

# Identifizierung von Flächen, die überproportional zur Gewässerbelastung beitragen

Martin Frey<sup>1</sup>, Nadine Konz<sup>2</sup>, Christian Stamm<sup>1</sup>, Volker Prasuhn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eawag, 8600 Dübendorf

<sup>2</sup>Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zürich

Auskünfte: Christian Stamm, E-Mail: christian.stamm@eawag.ch, Tel. +41 58 765 55 65



Oberflächenabfluss von intensiv genutzten Graslandflächen führt zu hohen Phosphorabschwemmungen. (Foto: Volker Prasuhn, ART)

## Einleitung

In der Landwirtschaft eingesetzte Pflanzenschutzmittel (PSM) und Nährstoffe – insbesondere Phosphor (P) und Stickstoff (N) – können vom Boden abgeschwemmt oder ausgewaschen werden und Gewässer verschmutzen. PSM können empfindliche Organismen in den Gewäs-

sern beeinträchtigen und ein übermässiger Nährstoffeintrag führt zu Eutrophierung in Seen. Sedimenteintrag aus Bodenerosion kann zur Kolmation der Gewässersohle führen, das heisst zur Verstopfung der Poren, wodurch Laichplätze für Fische zerstört werden.

Aus Sicht der Landwirtschaft werden Massnahmen zur Verminderung der Gewässerbelastungen gesucht, die eine grosse positive Wirkung im Gewässer bei möglichst geringen Kosten und Einschränkungen der landwirtschaftlichen Produktion haben. Aus dieser Perspektive ist die Erkenntnis aus der Hydrologie bedeutsam, die besagt, dass nur ein kleiner Teil eines Einzugsgebietes während eines Regenereignisses zum Abfluss beiträgt (Hewlett und Hibbert 1967). Da die Gewässer belastenden Stoffe hauptsächlich mit dem Wasser transportiert werden, liegt es nahe, dass auch zur stofflichen Gewässerbelastung nur ein Teil eines Einzugsgebietes beiträgt. Damit bietet sich die Möglichkeit, mit gezielten Massnahmen auf wenigen, ausgewählten Teilflächen eine wesentliche Verbesserung der Gewässerbelastung herbeizuführen, ohne Landwirtschaftsflächen grossflächig mit zusätzlichen Auflagen zu belegen.

In der wissenschaftlichen Literatur ist dieses Konzept bereits verbreitet. Flächen mit grossem Verlustpotenzial werden als *beitragende Flächen* (engl. *critical source areas*, *contributing areas* oder *hydrologically sensitive areas*) bezeichnet. Flächen sind dann *beitragende Flächen*, wenn sie hydrologisch aktiv und mit dem Gewässernetz verbunden sind und zusätzlich eine Stoffquelle vorhanden ist.

Da das Verlustrisiko von Stoffen stark von der aktuellen Bewirtschaftung abhängt, wird zwischen dem aktuellen – von der Fruchtfolge, Düngung, Bodenbearbeitung und ähnlichem abhängigen – und dem potenziellen, standortspezifischen Risiko unterschieden. Letzteres ist nur von den zeitlich weitgehend konstanten Standorteigenschaften (Boden, Relief, Klima, Gewässernetz) abhängig.

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU haben wir untersucht, wieweit es der heutige Wissensstand erlaubt, das Konzept der *beitragenden Flächen* für Nährstoffe, PSM und Erosion flächenhaft in der Schwei-

zer Landwirtschaft zur Verminderung der diffusen Gewässerbelastung einzusetzen. Um das Konzept in der landwirtschaftlichen Beratung und Kontrolle umsetzen zu können, müssen *beitragende Flächen* mit verfügbaren Daten verlässlich ausgediegt werden können. Wir zeigen deshalb auf, mit welchen Werkzeugen *beitragende Flächen* identifiziert werden können und welche Grundlagen dazu benötigt werden. Beispielhaft wurden diese Werkzeuge bei vier Testbetrieben angewendet. Diese Erfahrungen lassen wir in Empfehlungen für das weitere Vorgehen einfließen.

## Material und Methoden

### Werkzeuge zur Kartierung beitragender Flächen

#### Erosionsmodell AVErosion

Im Bereich der Erosion sind Vorhersagemodelle am weitesten entwickelt. Es gibt eine Vielzahl von Studien zur Evaluation dieser Werkzeuge. Einfache Ansätze zur Vorhersage beitragender Flächen basieren auf der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG, engl. Universal Soil Loss Equation USLE). Eine Abwandlung davon ist das Modell AVErosion, das aktuell in der Schweiz verwendet wurde, um eine flächendeckende, hoch aufgelöste Erosionsgefährdungskarte zu erstellen (Gisler *et al.* 2010).

#### P-Index

Auch für *beitragende Flächen* für P-Verluste stehen verschiedene Werkzeuge zur Verfügung. Weitverbreitet ist der sogenannte P-Index, der in den USA entwickelt wurde und heute in vielen Ländern in angepasster Form verwendet wird (Gburek und Sharpley 1998). Dabei werden räumliche Eigenschaften zu Transportrisiko und P-Quellen in Risikokategorien eingeteilt, gewichtet und aggregiert. Der resultierende Index kann benutzt werden, um die Risikoanfälligkeit verschiedener Felder zu vergleichen.

#### Pflanzenschutzmittel

Dem P-Index analoge Indices für PSM-Verluste gibt es bisher nicht. Da die Transportprozesse für P und PSM sehr ähnlich sind, kann aber auf die Erfahrung im P-Bereich zurückgegriffen werden. Potenzielle Risikoflächen für die Abschwemmung von Pflanzenschutzmitteln sind hydrologisch aktive Flächen. Zur Identifizierung solcher Flächen gibt es verschiedene Ansätze (Agnew *et al.* 2006 oder Srinivasan und McDowell 2009). Vielversprechend ist der Ansatz, das Transportrisiko in ein Risiko für sättigungsbedingten Abfluss und ein Risiko für Abfluss aufgrund einer Infiltrationshemmung aufzuteilen. Das sättigungsbedingte Risiko wird dabei mit dem Topindex (Beven und Kirkby 1979) abgebildet, der die Lage im

**Zusammenfassung** Sedimenteinträge durch Erosion sowie Abschwemmungen von Pflanzenschutzmitteln und Nährstoffen aus der Landwirtschaft belasten unsere Gewässer. Verschiedene Feldstudien weisen darauf hin, dass die Flächen, von denen diese Einträge stammen, räumlich begrenzt sind. Insbesondere Phosphor, Pflanzenschutzmittel und Sedimente gelangen vorwiegend durch schnelle Abflussprozesse auf einem geringen Anteil der landwirtschaftlichen Fläche in die Gewässer. Diese sogenannten *beitragenden Flächen* betragen im Schnitt etwa 20 % der Gesamtfläche. Am besten abgesichert ist das Konzept der *beitragenden Flächen* bei der Erosion, bei der die Verluste nach Regenerenissen noch gut zu erkennen sind. Bei Phosphor ist dieses Konzept vor allem im Ausland weit verbreitet, wird jedoch nur durch wenige Messdaten bestätigt. Weit weniger Daten liegen für Pflanzenschutzmittel vor. Nicht geeignet ist das Konzept für Stickstoff. Um *beitragende Flächen* zu identifizieren, stehen verschiedene Werkzeuge zur Verfügung. Wir haben einige davon auf vier Betrieben getestet. Insbesondere die Identifikation von Flächen, die zur Erosion beitragen, wurde von den Landwirten als realistisch eingeschätzt. *Beitragende Flächen* für Erosion und Abschwemmung sind oft nicht deckungsgleich. Die Identifikation von *beitragenden Flächen* wird limitiert durch die begrenzten räumlichen Informationen. In der Schweiz stehen nur für wenige Gebiete Bodeninformationen mit genügend hoher Auflösung zur Verfügung.

Relief widerspiegelt und das Infiltrationsrisiko durch die Bodenkarte. In einem ähnlichen Ansatz werden anhand von Boden- und Reliefinformationen ermittelt, wo welche Abflussprozesse zu erwarten sind (engl. dominant runoff processes, DRP; z. B. Schmocker-Fackel *et al.* 2007). Risikoflächen für PSM-Abschwemmungen sind Flächen, die schnell reagieren und Oberflächen- oder Drainagenabfluss auslösen. In der Schweiz gibt es für den Kanton Zürich schon eine komplette DRP-Karte. ➤

## Resultate und Diskussion

### Überlegungen zu Frachtdynamik und Massenbilanz

Feldmessungen zeigen, dass P, PSM und Sedimente vorwiegend während grossen Abflussereignissen in Gewässer gelangen. Dabei sind vor allem schnelle Abflussprozesse wie Oberflächenabfluss oder Transport durch Grobporen in Drainagen aktiv. Diese Prozesse treten räumlich begrenzt auf. Im Unterschied dazu gelangt N hauptsächlich mit dem Basisabfluss, der sich aus dem Grundwasser speist, in Oberflächengewässer.

Eine grobe Abschätzung der minimalen Ausdehnung der *beitragenden Flächen* für die verschiedenen Stoffe kann aus einfachen Massenbilanzüberlegungen gewonnen werden. Messungen im Ausfluss von Einzugsgebieten zeigen, dass häufig grosse Mengen – teilweise über 30 % der im Einzugsgebiet eingesetzten N-Menge – im Ausfluss gefunden werden können. Beim P betragen die Verluste hingegen meist nur 3 bis 5 % und bei den PSM liegen sie sogar häufig unter 1 % der ausgebrachten Menge. Abschwemmungen von P und PSM können sich also auf einen kleinen Teil des Einzugsgebietes beschränken. Beim N hingegen muss eine relativ grosse Fläche beiträgend sein. Bei der N-Belastung handelt es sich deshalb um ein flächenhaftes Problem, das mit angepasstem Management auf einem kleinen Teil des Gebietes meist nicht gelöst werden kann.

### Analyse bestehender Felduntersuchungen

#### Erosion

Es ist nicht einfach, die im Abfluss gemessenen Stoffverluste *beitragenden Flächen* im Einzugsgebiet zuzuordnen. Bei der Erosion gelingt die Identifikation am besten, da Erosionsspuren auch nach einem Niederschlagsereignis noch gut erkennbar sind (Abb. 1). Die langjährige Erosionsstudie in der Region Frienisberg zeigt, dass der von Erosion betroffene Flächenanteil im Mittel pro Jahr ungefähr 16 % betrug (Prasuhn *et al.* 2007). Bei einzelnen Abtragsereignissen lag der Anteil häufig erheblich niedriger. Weltweit liefern Erosionsuntersuchungen ähnliche oder tiefere Werte. Wird der Anschluss an ein Gewässer einbezogen, verringert sich der Flächenanteil *beitragender Flächen* noch einmal stark, da schon kleine topographische Barrieren den Sedimenteintrag ins Gewässer aufhalten können.

#### Phosphor

Im Gegensatz zur Erosion können die Verluste bei gelösten Stoffen nachträglich kaum zurückverfolgt werden, da keine Spuren des Transportvorgangs erhalten bleiben. Es existieren deshalb nur wenige Feldstudien, die das Konzept der *beitragenden Flächen* empirisch bestä-



Abb. 1 | Die über Bodenerosion zur Gewässerbelastung beitragenden Flächen lassen sich im Feld gut kartieren. Erosionsrinne, die in einen Einlaufschacht und über diesen ins Gewässer mündet. (Foto: Thomas Ledermann, CDE Uni Bern)

tigen. Aufschlussreich sind verschiedene Studien zur P-Abschwemmung in Pennsylvania (USA), wo die P-Verluste wie bei uns während wenigen starken Regenereignissen stattfinden. Dabei wird der Abfluss hauptsächlich durch Oberflächenabfluss auf gesättigten Flächen entlang des Gewässers gebildet (Gburek und Sharpley 1998). Grosse Niederschlagsereignisse bei bereits hohen Bodenwassergehalten führen zu einer grossen Ausdehnung. Für durchschnittlich grosse Abflussereignisse, die alljährlich vorkommen, betrug der Anteil *beitragender Flächen* zirka 20 %. Sie waren für rund die Hälfte der totalen P-Verluste während einer zehnjährigen Messreihe verantwortlich. Bei zwei Extremereignissen trug praktisch das ganze Gebiet zum Abfluss bei.

Die räumliche Variation der Verluste von PSM wurde im Greifenseegebiet intensiv analysiert. Messungen zeigten, dass aus den Maisfeldern eines Untereinzugsgebietes, die 44 % der Maisfläche des gesamten Einzugsgebietes ausmachen, 76 % der Verluste stammen (Leu *et al.* 2004). Dank einer weiteren Studie im gleichen Gebiet konnten die *beitragenden Flächen* weiter eingeschränkt werden (Gomides Freitas *et al.* 2008). Dabei wurde gezeigt, dass auf wenigen Aren eines Feldes die Verlustrate bis zu 30-mal höher sein kann als auf dem Rest des Feldes. Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass hyd-



**Abb. 2** | Der Fahrweg bildet eine topographische Barriere, die verhindert, dass Oberflächenabfluss vom Feld links in den Bach auf der rechten Seite der Strasse fließen kann. (Foto: Martin Frey, Eawag)

rologische Verbindungen zwischen Feldteilen und Gewässersystem entscheidend sind (Frey *et al.* 2009). Kleinräumige topographische Barrieren können verhindern, dass abgeschwemmte PSM ins Gewässer gelangen. Im untersuchten Gebiet war insgesamt lediglich ein Drittel der Fläche mit dem Gewässer verbunden (Abb. 2). Das zurückgehaltene Wasser reinfiltierte in den Boden. Bei drainierten Böden kann so ein Teil davon über Makroporen und die Drainage ins Gewässer gelangen.

Insgesamt zeigt die durchgeführte Literaturrecherche, dass das Konzept der *beitragenden Flächen* für Erosion, P- und PSM-Verluste empirisch erhärtet ist. Die vorhandenen Daten zeigen, dass in vielen Fällen zirka 80 % der Verluste von rund 20 % der Fläche stammen. Beim Stickstoff hingegen ist meist von einem flächenhaften Problem auszugehen.

## Evaluation bestehender Werkzeuge

### Erosion

Um die Genauigkeit des Erosionsmodells AVErosion abzuschätzen, wurden die Modellvorhersagen mit den zehnjährigen Erosionsmessreihen auf 203 Flächen in der Region Frienisberg verglichen. Risikoflächen mit hohen Erosionsverlusten konnten dabei gut vorhergesagt werden.

### Phosphor

Zur Evaluation der verschiedenen P-Indices ist die Datelage deutlich schlechter als für Erosion. Dies geht aus unserer Analyse von veröffentlichten Studien hervor, die wir in Abbildung 3 zusammengefasst haben. Die Abbildung zeigt, wie gut die jeweiligen P-Indices beitragende Flächen – hier als die 20 % der Flächen mit den grössten Verlusten definiert – vorhersagen konnten. Studien auf Testparzellen betrachten meist nur den Einfluss des P-Gehaltes des Bodens und der Düngung, jedoch nicht, wie gut das Transportrisiko vorhergesagt wird. Einzelne

Arbeiten deuten darauf hin, dass hier erhebliche Unsicherheiten bestehen. Die Konnektivität zum Gewässer wird oft ganz vernachlässigt. Messungen auf Feldskala mit Anschluss ans Gewässer liegen kaum vor und die Anzahl Messungen ist meist gering.

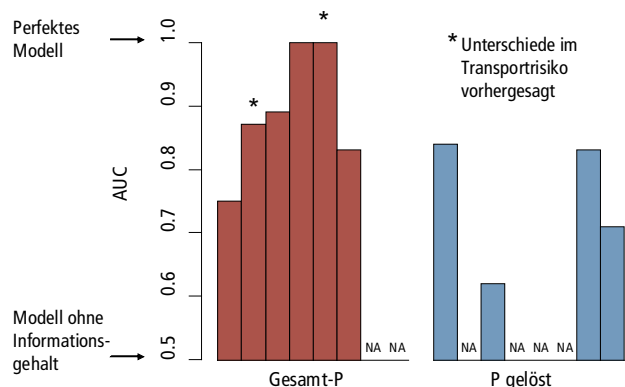
Bei den P-Verlusten muss zudem zwischen partikulärem und gelöstem P unterschieden werden. Partikulärer P wird als Bestandteil des Bodens erodiert, gelöster P in der Wasserphase abgeschwemmt und ist für die Eutrophierung von Gewässern massgebend. Da die Erosionsvorhersagen weit fortgeschritten sind können, Risikoflächen für den partikulären P-Transport identifiziert werden.

### Pflanzenschutzmittel

Für PSM haben wir im Rahmen dieser Studie Risikovorhersagen mittels Topindex und DRP durchgeführt. Die mit diesen Verfahren ermittelten *beitragenden Flächen* sind plausibel. Die verfügbaren Daten zu PSM-Verlusten lassen aber nur eine qualitative Evaluation der Ansätze zu. Die Risikovorhersagen der beiden Ansätze (Topindex und DRP) sind in der Abbildung 4 beispielhaft für ein Gebiet im Zürcher Weinland abgebildet.

### Anwendung auf Testbetrieben

Die Werkzeuge wurden auf vier Testbetrieben in der Schweiz getestet. Für die Erosionsvorhersagen wurde das Modell AVErosion verwendet, für P der P-Index aus Pennsylvania und für PSM der Topographische Index und der DRP-Ansatz. Um die Vorhersagen zu plausibilisieren, wurde auf die Erfahrungen der Landwirte zurückgegriffen, da diese ihre Parzellen bezüglich Vernässung und Erosion in der Regel sehr genau kennen. ➤



**Abb. 3** | Evaluation verschiedener P-Indices für Gesamt-P und gelösten P anhand von publizierten Studien in der Literatur. NA: keine Werte verfügbar. AUC: ein Gütemass der Vorhersage («Area under the curve»).

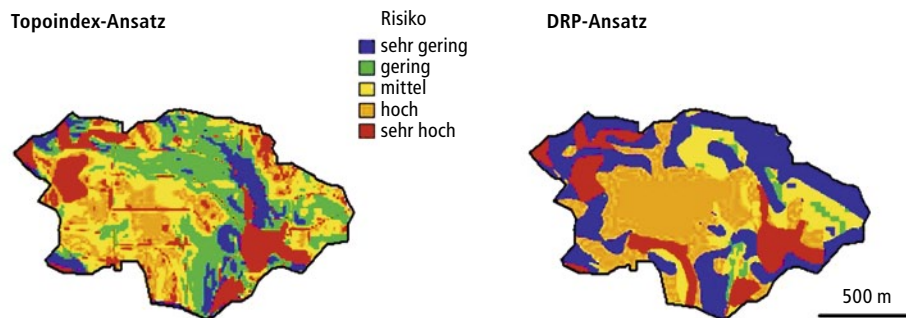


Abb. 4 | Risikovorhersagen für den Gewässereintrag von Pflanzenschutzmitteln mit dem Topoindex-Ansatz (links) und dem DRP-Ansatz (rechts).

Die Qualität der Vorhersagen von *beitragenden Flächen* ist stark von den verwendeten Inputdaten abhängig. Die Schweiz verfügt über ein flächendeckendes digitales Höhenmodell im 2x2-Meter-Raster. Daten zur Landnutzung sind ebenfalls von guter Qualität (Vector25, Arealstatistik). Bodendaten sind dagegen sehr heterogen (z. B. Massstab 1: 5000 bis 1:200000). In allen Gebieten wurde die beste verfügbare Bodeninformation verwendet.

Die räumlichen Erosionsvorhersagen wurden von den Landwirten durchwegs als realistisch beurteilt. Die Risikovorhersagen mit dem verwendeten P-Index sind stark mit der Erosion gekoppelt. Gute Erosionsvorhersagen führen so zu realistischen Risikoflächen für den partikulären P-Transport. Felder mit Abschwemmung von gelöstem P werden im verwendeten P-Index aber zu wenig berücksichtigt. Bei den Risikoflächen für Abschwemmungen von PSM gab es keine offensichtlichen Fehlklassifizierungen, wenn sich die Landwirtinnen und Landwirte auf ihre lokale Kenntnisse bezüglich Vernäsung von Feldern und allenfalls beobachtete Abschwemmungen während Niederschlagsereignissen abstützen.

Bei hochaufgelösten Bodendaten liefern der Topoindex- und der DRP-Ansatz für PSM-Verluste ähnliche Risikoflächen (Abbildung 4). Bei unzureichenden Bodendaten ist die räumliche Differenzierung beim DRP-Ansatz stark eingeschränkt. Mit der topographischen Information allein kann die räumliche Verteilung von Oberflächenabfluss auf gesättigten Flächen identifiziert werden, infiltrationslimitierter Oberflächenabfluss wird aber nicht erfasst. Die Vorhersage solcher Flächen ist nur mit guten Bodendaten möglich und beinhaltet auch dann noch grosse Unsicherheiten, da sie stark von der Bewirtschaftung abhängen.

Beim Vergleich der *beitragenden Flächen* für Erosion, P und PSM fällt auf, dass sie häufig nicht deckungsgleich sind. Erosion und partikulärer Transport finden meist in steilen Hanglagen statt, während Abschwemmung vor allem am Hangfuss auftritt, wo es oft flach ist.

### Praktische Umsetzung

*Beitragende Flächen* können für Erosion, P- und PSM-Verluste empirisch nachgewiesen werden. Bei der Bewirtschaftung der Flächen sollte deshalb darauf geachtet werden, dass spezifische Massnahmen zur Verminderung der diffusen Gewässerbelastung getroffen werden.

Einen wichtigen Schritt stellt hierbei die Fertigstellung der hoch aufgelösten Erosionsgefährdungskarte dar, die seit Kurzem für die landwirtschaftlich genutzte Fläche der Schweiz zur Verfügung steht (Gisler *et al.* 2010). Sie liefert zuverlässige Resultate für die relative Einstufung des Erosionsrisikos.

Auch beim P und bei den PSM können vorhandene Methoden zur Vorhersage von beitragenden Flächen die Beratung unterstützen. Risikokarten eignen sich sehr gut als Visualisierungsmittel. Anpassungen an die Schweizer Verhältnisse sind jedoch noch notwendig.

Parallel zur Weiterentwicklung dieser Methoden ist die Datenlage zur Charakterisierung der Bodeneigenschaften zu verbessern. Alle Methoden zur Vorhersage der beitragenden Flächen benötigen parzellenscharfe Bodeninformationen, die bislang nur für wenige Flächen in der Schweiz in ausreichender Qualität zur Verfügung stehen: Für über die Hälfte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz gibt es derzeit keine geeignete Bodenkarte, nur für 12% liegt eine detaillierte digitale Karte im Massstab 1:5000 vor, für weitere 4% existieren digitale Karten im Massstab 1:10000.

Die Untersuchungen auf vier Testbetrieben haben gezeigt, dass *beitragende Flächen* für Erosion und Abschwemmung nicht unbedingt deckungsgleich sind. Dies erschwert die spezifische Bewirtschaftung *beitragender Flächen*. Für die Berücksichtigung *beitragender Flächen* in der landwirtschaftlichen Praxis könnte deshalb eine Anpassung der Schlagstruktur im Rahmen überbetrieblicher Zusammenarbeit eine Chance bieten. ■

## Riassunto

### Identificazione di aree che contribuiscono in modo sproporzionato all'inquinamento delle acque

Le immissioni di sedimenti dovute all'erosione e al convogliamento di prodotti fitosanitari e sostanze nutritive provenienti dall'agricoltura inquinano i nostri corsi d'acqua. Diversi studi sul campo evidenziano che queste immissioni provengono da aree circoscritte. In particolare il fosforo, i prodotti fitosanitari e i sedimenti giungono nei corsi d'acqua principalmente a causa del rapido ruscellamento che interessa aree ristrette delle superfici agricole. Queste aree a rischio, le cosiddette *critical source areas* (CSA), rappresentano mediamente il 20 per cento circa della superficie totale. La migliore prova empirica delle CSA esiste in relazione all'erosione, dove le perdite possono essere osservate in seguito a precipitazioni. Per il fosforo questo concetto è ampiamente diffuso soprattutto all'estero, ma è confermato solo da poche misurazioni. Ancora meno dati sono disponibili per i prodotti fitosanitari. Il concetto non è adatto per quanto concerne l'azoto. Per identificare le CSA si può ricorrere a diversi strumenti. Ne abbiamo testati alcuni in quattro aziende. Gli agricoltori hanno valutato realisticamente soprattutto l'identificazione di aree che contribuiscono all'erosione. Le CSA per l'erosione e quelle per il convogliamento spesso non coincidono. L'identificazione di queste aree è limitata dalle scarse informazioni territoriali. Cartine dei suoli con una risoluzione sufficientemente elevata in Svizzera sono disponibili solo per poche regioni.

## Literatur

- Agnew L.J., Lyon S., Gérard-Marchant P., Collins V.B., Lembo A.J., Steenhuis T.S. & Walter M.T., 2006. Identifying hydrologically sensitive areas: Bridging the gap between science and application. *J. Environ. Manage.* **78** (1), 63–76.
- Beven K.J. & Kirkby M.J., 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.* **24**, 43–70.
- Frey M.P., Schneider M.K., Dietzel A., Reichert P. & Stamm C., 2009. Predicting critical source areas for diffuse herbicide losses to surface waters: Role of connectivity and boundary conditions. *J. Hydrol.* **365** (1–2), 23–26.
- Hewlett J.D. & Hibbert A.R., 1967. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. In: W.E. Sopper and H.W. Lull, Editors, *International Symposium on Forest Hydrology*, Pergamon Press, Elmsford, New York, 275–290.
- Gisler S., Linniger H.P. & Prasuhn V., 2010. Technisch-wissenschaftlicher Bericht zur Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2x2-Meter-Raster (ERK2). Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Zürich und CDE, Universität Bern, 117 S.
- Gburek W.J. & Sharpley A.N., 1998. Hydrologic controls on phosphorus loss from upland agricultural watersheds. *J. Environ. Qual.* **27** (2), 267–277.
- Gomides Freitas L., Singer H., Müller S. R., Schwarzenbach R. P. & Stamm C., 2008. Source area effects on herbicide losses to surface waters – A case study in the Swiss Plateau. *Agric. Ecosyst. Environ.* **128** (3), 177–184.
- Leu C., Singer H., Stamm C., Müller S.R. & Schwarzenbach R.P., 2004. Variability of herbicide losses from 13 fields to surface water within a small catchment after a controlled herbicide application. *Environ. Sci. Technol.* **38** (14), 3835–3841.
- Prasuhn V., Liniger H., Hurni H. & Friedli S., 2007. Bodenerosions-Gefährdungskarte der Schweiz. *Agrarforschung*, **14** (3), 120–127.
- Schmocker-Fackel P., Naef F. & Scherrer S., 2007. Identifying runoff processes on the plot and catchment scale. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **11** (2), 891–906.
- Srinivasan M.S. & McDowell R.W., 2009. Identifying critical source areas for water quality: 1. Mapping and validating transport areas in three head-water catchments in Otago, New Zealand. *J. Hydrol.* **379** (1–2), 54–67.

## Summary

### Identification of critical source areas for diffuse water pollution

Input into streams due to erosion and runoff of pesticides and nutrients from agricultural fields pose a threat to our water bodies. Field studies indicate that these losses originate from limited parts of a given catchment. This holds especially for fine sediments, pesticides and phosphorus, which are mainly transported by fast flow processes that are generated only on certain locations. These critical source areas (CSAs) seem to cover in many cases about 20 % of the total area. The best empirical evidence for CSAs exists for erosion, where losses can be observed after an erosive event. For P losses, the concept is also used fairly wide-spread in many countries outside Switzerland. However, the empirical data base supporting the concept is rather limited. Even less data exist for pesticides. For nitrogen, the CSA concept is not appropriate. For identifying CSA in space, several tools are available. We have tested some of them on four different test farms. The risk areas for erosion agreed well with the field experience of the local farmers. The risk areas for runoff and erosion did not overlap in many situations. Identifying risk areas in Switzerland is in many situations severely hampered by the coarse soil maps that are available.

**Key words:** critical source area, water pollution, phosphorus, pesticides, soil erosion.