

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 38 (1997)
Heft: 3

Artikel: Abschätzung der Auswaschungsgefährdung unter Verwendung von GIS-Methoden (Einzugsgebiet "Länenbachtal", Rothenfluh/BL)
Autor: Meier-Zielinski, Stefan
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088266>

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>

Abschätzung der Auswaschungsgefährdung unter Verwendung von GIS-Methoden (Einzugsgebiet "Länenbachtal", Rothenfluh/BL)

Stefan Meier-Zielinski

Zusammenfassung

Der Einfluss des Drainageleitungssystems im tonreichen Gebiet des Länenbachtal im Baselbieter Tafeljura ist sehr gross (50% des Gesamtabflusses). Dies ist das Ergebnis zahlreicher Messungen des Wasser- und Stoffhaushaltes im Untersuchungsgebiet. Die so gewonnenen Erkenntnisse wurden zur Entwicklung eines GIS-gestützten Auswaschungsgefährdungsmodells herangezogen. aufgrund der Felddatenerhebungen kann das Modell als Planungsinstrument eingesetzt werden und bei vorhandener Datenlage auch in andere Einzugsgebiete übertragen werden. Das Modell erlaubt dem Landwirt die Lokalisation der besonders gefährdeten Bereiche auf seinen Ackerschlägen, unter besonderer Berücksichtigung der Drainageleitungen im Boden. Der Vergleich der GIS-gestützten Karten mit der vom Bodenkartierdienst FAP Reckenholz herausgegebenen Güllersikokarte, die eine ähnliche Aussage erlaubt, gibt Anlass, über eine Überarbeitung dieser Karte nachzudenken, da dort der grosse Einfluss der Drainageleitungen gänzlich vernachlässigt wird.

1 Einleitung

Seit 1984 werden vom Geographischen Institut der Universität Basel im Einzugsgebiet des Länenbaches (Baselbieter Tafeljura) Erosionsschadenskartierungen durchgeführt. Neben den Erosionsprozessen wird dabei das Augenmerk auch auf die damit verknüpften wasser- und stoffhaushaltlichen Aspekte in agrarisch genutzten Ökosystemen gelegt.

Adresse des Autors: Stefan Meier-Zielinski, Departement für Geographie, Universität Basel, Spalenring 145, CH-4055 Basel

In der vorliegenden Arbeit wurde speziell der Einfluss des Drainageleitungssystems auf den Gebietswasser- und Stoffhaushalt und die Gefahr der Auswaschung von Stoffen (hauptsächlich flüssiger Hofdünger) in den Vorfluter untersucht. In den tonreichen Böden des Einzugsgebietes wurden aufgrund der schlechten Entwässerungseigenschaften sehr viele Drainagerohre verlegt. Es existieren für den praktizierenden Landwirt jedoch wenig Informationen darüber, zu welcher Zeit und auf welchen Flächen die Gefahr einer Auswaschung von aufgebrachtem Hofdünger besonders gross ist. Ziel der Arbeit war es, sowohl aufgrund von Abfluss- und Stoffmessungen am Gesamtabfluss als auch an den einzelnen in den Vorfluter entwässernden Drainagerohren, den Einfluss der Drainage auf den Gebietswasserhaushalt zu erforschen und parallel dazu ein Modell zu entwickeln, welches es erlaubt, mit Hilfe von GIS-Techniken (Geographisches Informationssystem) durch Überlagerung verschiedener Informationsschichten (Boden, Landnutzung, Relief und Drainageinformation) Flächen unterschiedlich hoher Risikostufen bezüglich der Auswaschungsgefährdung auf den Ackerparzellen auszuscheiden. Die mit Hilfe von GIS-Techniken erarbeiteten Risikokarten konnten mit der amtlichen Risikokarte für Sicker- und Abschwemmverlust von Pflanzennährstoffen des Kantons Basel-Landschaft, die eine ähnliche Aussage erlaubt, verglichen werden.

2 Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet Länenbachtal in der Gemeinde Rothenfluh (BL) liegt im Baselbieter Tafeljura, ca. 30 km südöstlich von Basel. Das Kleineinzugsgebiet liegt am Oberlauf der Ergolz, die zum Rhein hin entwässert. Da das Länenbachtal seit langem Forschungsgebiet des Geographischen Institutes der Universität ist, existieren ausgiebige Beschreibungen der naturräumlichen Ausstattung der Region und des Untersuchungsgebietes (Vavrch 1988, Prasuhn 1991).

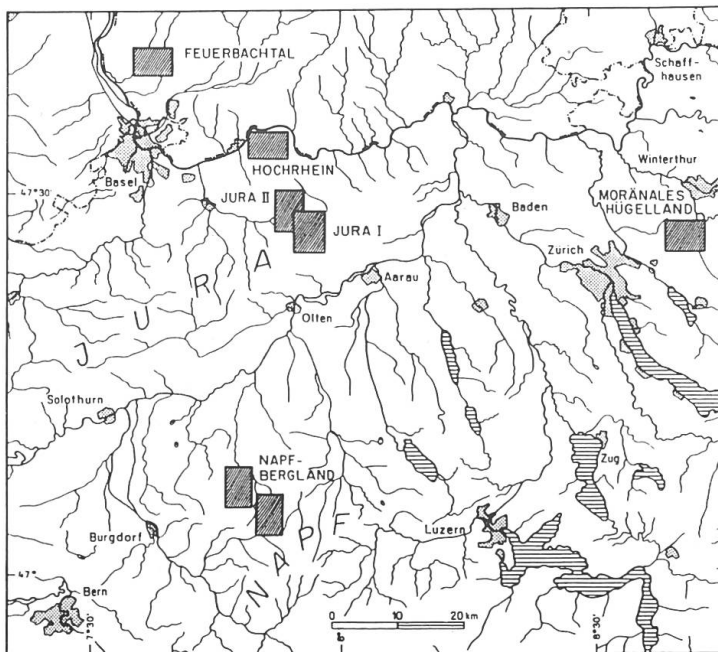


Abb. 1 Lage des Untersuchungsgebietes Länenbachtal (Jura II).

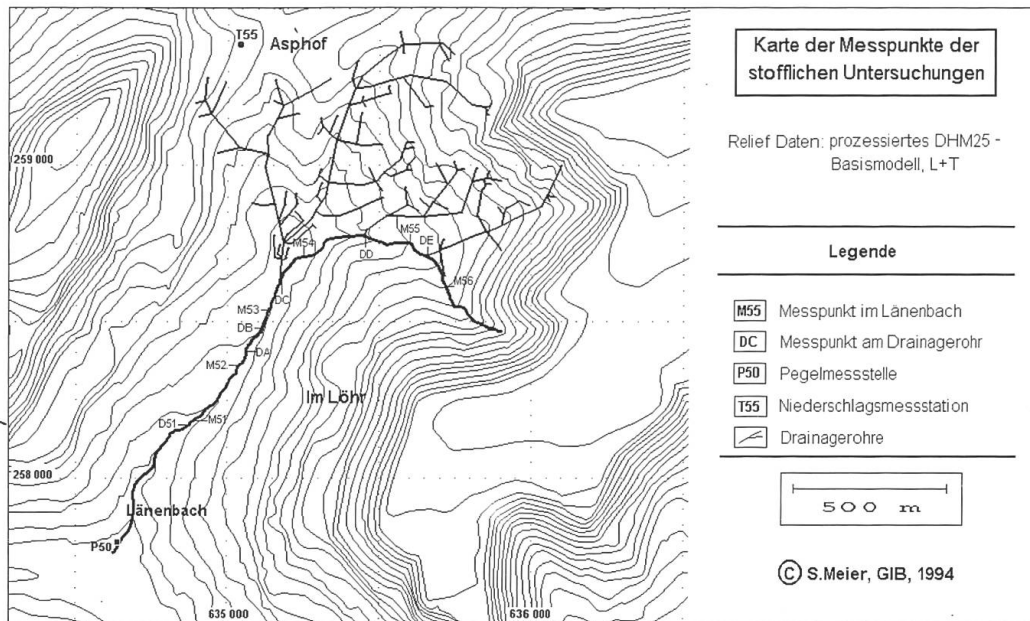


Abb. 2 Karte der Messpunkte der stofflichen- und wasserhaushaltlichen Untersuchungen im Länenbachgebiet und des Drainageleitungsnetzes.

3 Das methodische Vorgehen

Das methodische Vorgehen bestand je zur Hälfte aus konventionellen Feld- und Auswertemethoden und aus GIS-Modellierungen. In diesem Aufsatz wird das GIS-Modell vorgestellt und durch einige wichtige Erkenntnisse der Felddatenerhebung ergänzt.

Seit 1990 wird am Geographischen Institut der Universität Basel (GIB) mit Hilfe von GIS-Ansätzen an landschaftsökologischen Modellen gearbeitet. Dabei geht es vornehmlich darum, konventionelle Bewertungsverfahren für Nutzungsrisiken, wie sie in der BALVL (Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes, Marks *et al.* 1992) und der KA GöK 25 (Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25'000, Leser & Klink 1988) dargestellt sind, in ein GIS zu integrieren, um so grossflächige Aussagen über ganze Einzugsgebiete machen zu können. Ein Beispiel für ein solches Modell ist das zweistufige Basler Bodenerosionsmodell von Dräyer & Fröhlich (1993).

Die Anforderungen an dieses Modell waren:

1. Die Lokalisation der durch Bodenerosion gefährdeten Bereiche.
2. Bestimmung der Bodenerosionsgefährdungsstufen.

Analog dazu lauteten die Anforderungen an das hier vorgestellte Auswaschungsgefährdungsmodell:

1. Lokalisation der durch Auswaschung über das Drainageleitungsnetz gefährdeten Bereiche
2. Bestimmung der Auswaschungsgefährdungsstufen

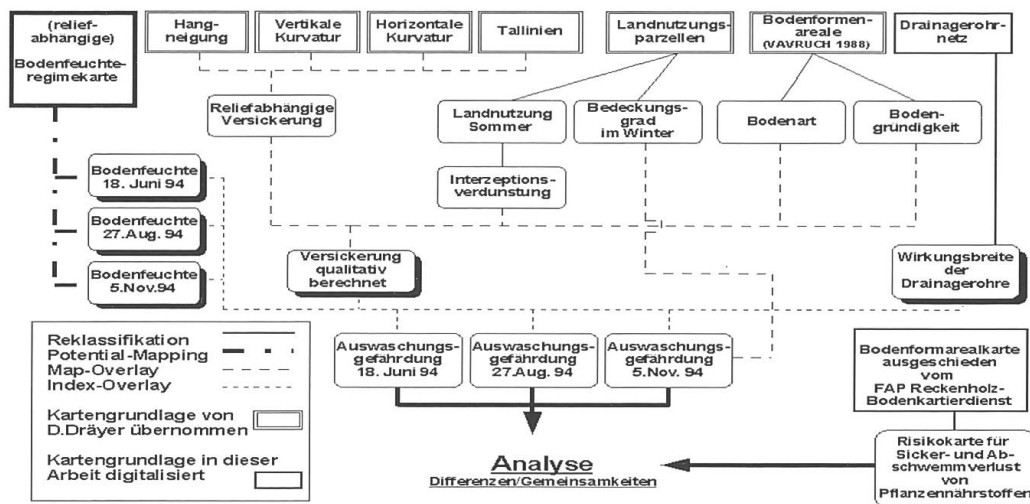


Abb. 3 GIS-Ablaufschema des Auswaschungsgefährdungsmodells.

Das in Abb. 3 dargestellte Flussdiagramm zeigt den Arbeitsablauf der GIS-Modellierungen. Dieses setzt sich zusammen aus den Dateneingaben in den Bereichen Relief, Boden, Landnutzung und Verlauf der Drainagerohre sowie mehreren Verschneidungen dieser Informationsschichten zu den Auswaschungsgefährdungskarten.

4 Das GIS-Modell zur Bestimmung der Auswaschungsgefährdung

Das GIS-Modell lässt sich nach Abb. 3 in verschiedene Einzelarbeitsschritte unterteilen:

4.1 Verlauf und Wirkungsbreite der Drainagerohre

Grundvoraussetzung für die Bestimmung der Auswaschungsgefährdung von Stoffen über das Drainageleitungsnetz ist die Kenntnis des genauen Verlaufs derselben sowie ihrer Wirkungsbreite. Der exakte Verlauf der Drainrohre konnte für einen Teil des Untersuchungsgebietes einer Papierkarte im Massstab 1:10'000 (Quelle: Vavruch 1991) entnommen und digitalisiert werden.

Als nächster Schritt folgte die Festlegung der Wirkungsbreite der Drainagerohre. Aufgrund von Literaturwerten (Eggelsmann 1981) und Erfahrungswerten (Dräyer, mündliche Mitteilung) über die Drainwirkung in tonreichen Böden wurden zwei Zonen in unterschiedlich grossem Abstand zu den Rohren festgelegt.

Der Bereich 0-5 Meter Abstand zum Drainrohr stellt die Zone mit schneller Entwässerung, der Bereich zwischen 5-10 Meter Abstand die Zone langsamerer Entwässerung dar (Abb. 4).

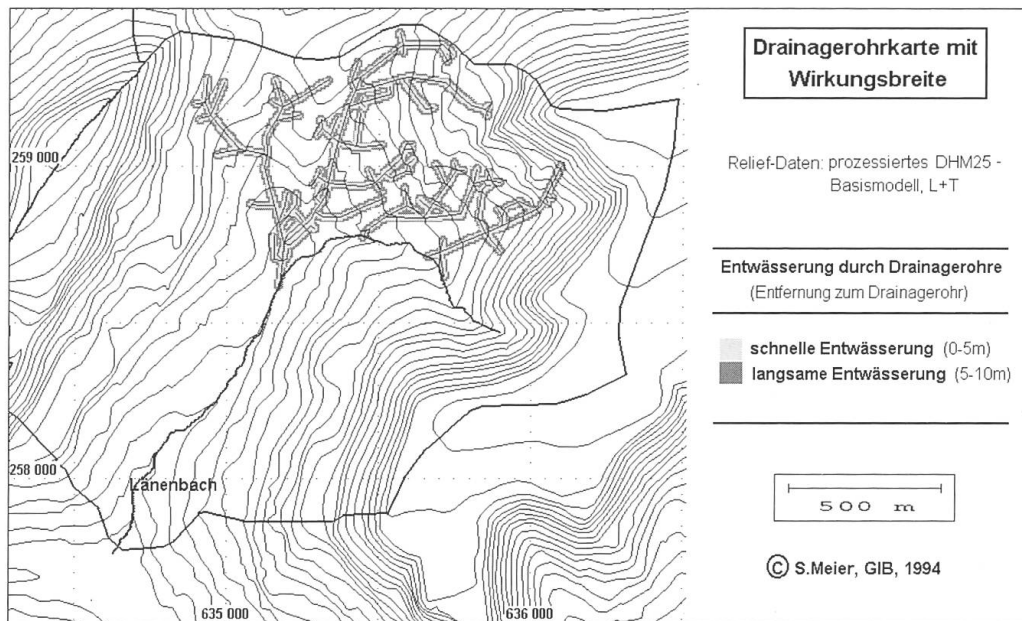


Abb. 4 Verlauf der Drainagerohre und deren Wirkung auf die Entwässerung des Bodens.

4.2 Die Versickerungskarte des Untersuchungsgebietes

Auf dem Feld aufgebracht Hofdünger sickert in Abhängigkeit von Relief, Bodeneigenschaften und Landnutzung unterschiedlich stark in den Boden. Es musste also eine Versickerungskarte des Untersuchungsgebietes erstellt werden, auf der Flächen unterschiedlich hoher Versickerungsraten ausgeschieden werden konnten.

Der erste Schritt bestand darin, das Versickerungspotential in Abhängigkeit vom Relief zu modellieren. Am Geographischen Institut der Universität Basel (GIB) wird seit einiger Zeit das Verfahren der GIS-gestützten Reliefanalyse eingesetzt (Huber 1994), und es konnte auf verschiedene Reliefkarten von Dräyer (1996) zurückgegriffen werden. Die Reliefanalyse liefert unter anderem Karten der Hangneigung, der Kurvatur, sowie der Tal- und Gratlinien im Untersuchungsgebiet. Diese wurden aufgrund von Gesetzmässigkeiten der Hanghydrologie (Kirkby 1978) und folgenden Überlegungen in einer Gleichung zu einer reliefabhängigen Versickerungskarte verrechnet:

- Grundsätzlich versickert Wasser entlang der Tiefenlinien konkaver Formen und Ebenen. Die Hangneigung entscheidet zwischen vermehrter Infiltration oder grösserem Abfluss.
- Ausser dem direkten Einfluss von Hangneigung, konkaven und konvexen Wölbungen wirkt das Relief auch indirekt durch die reliefabhängige Ausbildung des Substrates und des Bodens (Farrenkopf 1987, 74).
- Die Versickerungsraten der Klassen sind abhängig vom jeweiligen Relief. In konkaven Landformen versickert mehr Wasser als in gestreckten oder gar konvexen Bereichen. Diese Dreiteilung ergibt für eine Ebene (0° - 2°) jedoch keinen Sinn mehr. Somit werden aus ursprünglich vier Klassen zehn Klassen gebildet (vgl. Tab. 3-5). Unter der Annahme, dass die Versickerungsrate der

Tab. 1 Schema zur Reduzierung der ursprünglich zehn Hydroliefklassen auf fünf für die GIS-Modellierung relevante Klassen. Die fünf Klassen der Tabelle entsprechen den Klassen der GIS-Versickerungskarte.

Hangneigung	Reliefform	Klasse	reduzierte Klassenzahl
0° – 2°	–	1	1
2° – 7°	konkav gestreckt konvex	2	2
		3	3
		4	3
7° – 15°	konkav gestreckt konvex	5	4
		6	4
		7	4
> 15°	konkav gestreckt konvex	8	5
		9	5
		10	5

Ebene (0° - 2°) gleich ist wie diejenige der Hangneigung 2° - 7° mit konkaver Geländeform und dass dieser Denkansatz auf alle zehn Klassen angewendet wird, folgt eine Reduzierung der Klassenzahl von zehn auf fünf (vgl. Tab. 1).

Daran anschliessend wurden die vorhandenen Bodeninformationen (Gründigkeit, Bodenart) und die Landnutzungsverhältnisse mit der reliefabhängigen Versickerung verschnitten. Ergebnis ist eine qualitativ berechnete Versickerungskarte des Einzugsgebietes (Abb. 5).

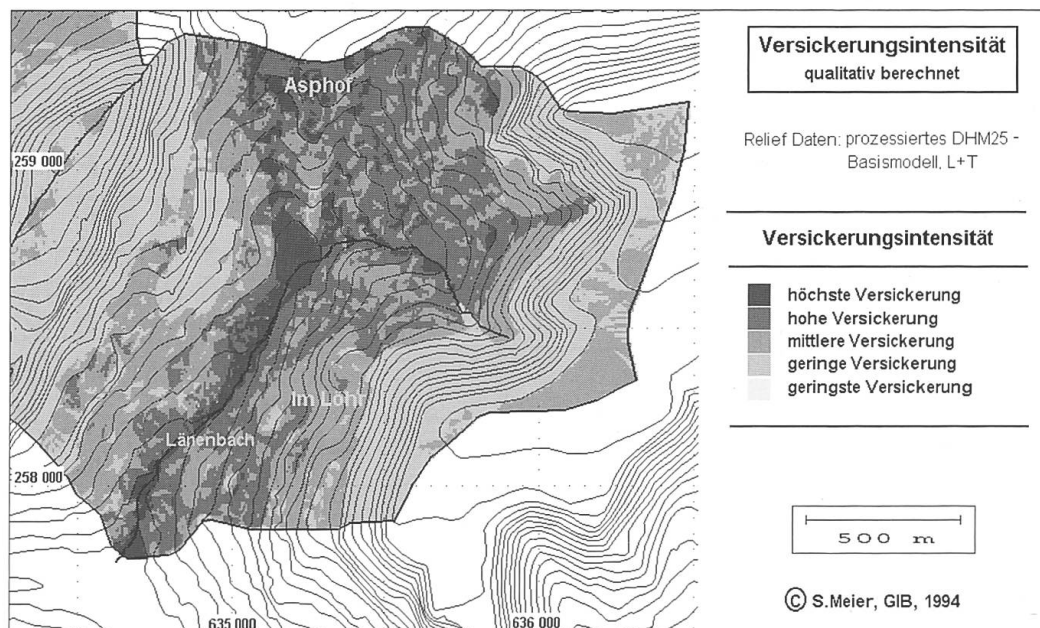


Abb. 5 Karte der Versickerungsintensität im Länenbachtal.

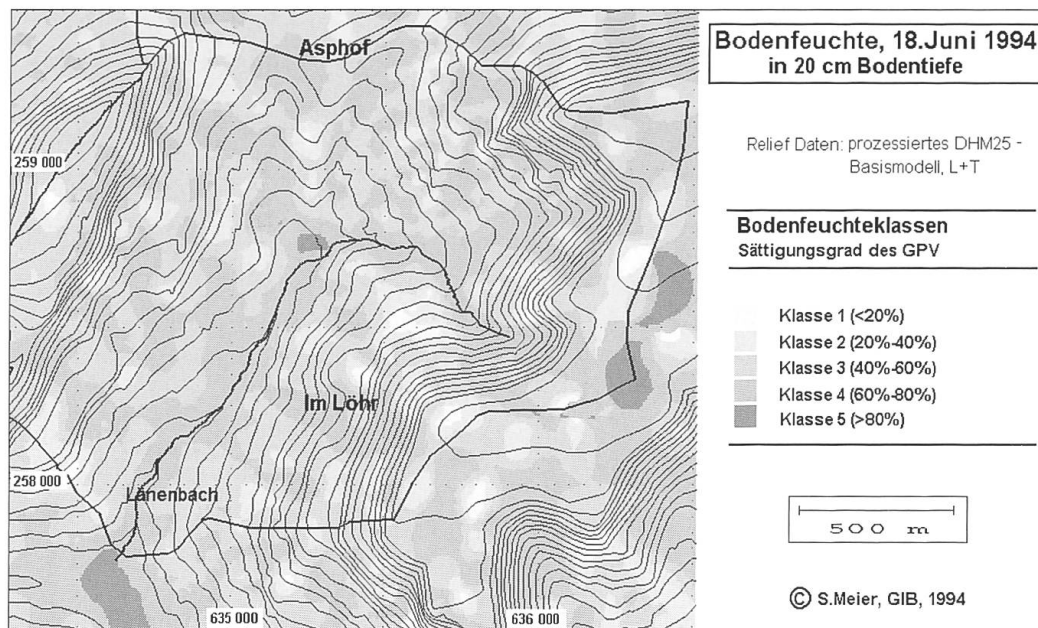


Abb. 6 Bodenfeuchtezustand im Länenbachtal am 18. Juni 1994 in 20 cm Bodentiefe, dargestellt in Sättigungsgraden des Gesamtporenvolumens des Bodens.

4.3 Die Bodenfeuchtekarten

Der nächste Arbeitsschritt war das Erarbeiten von flächendeckenden Bodenfeuchtekarten für das Untersuchungsgebiet (UG).

Der Bodenwasserhaushalt steht zu allen Stofftransportprozessen im Boden in enger Verbindung und somit auch zum Prozess der Auswaschung über Drainagerohre. Da die Bodenfeuchte im Laufe eines Jahres eine charakteristische Ganglinie aufweist und dadurch der Einfluss auf Stofftransportprozesse je nach aktueller Bodenfeuchte sehr differenziert ist, mussten verschiedene Bodenfeuchteverhältnisse ins Modell einfließen.

Um die tatsächlich im Gebiet vorherrschenden Verhältnisse im Modell wiedergeben zu können, mussten im Feld Messungen vorgenommen werden. Zu drei verschiedenen Witterungssituationen (Feuchteperiode im Frühjahr, Trockenperiode im Sommer und Nässeperiode im Herbst) wurden an ca. 40 Messpunkten über das gesamte Einzugsgebiet verteilt gravimetrische Feuchtemessungen in 20 und 70 cm Bodentiefe durchgeführt. Anschliessend wurden die Messergebnisse über eine Regression mit Reliefeinheiten interpoliert (Meier 1996) und für das gesamte Einzugsgebiet flächendeckend dargestellt (Abb. 6). So entstanden flächendeckende Bodenfeuchtekarten für drei unterschiedliche Witterungssituationen. Hier ist die Karte des Juni dargestellt (Nässeperiode).



Abb. 7 Risikokarte für Auswaschungsverlust über das Drainageleitungsnetz am 18. Juni 1994.

4.4 Die Auswaschungsgefährdungskarten

Die Ergebnisse der Schritte 1-3 wurden nun zur eigentlichen Auswaschungsgefährdungskarte miteinander verschnitten. Dafür wurde folgende Überlegung zugrunde gelegt: Das Risiko einer Auswaschung von aufgebrachtem flüssigem Hofdünger über das Drainageleitungsnetz ist dann besonders hoch, wenn gleichzeitig

- der Boden momentan stark wassergesättigt ist, also die Bodenfeuchte sehr hoch ist,
- das Versickerungspotential besonders hoch ist,
- die Ackerparzelle im Nahbereich eines Drainagerohres liegt.

Durch diese Überlegung und deren Anwendung auf alle Klassen der Ausgangskarten konnten die Auswaschungsgefährdungskarten mit verschiedenen Risikostufen ausgeschieden werden (Abb. 7).

5 Überprüfung des GIS-Modells mit Hilfe von Felddaten

Zum einen flossen die durchgeführten Bodenfeuchtemessungen direkt in das GIS-Modell ein. Zum anderen sollten die weiteren Felduntersuchungen die im GIS Modell gemachten Annahmen unterstreichen, d.h. den im Modell angenommenen starken Einfluss von Versickerung und Drainageleitungen auf die Gefahr der Auswaschung untermauern.

1.4 - 31.10.1994

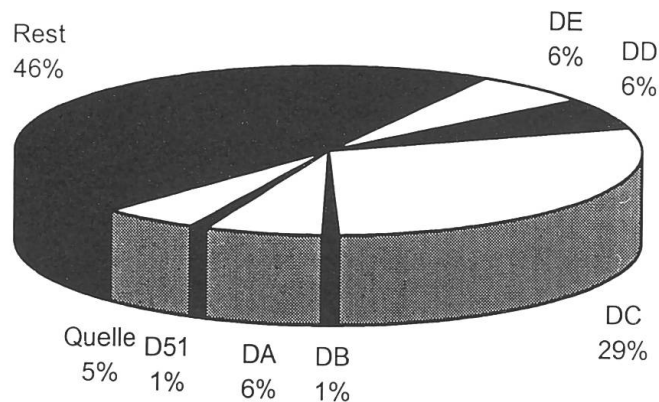


Abb. 8 Prozentualer Anteil der Drainagerohrspenden am Gesamtabfluss im Zeitraum vom 1.4.-31.10.1994, gemittelt aus den wöchentlichen Abflussmessungen der einzelnen Drainageeinläufe sowie des Gesamtabflusses (P50). Ungefähre Einzugsgebietsgrösse der Drainrohre: DC = 0.5 km², DD = 0.1 km² und DE = 0.17 km² (UG = 2.7 km²).

Neben Niederschlags- und Verdunstungsmessungen, die zur Aufstellung der Wasserbilanz für das hydrologische Jahr 1994 nötig waren, wurden Abfluss- und Stoffmessungen am Gesamtabfluss und an den einzelnen Drainageeinläufen vorgenommen, um den Anteil der Drainwasserspende am Gesamtabfluss genau bestimmen zu können.

Abb. 8 zeigt den prozentualen Anteil der Abflussmengen der einzelnen Drainagerohre (D51-DE). Es zeigte sich, dass der Anteil der Drainwasserspende am Gesamtabfluss ca. 50 % beträgt. Dieser Wert liegt noch etwas unter den von *Prasuhn & Braun* (1994) gemachten Angaben, wonach im Mittelland und Jura bis 75 % der Abflussmenge auf Drainagen entfällt.

Die im GIS-Modell berücksichtigten Drainrohre DC, DD und DE (Abb. 2) machen zusammen ca. 40 % der Gesamtabflussspende aus. Diese Tatsache unterstreicht den grossen Einfluss der Drainageleitungen auf den Gebietswasserhaushalt. Der mit dem Gebietswasserhaushalt stark verknüpfte Austrag von Nitrat und Phosphat wurde ebenfalls untersucht. Einzelne chemische Stoffanalysen ergaben zum Teil extrem hohe Werte von Nitrat im Drainwasser. Besonders bei hoher Bodendurchfeuchtung ergaben sich hohe Stoffmengen. Dies spricht für die im GIS-Modell gemachte Annahme einer hohen Auswaschungsgefahr bei hoher Bodenfeuchte. Die Nitrat- und Phosphatmessungen wurden in unregelmässigen Abständen zu unterschiedlichen Witterungssituationen durchgeführt. Es lässt sich also keine exakte Korrelation zwischen Abflussmenge, Bodenfeuchte und Stoffaustrag aufstellen, sondern lediglich die schon beschriebene Tendenz aufzeigen.

6 Der Vergleich der "Güllerisikokarte" mit den Karten der Auswaschungsgefährdung über das Drainageleitungsnetz

Ein Ziel der Forschungsarbeit lag darin, die mit Hilfe von GIS-Techniken modellierten Karten der Auswaschungsgefährdung von Pflanzennährstoffen über das Drainageleitungsnetz mit der schon eingangs erwähnten Karte für Sicker- und Abschwemmverlust von Pflanzennährstoffen (Güllerisikokarte, vgl. Abb. 9) des Bodenkartierdienstes FAP Zürich-Reckenholz zu vergleichen.

Im Zentrum standen dabei folgende Fragen:

- Wo liegen die Unterschiede in den Karten?
- Wodurch sind diese bedingt?
- Muss die Güllerisikokarte aufgrund der GIS-Modellierungen eventuell im Nahbereich der Drainageleitungen modifiziert werden?

Die Güllerisikokarte, die einer ersten Abschätzung des Sicker- und Abschwemmverlustes dienen soll, ist durch die Tatsache, dass hier zwei sehr unterschiedliche Prozesse in ein und derselben Karte dargestellt werden, wenig differenziert. Der Vergleich der GIS-Karte mit der Güllerisikokarte zeigt starke Diskrepanzen im Bereich der Drainageleitungen auf. Die GIS Karte vom 18. Juni 1994 weist im Vergleich mit der Güllerisikokarte fast durchweg ein um zwei Klassen höheres Auswaschungsrisiko im Nahbereich der Drainagen auf. Aus diesem Grund muss über eine Modifizierung der Güllerisikokarte nachgedacht werden.

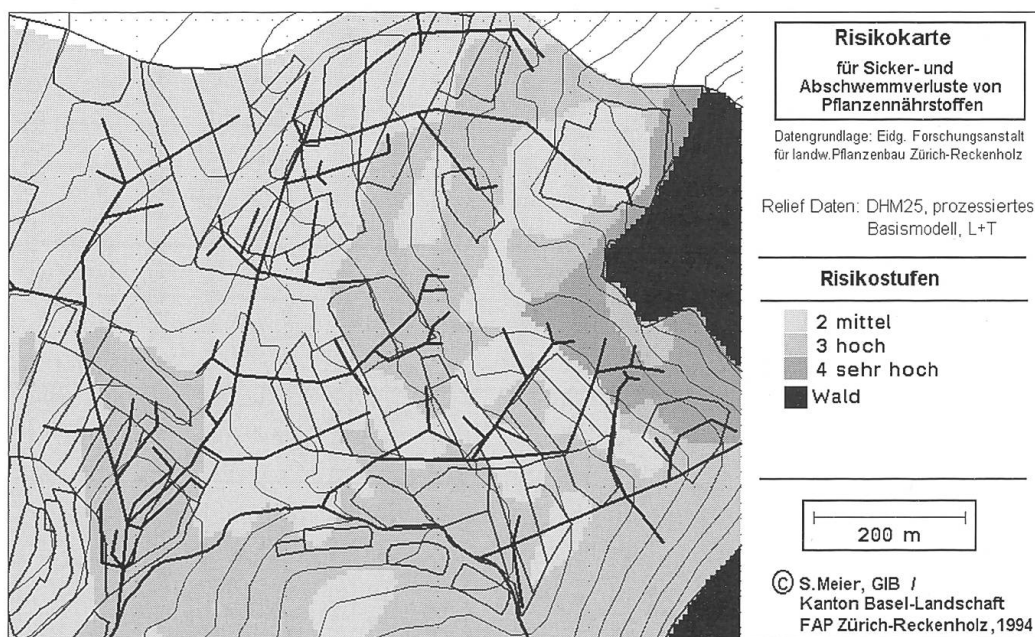


Abb. 9 Risikokarte für Sicker- und Abschwemmverlust von Pflanzennährstoffen des Kantons Basel-Landschaft. Datengrundlage: Bodenkartierung Kanton Basel-Landschaft

7 Fazit

Die Felddaten liefern eine gute Einschätzung des Wasserhaushaltes im Einzugsgebiet des Länenbach sowie eine erste Idee eines Modells zur Auswaschungsgefährdung. Die direkte Umsetzung der im Feld gemachten Beobachtungen im GIS-Modell erweist sich jedoch als schwierig. Die Ergebnisse der Abfluss- und Stoffmessungen an den Drainagerohren lassen sich nicht direkt in ein GIS einbringen. Es lässt sich jedoch aufgrund der Felddatenerhebungen die Gefahr der Auswaschung von Stoffen über das Drainageleitungsnetz abschätzen und dies wiederum durch die Darstellung der Wirkungsbreite der Drainagerohre im GIS-Modell umsetzen. Der grosse Einfluss des Drainageleitungsnetzes auf die Gefahr der Stoffauswaschung konnte durch Feldmessungen bestätigt werden.

Die Vorteile dieses GIS-gestützten Modells sind:

- Die meisten für das Modell benötigten Eingabedaten liegen bereits von offizieller Seite in digitaler Form vor (z.B. DHM25, L+T).
- Gibt es für ein Einzugsgebiet einen detaillierten Plan des Drainageleitungsnetzes, so lässt sich dieser leicht in digitale Form bringen und seine Wirkungsbreite darstellen.
- Durch das Einbinden des witterungsabhängigen Faktors Bodenfeuchte lässt sich eine jahreszeitliche Dynamik der Auswaschungsgefahr darstellen.
- Das Modell lässt sich in andere Einzugsgebiete, in denen eine ähnliche Naturraumausstattung vorherrscht und digitale Daten zu Verfügung stehen, übertragen.

8 Empfehlungen für die Praxis aufgrund der Modellergebnisse

Das Modell kann für die Planungspraxis in einigen Fällen als Entscheidungshilfe dienen. Es zeigt den Ackerbauern, zu welchen Jahreszeiten und auf welchen Flächen aufbrachte Pflanzennährstoffe leicht wieder ausgewaschen werden können. Dem Planer wird diejenige Stelle im Einzugsgebiet gezeigt, wo der Auswaschungsverlust von Pflanzennährstoffen durch Verlegen von Drainagerohren und die damit verbundene Belastung für die Umwelt hoch wäre. Die Karten können also als Entscheidungshilfe beim Abwägen zwischen Bodenverbesserungsvorteilen durch Drainrohre einerseits und erhöhter Umweltbelastung andererseits dienen. Desweiteren sollte der Vergleich der Auswaschungsgefährdungskarten mit der Güllerrisikokarte aufgrund der gravierenden Unterschiede im Nahbereich der Drainrohre dazu anregen, eine Überarbeitung der Güllerrisikokarte und vor allem eine Trennung der beiden Prozesse des Sicker- und Abschwemmverlustes vorzunehmen. Das Drainsystem sollte in der offiziellen Risikokarte aufgrund des GIS-Modells und der Resultate der Felddatenerhebung in Zukunft unbedingt berücksichtigt werden.

Weiter möchte der Autor dazu anregen, in Zukunft eine Neuverlegung von Drainageröhren unbedingt zu kartieren, um deren Verlauf in ein GIS-Modell einzubeziehen (s. Abb. 3).

Literatur

- Dräyer D. 1996. *GIS-gestützte Bodenerosionsmodellierung im Nordwestschweizer Tafeljura*. Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie 22, Basel, 1-234.
- Eggelsmann R. 1981. *Dränanleitung für Landbau, Ingenieurbau und Landschaftsbau*. Hamburg, Berlin, 1-265.
- Farrenkopf D. 1987. Das Relief als steuernder Parameter der Abflussdynamik – Ein Beitrag zur fluvialen Prozessforschung. *Z. Geomorph.* 66, Berlin, 73-82.
- Huber M. 1994. *The digital Geo-Ecological Map. Concepts, GIS-Methods and case studies*. Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie 20, Basel, 1-143.
- Kanton Basel-Landschaft (Hrsg.) 1992. *Erläuterungen zur Risikokarte für Sicker- und Abschwemmverluste von Pflanzennährstoffen*. Basel-Landschaft, Zürich.
- Kirby M.J. 1978. *Hillslope Hydrology*. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, 1-389.
- Leser H. & H.-J. Klink (eds.) 1988. *Handbuch der Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25000 (KA GÖK 25)*. Forschungen zur deutschen Landeskunde 228, Trier, 1-349.
- Marks R., Müller J.M., Leser H. & Klink H.J. 1992. *Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BA LVL)*. Forschungen zur deutschen Landeskunde 229, Trier, 1-222.
- Prasuhn V. 1991. *Bodenerosionsformen und -prozesse auf tonreichen Böden des Basler Tafeljura (Raum Anwil, BL) und ihre Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt*. Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie 16, Basel, 1-327.
- Prasuhn V. & Braun M. 1994. *Abschätzung der Phosphor- und Stickstoffverluste aus diffusen Quellen in die Gewässer des Kantons Bern*. Schriftenreihe der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikultur und Umwelthygiene 17, Liebefeld-Bern, 1-113.
- Vavruch S. 1988. *Bodenerosion und ihre Wechselbeziehungen zu Wasser, Relief, Boden und Landwirtschaft in zwei Einzugsgebieten des Basler Tafeljura (Hemmiken, Rothenfluh)*. Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie 10, Basel, 1-338.