle, W.* (1953): Phosphor als Initialfaktor der Gewässereutrophierung. – In: Vom Wasser, 20, 11-23
- Schmidt, R.-G.* (1983): Technische und methodische Probleme von Feldmethoden der Bodenerosionsforschung. – In: Geomethodica, 8, Basel, 51-85
- Schulte-Wülwer-Leidig, A.* (1985): Der Einfluß unterschiedlicher landwirtschaftlicher Bodennutzung auf die Stofffrachten kleiner Wasserläufe der Wahnachtalsperrenregion. – = Diss. Gießen, 234 S.
- Schwertmann, U.* (1973): Der landwirtschaftliche Anteil am Phosphat-Eintrag in Gewässer (Literaturübersicht) und die Bedeutung des Bodens hierfür. – In: Ztschr. Wasser- u. Abwasser-Forschung, 6, 190-196
- Seiler, W.* (1983): Bodenwasser- und Nährstoffhaushalt unter Einfluß der rezenten Bodenerosion am Beispiel zweier Einzugsgebiete im Basler Tafeljura bei Rothenfluh und Anwil. – = Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie, Bd. 5, Basel, 510 S.
- Stauss, T.* (1983): Bodenerosion, Wasser- und Nährstoffhaushalt in der Bodenerosionstestlandschaft Jura I im hydrologischen Jahr 1982. – = Diplomarbeit, Basel, 270 S. (Manuskript.)
- Vavrch, S.* (1987): Böden und Erosion im schweizerischen Tafeljura. – In: Regio Basiliensis, 28, Basel, 103-114

- Voss, W.* (1978): Ermittlung der Nährstoffumlagerung durch Erosion und Charakterisierung der Erosionsfracht einiger Vorfluter in hessischen Mittelgebirgs-Kleinlandschaften. — = Diss. Gießen, 263 S.
- Walther, W.* (1979): Beitrag zur Gewässerbelastung durch rein ackerbaulich genutzte Gebiete mit Lößböden. — = Veröff. Inst. f. Stadtbauwesen TU Braunschweig, H. 28, 372 S.
- Walther, W., Scheffer, B. und Teichgräber, B.* (1985): Ergebnisse langjähriger Lysimeter-, Drän- und Saugkerzenversuche zur Stickstoffauswaschung bei landbaulich genutzten Böden und Bedeutung für die Belastung des Grundwassers. — = Veröff. Inst. f. Stadtbauwesen TU Braunschweig, H. 40, 216 S.
- Wiechmann, H.* (1973): Beeinflussung der Gewässereutrophierung durch erodiertes Bodenmaterial. — In: Landwirtschaftliche Forschung, 26/1, 37-46