

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

Artikel: Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Fliessgewässer : Triazin-Untersuchungen mit ELISA (Enzym-Linked Immunosorbent Assay) in einem ackerbaulich genutzten Einzugsgebiet des Tafeljuras
Autor: Aschwanden, Natalie
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088267>

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>

Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Fliessgewässer

Triazin-Untersuchungen mit ELISA (Enzym-Linked Immunosorbent Assay) in einem ackerbaulich genutzten Einzugsgebiet des Tafeljuras

Natalie Aschwanden

Zusammenfassung

Es wurden Bachwasserproben am Ausgang eines Einzugsgebietes (EZG) im Tafeljura genommen und mit ELISA auf Triazine (Pflanzenschutzmittel) untersucht. Während des ganzen Untersuchungszeitraums (Sommer 1996) konnte Atrazin nachgewiesen werden. Die Atrazinkonzentration war während der Hochwassereignisse höher als bei Basisabfluss, wobei ein Ereignis mit 79 % an der gesamten geschätzten Atrazinfracht (48 g = 0.7 % der Applikationsmenge) heraussticht. Mit grosser Wahrscheinlichkeit konnte der Eintrag auf ein Erosionsereignis auf einer bachnahen Parzelle zurückgeführt werden. Dies sowie die Korrelation der Atrazinfrachten mit den Schwebstofffrachten der einzelnen Hochwasser weisen darauf hin, dass die Schwebstoffe ebenso wie das Atrazin mit dem Oberflächenabfluss von Ackerflächen ausgewaschen wurden.

Die ELISA-Technik ist für die Anwendung bei landschaftsökologischen Untersuchungen durch ihre einfache Handhabung und ihre verhältnismässig geringen Kosten eine attraktive Alternative zu herkömmlichen Methoden.

1 Einleitung

Durch Oberflächenabfluss werden von Ackerflächen neben Bodenmaterial (“Sediment”) und Nährstoffen wie Phosphor und Stickstoff auch Pflanzenschutzmittel (PSM) ausgetragen. Dadurch gelangen PSM in benachbarte Ökosysteme, was zu einer Belastung der Umwelt führt. Zudem können PSM, da sie natürlicherweise nicht vorkommen, als Indikatoren für Nutzungsintensitäten und Stoffquellen aufgefasst werden, die Schlüsse über verschiedene Prozesse in einem Geoökosystem zulassen. *Rüttimann* (1994) fand durch Messungen auf einer Testparzelle heraus, dass die Bodenerosion eine wichtige Rolle beim Abtrag von Atrazin (Herbizid) spielt. Im Sommer 1996 wurde anhand des Einzugsgebiets (EZG) des Länenbachs (vgl. Abb. 2 bei *Leser*, in diesem Heft), bei welchem es sich um ein langjähriges Untersuchungsgebiet des Departements Geographie der Universität Basel handelt, eine differenzierte Analyse der Atrazindynamik durchgeführt (vgl. *Aschwanden* 1997). Dies erfolgte mit Hilfe der ELISA-Technik, die auf der Basis von Antikörpern funktioniert, unter Annahme folgender Hypothesen:

1. ELISA (am Beispiel der Triazine, v.a. Atrazin) ist eine vergleichsweise einfache Technik, die für landschaftsökologische Untersuchungen brauchbare Daten liefert.
2. Die Bodenerosion stellt eine wichtige Ursache für den Atrazineintrag in den Vorfluter dar.

Bei den vorgenommenen Messungen wurde den Hochwasserereignissen besondere Aufmerksamkeit geschenkt, da in diesen Fällen durch den Oberflächenabfluss eine hohe Auswaschung von Atrazin erwartet wurde.

Durch die ELISA-Technik stehen Methoden zur Verfügung, die qualitative und teilweise quantitative Nachweise mit geringerem Aufwand als mit herkömmlichen chromatographischen Methoden ermöglichen. Das macht sie interessant für landschaftsökologische Untersuchungen. Am Beispiel von Atrazin wurde durch Messungen mit der ELISA-Methode der Eintrag des Wirkstoffes in den Länenbach nachgegangen. Dazu wurden zusätzlich Parallelanalysen einiger Proben mit GC-MS (Gaschromatographie-Massenspektroskopie) durchgeführt.

2 Triazine

Atrazin gehört zur chemischen Gruppe der Chlor-Triazine, deren Einsatz als Herbizide in der Landwirtschaft weit verbreitet ist. Die pflanzenschädigende Wirkung von Triazinen besteht in der Hemmung der Photosynthese und fermentativer Prozesse in der Pflanze.

Der langjährige Einsatz, die grosse “Beliebtheit” von Atrazin bei den Landwirten, die vergleichsweise hohe Mobilität und seine hohe Persistenz bedingen die weite Verbreitung des Stoffes in der Umwelt. Atrazin wurde unter anderem sogar in schweizerischen Bergseen nachgewiesen (*Buser* 1990). *Reith et al.* (1994) konnten in einem landwirtschaftlich intensiv genutzten Trinkwasserschutzgebiet

der Stadt Freiburg i.Br. fast während der ganzen Untersuchungsdauer Atrazin im Vorfluter nachweisen, obwohl das Herbizid in Deutschland schon seit drei Jahren verboten war. In der Trinkwasserversorgung stellt das Auftreten von Atrazin auch in der Region Basel immer wieder ein Problem dar.

Der Toleranzwert für Atrazin (Grenzwert in der EG) beträgt 0.1 µg/l. Für die Summe von Pestiziden liegt der MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration) in der EG seit 1986 bei 0.5 µg/l. Seit 1987 gelten in der Schweiz Anwendungsbeschränkungen für Atrazin. So darf Atrazin nur noch im Maisanbau eingesetzt werden, und auch dies nur beschränkt (1 kg/ha, vor dem 30. Juni, im Nachauflauf) (Seiler 1994). Der Einsatz von Atrazin durch die SBB zur Freihaltung der Geleise ist seit 1990 untersagt.

3 Untersuchungsgebiet

Das 270 Hektar grosse Untersuchungsgebiet befindet sich im Baselbieter Tafeljura in der Nähe von Rothenfluh. Das Relief ist durch Schichtstufen (Hauptrogenstein) und deren starken Abbruch über die Blagdeni-Murchsonae-Schichten zum Opalinuston geprägt. Es werden zum Teil steile Hänge beackert. Die in den unteren Lagen vorherrschenden Bodenformen neigen wegen ihres hohen Tongehaltes zu Verdichtungen und bei grosser Trockenheit zur Bildung von SchrumpfungsrisSEN. Eine Hauptursache der Bodenerosion sind die im Gebiet häufig vorkommenden Hangwasseraustritte. Die grosse Drainagedichte und die flächenmäßig dominierenden, schlecht durchlässigen Schichten sind für das rasche Reaktionsvermögen des Vorfluters verantwortlich.

Etwa 40% der Gebietsfläche entfallen auf Wald, 35% auf Dauergrünland und 25% auf Fruchtfolgeflächen (64.6 ha), wovon 42.5 ha offenes Ackerland und 22.1 ha Kunstwiesen sind (Dräyer 1996). Der Maisanbau stösst im Länenbachgebiet an seine obere Verbreitungsgrenze und war 1996 mit 6.6 Hektaren im EZG vertreten, was etwa 10% der Fruchtfolgeflächen entspricht.

Es liegen bereits langjährige Messreihen über die Bodenerosion und andere Elemente des Landschaftshaushaltes des EZG des Länenbachs vor (Prasuhn 1991, Vavruch 1988, Seiler 1983 etc.). Die wichtigsten Gebietseigenschaften sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Tab. 1 Die wichtigsten Charakteristika des Einzugsgebietes des Länenbachs.

Höhendifferenz	475 - 718 m NN
Jahresmitteltemperatur	8° C
Durchschnittlicher Jahresniederschlag	890 - 1150 mm
Niederschlagscharakteristik	Sommerregengebiet
Jahresabfluss	14,1 l/skm ²

4 Methodik

Ein Ziel war es zu versuchen, den Weg des Atrazins zurückzuverfolgen und damit die Gesamtbilanz für das Gebiet zu verfeinern. Durch Probenahme am Ausgang des EZG (P50) lässt sich eine Bilanz für das EZG erstellen, bei der sich die verschiedenen Faktoren überlagern. Aufgrund des Standortregelkreises für die Bodenerosion und den Wasserhaushalt (*Prasuhn* 1991, 23f), der die Zusammenhänge der verschiedenen Faktoren zeigt, wurden die für die Fragestellung wichtigsten Elemente zur Untersuchung ausgewählt. Da noch keine Informationen über die PSM-Problematik im EZG bekannt waren, musste die Thematik als erstes grob abgesteckt werden, wobei ein Schwerpunkt bei den Hochwassereignissen lag (Hypothese 2). Proben wurden einerseits manuell, andererseits mit dem automatischen Probenehmer bei der Pegel- und Probenahmestation P50 gezogen. So wurde dem Zusammenhang zwischen Abflussmengen und der Atrazinkonzentration nachgegangen und die Atrazinfrachten konnten bestimmt werden. Neben den im Mittelpunkt stehenden Hochwasserproben wurde wöchentlich eine Probe bei Basisabfluss gezogen. Stichprobenartig wurden zusätzlich Proben an Drainagerohren und an zwei Stellen im Bachlauf genommen. Die Drainagerohr- und Bachproben halfen bei der Aufschlüsselung der Atrazindynamik. Das Regenwasser wurde stichprobenartig beprobt, um diese Eintragsquelle zu überprüfen.

Um eine bessere zeitliche Auflösung zu erhalten, wurden während zweier verschiedener Wochen Messungen mit höherer Probendichte vorgenommen. Sie dienten u.a. zur Ermittlung von durchschnittlichen Tages- und Wochenwerten. Da die Applikationssaison von Atrazin gesetzlich mit dem 30. Juni beendet ist, wurde eine Woche vor und eine nach diesem Datum gewählt.

Als weitere wichtige Faktoren zur Beurteilung der Atrazindynamik wurde kontinuierlich der Niederschlag (Niederschlagsschreiber und -sampler nach Hellmann) an zwei Stationen, die Erosion auf einer Testparzelle (3x20m) und der Abfluss (Flügelrad und Salzverdünnungen) bei P50 gemessen. Bei den Wasserproben wurden zusätzlich die Summenparameter pH, Leitfähigkeit, Schwebstoffgehalt und DOC-Gehalt bestimmt. Lineare und flächenhafte Erosionsformen wurden durch Schadenskartierungen im EZG erfasst. Sie dienten vor allem der differenzierteren Betrachtung der Atrazindynamik. Durch die Landnutzung wurde die Verteilung der potentiellen Atrazinquellen erfasst, die in die Betrachtungen miteinflossen. Die applizierte Atrazinmenge wurde durch Befragungen abgeschätzt.

Die ELISA-Methode ist verhältnismässig einfach zu handhaben (Abb. 1). Das verwendete Kit für Triazine enthält polyklonale Antikörper auf der Wandung der Analyse-Röhrchen. Durch das "Schloss-Schlüssel-Prinzip" werden in diesem Falle v.a. die Atrazinmoleküle selektiv durch die Antikörper gebunden. Durch zusätzliche Zugabe einer bekannten Menge enzymmarkiertem Atrazins entsteht ein Konkurrenzkampf um die freien Bindungsstellen. Hat sich ein Gleichgewicht eingestellt, so kann nach weiteren Analyseschritten aufgrund des Atrazinmolekülverhältnisses die Atrazinkonzentration der Probe photometrisch bestimmt werden. Ein detaillierter Beschrieb der Analyse ist bei *Aschwanden* (1997) nachzulesen.



Abb. 1 EnviroGard Triazine QuantiTube Testkit und EnviroQuant Photometer. Zur Durchführung des ELISA-Tests wurden zusätzlich lediglich Pipetten, eine Stoppuhr, destilliertes Wasser und Fliesspapier benötigt (07.08.1996).

Die Proben wurden im Labor möglichst schnell (mindestens innerhalb einer Woche) auf Atrazin untersucht. Bis zur Analyse erfolgte die Lagerung im Kühlschrank und im Dunkeln, nach Möglichkeit in Glasflaschen. Es wurden verschiedene Qualitätssicherungsversuche durchgeführt, um die Methode zu überprüfen, zu optimieren und mögliche Probleme aufzudecken. Für die verwendete Methode (Einfachführung der Proben, Verwendung gespeicherter Kalibrierkurve, verschiedene Analyseserien) ist ein Fehler von unter 30% zu erwarten. Mit der gleichzeitigen Analyse ausgewählter Proben auf GC-MS beim Gewässerschutzamt Basel-Stadt wurden die ELISA-Resultate überprüft und differenziert. Damit war eine Auflösung nach den einzelnen Triazinen möglich. Andere organische Komponenten, die eventuell den ELISA-Test stören (Kreuzreaktionen) oder in hohen Konzentrationen auftreten, sollten ebenfalls durch GC-MS erkannt werden.

5 Ergebnisse

Die Untersuchungen fanden in einem Sommerhalbjahr statt, das bezüglich seines Erosionsgeschehens etwa dem langjährigen Durchschnitt entsprach, also keine Extrem situation repräsentierte. Sieben Hochwasserereignisse wurden auf Triazine untersucht. Es konnten mit GC-MS keine Triazine außer Atrazin und in wenigen Proben Desethylatrazin (Abbauprodukt von Atrazin) nachgewiesen werden. Die Vergleichsmessungen der beiden Methoden ergaben eine lineare Korrelation. Die mit ELISA gemessenen Konzentrationen waren generell höher als die mit GC-MS

02.06.1996

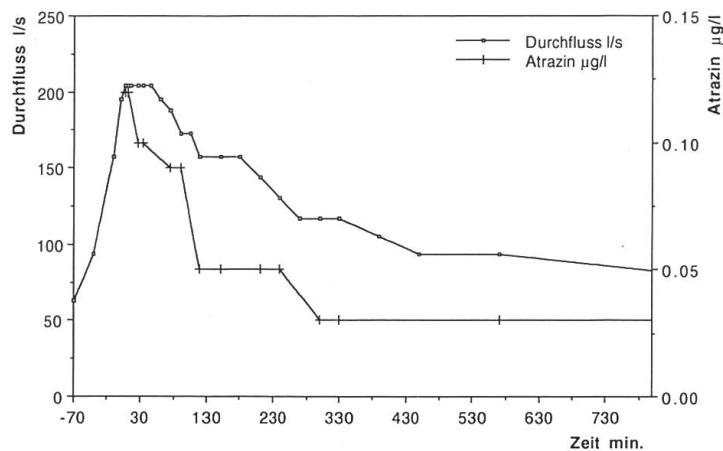


Abb. 2 Ganglinien von Atrazin und Abflussrate für das Hochwasser vom 02.06.1996. Der Konzentrationsverlauf von Atrazin ist praktisch synchron zur Abflussganglinie.

02.-03.08.1996

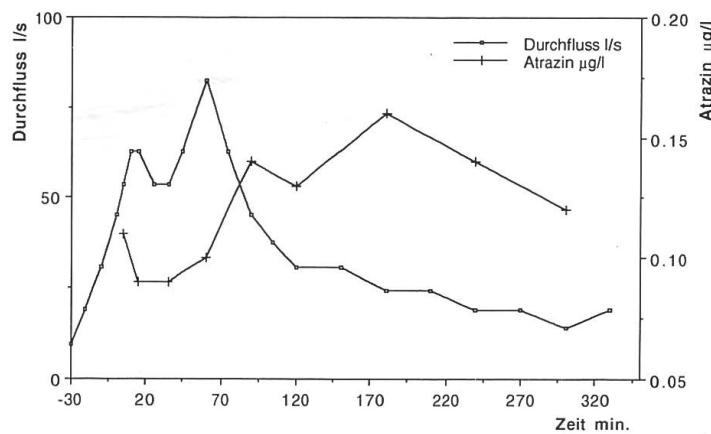


Abb. 3 Ganglinien von Atrazin und Abflussrate für das Hochwasser vom 02.-03.08.1996. Die beiden Atrazinkonzentrationsmaxima treten gegenüber den Durchflussmaxima um ca. 90 bis 120 Minuten verzögert auf. Die anfänglich hohe Atrazinkonzentration gehört wohl zum Vorpeak, der dem Hochwasser voranging.

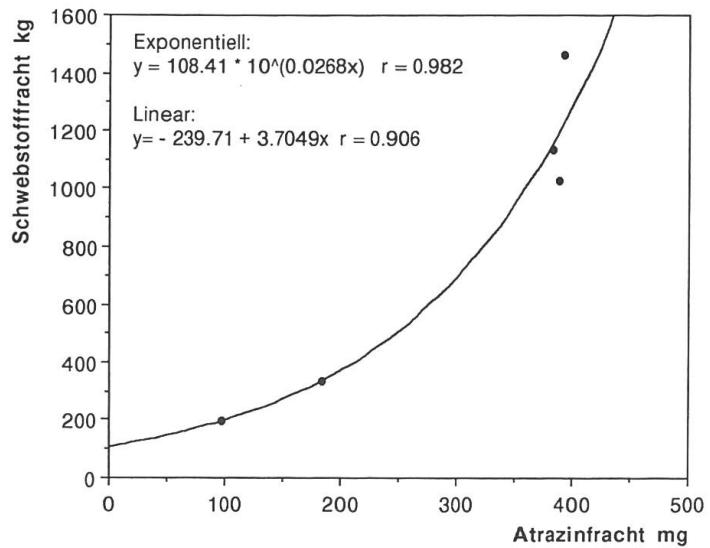
analysierten. Dies ist auf das "Auseinanderdriften" der systematischen Fehler der beiden Methoden (niedrigere Selektivität kontra Aufbereitungsverluste) zurückzuführen.

Atrazin konnte während des gesamten Untersuchungszeitraums im Bachwasser nachgewiesen werden. Toleranzwertüberschreitungen traten jedoch nur im Zusammenhang mit Hochwasserereignissen auf. Bei diesen konnte eine Beziehung zwischen der Abflussganglinie und der Atrazinkonzentration festgestellt werden. Die erfassten Hochwasserwellen liessen sich grob in zwei Gruppen unterteilen:

- Abfluss und Atrazinkonzentration verlaufen synchron (vor Mitte Juni) (Abb. 2).
- Atrazinganglinie ist gegenüber Abfluss verzögert (nach Mitte Juni) (Abb. 3).

Dieses Verhalten gibt einen Hinweis auf eine über das Jahr differenzierte Atrazindynamik. Interessant an der Einteilung ist die zeitliche Abgrenzung der Gruppen, die etwa mit dem Applikationszeitpunkt zusammenfällt. Ein Vergleich der Hochwasserereignisse stellte sich allerdings auf Grund der unterschiedlichen Bedingungen (Erosionssituation, Niederschlag, Vorgeschichte, räumliches Applikationsmuster etc.) als schwierig heraus.

Abb. 4 Korrelation der Schwebstoff- und der Atrazinfrachten der mit ELISA gemessenen Hochwasser. Es kann bei den im Untersuchungszeitraum gemessenen Werten von einer proportionalen Beziehung zwischen den Schwebstoff- und den Atrazinfrachten ausgegangen werden, allerdings ist die Stichprobemenge an der statistischen Untergrenze angesiedelt. Das Extremhochwasser wurde in dieser Darstellung wegen seiner Einmaligkeit nicht einbezogen.



Die Schwebstofffrachten korrelierten ansatzweise mit den Atrazinfrachten der einzelnen Hochwasserwellen (Abb. 4), was darauf hindeutet, dass die Schwebstoffe von den Ackerflächen stammen. Somit wird eine Verbindung zu Erosionsereignissen hergestellt. Der Schwebstoffgehalt verlief synchron zur Abflussganglinie. Leitfähigkeit und pH nehmen mit zunehmendem Abfluss ab. Das bedeutet, dass die Leitfähigkeit ihren tiefsten Wert während des Hochwassermaximums und somit mit dem Eintreffen des Oberflächenabflusses erreicht (Reith *et. al.* 1994).

Die Atrazinfracht für den Untersuchungszeitraum beläuft sich auf 48 g, was etwa 0.7% der geschätzten ausgebrachten Wirkstoffmenge entspricht. Im Vergleich dazu wurden von Frank *et. al.* (1988) in einem Landwirtschaftsgebiet mit ungefähr gleichem Maisanteil pro Jahr 0.8%, von Friege *et. al.* (1991) in einem intensiv landwirtschaftlich genutzten Gebiet 2.1% der applizierten Atrazinmenge im Vorfluter nachgewiesen. Ein Vergleich der Atrazinfrachten der beiden Intensivwochen ergab für die zweite Untersuchungswoche höhere Werte. Als Hauptgründe dafür werden der Zeitpunkt nach der Applikation (potentiell vorhandene Atrazinmenge) und die besseren Transportverhältnisse (Niederschlagsmenge, -häufigkeit, Bodenfeuchte) angesehen.

Auffallend ist der Anteil eines Hochwasserereignisses (07.-09.07.1996), auf welches 79% der gesamten Atrazinfracht entfallen. Bei diesem Ereignis konnte der Atrazineintrag mit grosser Wahrscheinlichkeit direkt einem Erosionsereignis auf einer bachnahen Maisparzelle zugeordnet werden (Abb. 5). Die grosse Frachtmenge dieses einen Hochwassers ist auf die grosse Niederschlagsmenge und den dadurch ausgelösten Oberflächenabfluss sowie auf den Zeitpunkt des Ereignisses kurz nach der Applikation von Atrazin zurückzuführen. Wegen der verhältnismässig guten Wasserlöslichkeit von Atrazin und der geringen Bindungsaffinität an den Boden liegt die Vermutung nahe, dass bei Starkregen oder Dauerregen in den Sommermonaten der grösste Teil des Atrazins direkt durch den Oberflächenabfluss, zwar



Abb. 5 Rillenerosion durch Hangwasser-austritt auf einer Maisparzelle in Bach-nähe. Zusätzlich traten Flächenspülungen und einige kleinere Rillen auf dieser Maisparzelle im oberen Teil des EZG auf. Ansonsten war bei den meisten im Gebiet kartierten Erosionsschäden Fremdwasserzufluss von Wegen und Strassen be-teiligt (20.07.1996).

gleichzeitig mit dem Bodenmaterial, aber nicht daran haftend, ausgewaschen wird. Dies ist eine Erklärung für die allgemein erhöhten Konzentrationen während Hochwasserwellen. Die Rolle des Zwischenabflusses beim Eintrag von Atrazin während eines Hochwassers konnte nicht eindeutig geklärt werden.

Die diffuse Belastung des Länenbachs während Trockenphasen, d.h. bei Basisabfluss ist auf den Eintrag durch den Interflow und die Drainageleitungen zurückzuführen. Bei den z.T. hohen Atrazinkonzentrationen im Drainagewasser konnte keine Abhängigkeit zur Abflussmenge festgestellt werden (vgl. Abb. 6). Die Drainagen sind wahrscheinlich v. a. als langfristige diffuse Eintragsquellen von Bedeutung. Diese Eintragspfade sind aufgrund der Eigenschaften von Atrazin leicht nachvollziehbar (Abb. 7): Atrazin dringt mit dem Sickerwasser in den Boden ein, von wo es via Interflow oder Drainagerohre in den Vorfluter transportiert wird oder bis zum Grundwasser weiter sickert. In der Messperiode war die Atrazinfracht des Basisabflusses verhältnismässig gering. Durch Verflüchtigung und Abdrift kann Atrazin mit dem Niederschlag flächenhaft über die Landschaft verteilt werden. Der Eintrag in den Vorfluter durch den Niederschlag ist mengenmässig als unbedeutend einzustufen.

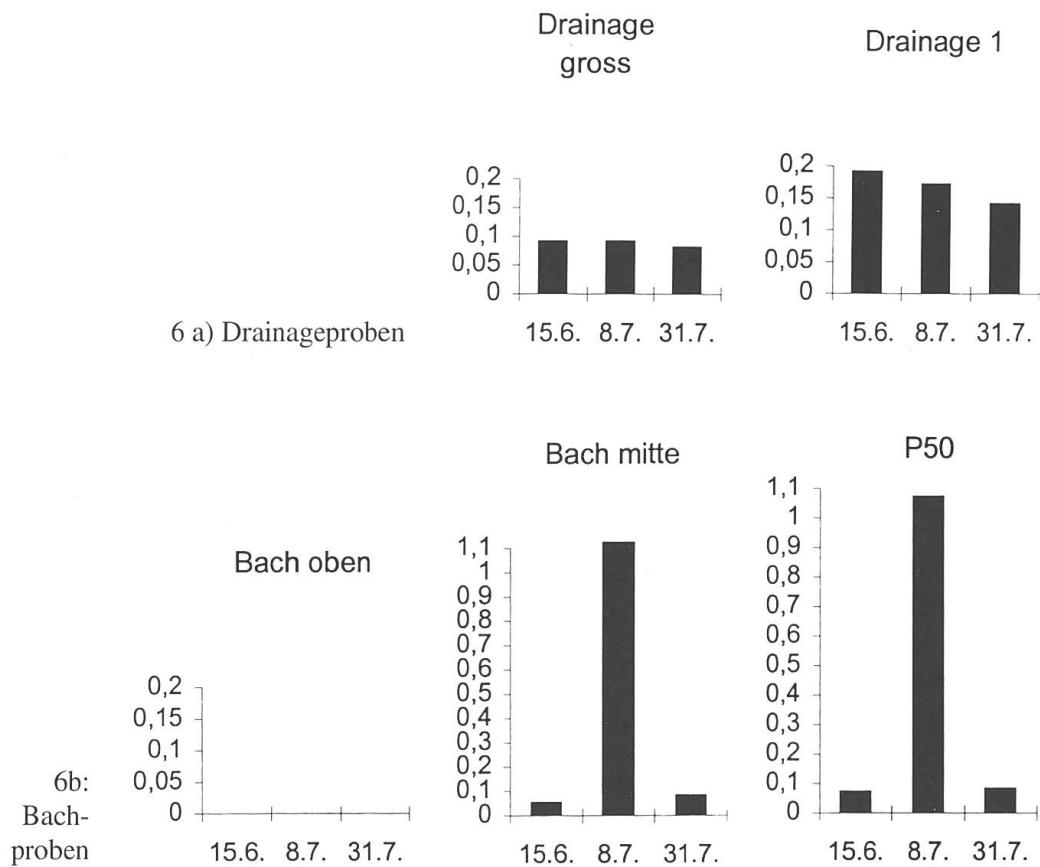


Abb. 6 a) und b) Atrazinkonzentrationen in $\mu\text{g/l}$ gemessen an verschiedenen Standorten zu drei verschiedenen Zeitpunkten. Am 08.07.1996 wurden die Proben während eines Hochwassers gezogen, bei den anderen Wasserproben handelt es sich um "Basisabflussproben". Bei den Bachproben ist die erhöhte Atrazinkonzentration während des Hochwasserereignisses augenfällig, nicht jedoch bei den Drainageproben. Am Standort "Bach mitte" wurde während des Hochwassers eine Rekordatrazinkonzentration von über 2 $\mu\text{g/l}$ gemessen. Der Haupteintrag muss demzufolge im oberen Bachabschnitt erfolgt sein.

6 Schlussfolgerungen

Den stetigen, z.T. hohen (bis 20-fachen) Toleranzwertüberschreitungen während Hochwasserereignissen in den Sommermonaten könnte mit verschiedenen Massnahmen begegnet werden (vgl. Aschwanden 1997). Bei der Beurteilung der Atrazinsituation im EZG muss allerdings im Auge behalten werden, dass sich die Konzentrationen während des Rests des Jahres wahrscheinlich im "tolerierbaren" Bereich bewegen.

Die erhöhten Atrazinkonzentrationen während der Hochwasserereignisse sowie die Erosionsbeobachtungen lassen den Eintragsweg via Oberflächenabfluss von Ackerflächen, der auch die Erosion auslöst, als wichtig erscheinen. Allerdings

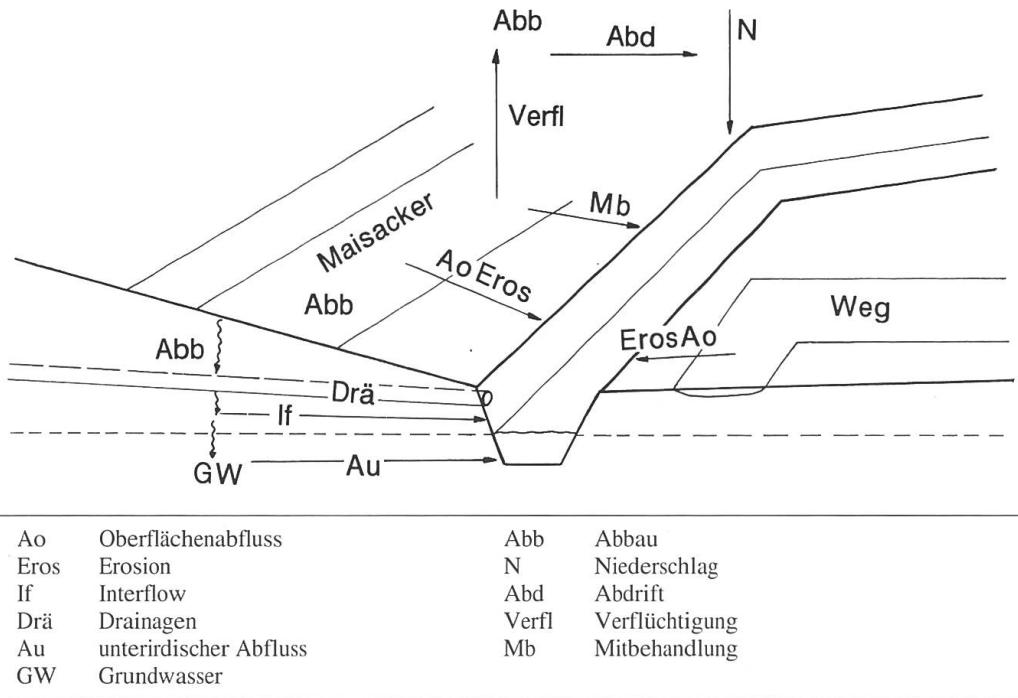


Abb. 7 Prozesse und Eintragswege von Atrazin in den Vorfluter. Für den Untersuchungszeitraum ist der Hauptanteil der Atrazinfracht dem Oberflächenabfluss und der damit verursachten Bodenerosion zuzuschreiben.

könnte auch der schnelle Zwischenabfluss und der häufig beobachtete Oberflächenabfluss auf Wegen und Straßen von Bedeutung sein. Um diese Tendenzen zu überprüfen, sind weitere Messungen nötig.

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war, die Einsetzbarkeit der ELISA-Technik für die geoökologische Forschung zu erproben. Wichtig dabei ist, dass die erhaltenen Ergebnisse der Messungen in einem vernünftigen Verhältnis zum zeitlichen und technischen Aufwand stehen. Mit der ausgearbeiteten Gebrauchsanweisung für den ELISA-Test sollte es in Zukunft möglich sein, diese Methode unter den oben erwähnten Anforderungen anzuwenden.

Literatur

- Aschwanden N. 1997. *Eintrag von Triazinen in Oberflächengewässer im ackerbau-lich geprägten Raum des Tafeljuras*. Diplomarbeit, Basel, 103 S.
- Buser H.R. 1990. Atrazine and others - Triazine Herbicides in Lakes and Rain in Switzerland. *Environ. Sci. Technol.* 24, 1049-1058.
- Dräyer D. 1996. *GIS-gestützte Bodenerosionsmodellierung im Nordwestschweizer Tafeljura*. Physiogeographica, Basler Beiträge zur Physiogeographie 22, Basel.
- Frank R. & Logan L. 1988. Pesticides and Industrial Chemical Residues at the Mouth of Grand Saugeen and Thames Rivers, Ontario, Canada 1981-85. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 17, 741-754.
- Friege H., Kirchner W. & Leuchs W. 1991. Pestizide in Oberflächengewässer. Teil 1: Herbizid-Belastung in der Lippe und im westdeutschen Kanalnetz. *Vom Wasser* 76, 29-38.
- 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.
- Seiler A. 1994. Atrazin in Grund- und Oberflächenwasser in der Schweiz. In: *CIBA Arbeitstagung vom 27.9.94 in Olten: Verhalten von Pflanzenschutzmitteln in der Umwelt: Beispiel Atrazin*.
- 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 5, Basel.
- Reith V.-E. & Müller H.E. 1994. Pestizidkonzentrationen eines Vorfluters im ländlichen Raum während eines Hochwasserereignisses. *DGM* 38 (3), 73-77.
- Rüttimann M. 1994. Atrazinverluste durch Abschwemmung und Bodenerosion in Maismulchsaaten. *CIBA Arbeitstagung vom 27.9.94 in Olten: Verhalten von Pflanzenschutzmitteln in der Umwelt: Beispiel Atrazin*.
- 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.

