

# Pestizideintrag ins Gewässer – Forschung trifft Politik

**Pestizide werden in Schweizer Oberflächengewässern in erheblichen Mengen nachgewiesen – dies seit Jahrzehnten. Mit der Einführung von Direktzahlungen im Jahr 1993 für ökologische Massnahmen in der Landwirtschaft sollte sich diese Situation verbessern. Ziel war es, die Pestizidbelastung bis zum Jahr 2005 zu halbieren. Eine von der EAWAG in der Region Greifensee durchgeführte Belastungsanalyse zeigt auf, dass das angestrebte Ziel nicht vollständig erreicht werden konnte. Zwar wurden die eingesetzten Pestizidmengen verringert, jedoch verfehlten die Massnahmen, die den Pestizidabtrag von den behandelten Feldern vermindern sollten, ihre Wirkung zum grössten Teil.**

Mit dem Wechsel von einer Produkte-subsventionierten hin zu einer ökologischen und marktorientierten Agrarpolitik nimmt die Schweiz eine Vorreiterrolle in ganz Europa ein. Die von der Gesellschaft geforderten Leistungen im Bereich der Ökologie, für die auf dem freien Markt kein adäquater Gegenwert erzielt werden kann, werden durch staatliche Direktzahlungen an die Landwirte abgegolten (siehe auch Artikel von C. Widmer, S. 6). Insgesamt fliessen 5% der gesamten Bundesausgaben, rund 2,4 Mrd. SFr. jährlich, in diese Direktzahlungen. Die landwirtschaftlichen Betriebe erhalten diese Gelder unter der Voraussetzung, dass sie einen ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) erbringen. Neben Massnahmen wie

eine ausgeglichene Düngerbilanz oder eine geregelte Fruchtfolge enthält der ÖLN auch Vorgaben zur gezielten Auswahl und Anwendung von Pestiziden. Etwa 0,4 der 2,4 Mrd. SFr. werden für besondere ökologische Leistungen, die über den ÖLN hinausgehen, bezahlt. Hierzu gehören sowohl Gewässerschutz- und Öko-Qualitätsbeiträge als auch Beiträge für ökologische Ausgleichsflächen, für die extensive Produktion von Getreide und Raps (Extensio-Produktion), für den biologischen Landbau und für besonders tierfreundliche Haltungssysteme. Die Beteiligung der Landwirte am ÖLN stieg mit Einführung des Direktzahlungssystems schnell an. Wurden 1993 nur etwa 17% der landwirtschaftlichen Nutzfläche nach ökologischen Richtlinien bewirtschaftet, beträgt dieser Anteil heute über 97%. Angesichts der enormen Geldaufwendungen für eine Ökologisierung der Schweizer Landwirtschaft stellt sich die Frage, wie wirksam die ergriffenen Massnahmen tatsächlich sind.

## Ziel: Pestizidbelastung der Gewässer halbieren

Mit Beginn der Ökomassnahmen im Jahr 1993 wurden konkrete Ziele für ökologische relevante Grössen wie Biodiversität, Stickstoff-, Phosphor- und Pestizidbelastung definiert, die bis Ende 2005 erfüllt sein sollen. Ziel bei den Pestiziden war es, die Gewässerbelastung um die Hälfte zu reduzieren. Dies sollte einerseits durch eine 30%ige Senkung der eingesetzten Pestizidmenge geschehen, andererseits sollten die restlichen 20% durch abtragsmindernde Massnahmen erreicht werden (siehe Kasten «Massnahmen»).

Dieser Artikel geht der Frage nach, ob die Pestizidbelastung seit Einführung der Ökomassnahmen 1993 tatsächlich reduziert werden konnte. Einen ersten Anhaltspunkt, ob die Massnahmen erfolgreich waren, liefert die Analyse der Pestizidabsatzzahlen. Viel direkter dagegen ist die langfristige Belastungsanalyse von Gewässern, bei der die Pestizidkonzentrationen im Wasser bestimmt werden. Mit Unterbrechungen führt die EAWAG solche Untersuchungen bereits seit 1991 am Greifensee durch (siehe Kasten «Belastungsanalyse»). Seit 1997 werden sie im Rahmen des Projekts «Evaluation der Ökomassnahmen» durch das Bundesamt für Landwirtschaft finanziert.

## Pestizidkäufe gingen zurück

Abbildung 1 zeigt, dass die absoluten Pestizidverkaufsmengen [1] zwischen 1993 und 2003 um etwa 25% zurückgingen. Es ist



Foto: EAWAG

Einfüllen der Pestizidmischung in den Tank eines Applikationsgeräts.

## Massnahmen im Rahmen des ökologischen Leistungsnachweises

### Verminderung der Pestizidaufwandmengen:

- Das Schadschwellenprinzip anwenden: Pestizide werden erst dann eingesetzt, wenn der durch Schädlinge zu erwartende Schaden höher ist als die Kosten der Behandlung.
- Natürliche Regulationsmechanismen ausnutzen: indirekter Pflanzenschutz, z.B. durch richtige Sortenwahl und Fruchtwechsel.
- Die insektizid- und fungizidfreie extensive Produktion (Extensio-Produktion) von Getreide und Raps fördern.
- Den pestizidlosen biologischen Landbau fördern.

### Verminderung des Pestizidabtrags:

- 3 m breite Pufferstreifen entlang von Gewässern anlegen (siehe Artikel von C. Widmer, S. 6).
- Erosionsmindernde Massnahmen (z.B. Pflanzenbedeckung auch im Winter) umsetzen.

allerdings nicht möglich, von diesem Wert direkt auf eine 25%ige Reduktion der eingesetzten Pestizidmengen zu schliessen. Denn zum einen sind die aus dem Ausland importierten Pestizide sowie Produkte, die bereits seit längerem in den landwirtschaftlichen Betrieben gelagert werden, nicht in den Absatzzahlen enthalten. Zum anderen wird nicht berücksichtigt, dass die genutzte Ackerbaufläche in den letzten 10 Jahren deutlich zurückging. De facto reduzierte sich die eingesetzte Pestizidmenge daher nicht um 25% sondern lediglich um 20% von 6,5 auf 5,4 kg Pestizide pro Hektar Ackerfläche. Darüber hinaus gelangen in den letzten Jahren vermehrt neue Pestizide mit sehr viel geringerer Aufwandmenge bei gleicher Wirkung auf den Markt. Waren bis vor kurzem noch mehrere Kilogramm Wirkstoff pro Hektar für eine Pestizidbehandlung üblich, erzielen bei diesen modernen Produkten bereits wenige Gramm die gleiche Wirkung. Die gesteigerte Potenz eines Pestizids kann aber nicht nur auf dem Feld, sondern auch später im Gewässer zum Tragen kommen. Ein aussagefähiger Indikator für



Flächige Auftragung von Pestiziden auf einem Acker.

den Pestizidverbrauch sollte daher zukünftig auf repräsentativen Verbrauchserhebungen basieren und sowohl die Behandlungsintensität als auch die Potenz eines Pestizids mit berücksichtigen.

### Getreide- und Maisherbizide bedeutend

Der Sammelbegriff Pestizide umfasst in der Schweiz rund 400 zugelassene Einzelwirkstoffe. Nur für einen Teil der Pestizide stehen jedoch ausreichend empfindliche und präzise Analysenmethoden zur Verfügung. Eine umfassende Bestimmung der Pestizidbelastung ist daher nicht möglich.

Für die Belastungsanalyse am Greifensee wurden etwa 50 der rund 100 in diesem Gebiet eingesetzten Pestizide untersucht. Regelmässig konnten Herbizide aus den flächenmässig bedeutenden Kulturen Mais und Getreide im Greifensee nachgewiesen werden. Zu diesen Pestiziden gehört auch das Maisherbizid Atrazin. Obwohl es in anderen Ländern, z.B. Deutschland, inzwischen verboten ist, ist es schweizweit nach wie vor eines der wichtigsten Pestizide. Da nur für Atrazin Daten aus der ersten Hälfte der 1990er Jahre vorliegen, die im Rahmen anderer EAWAG-Forschungsprojekte vor Beginn des nationalen Evaluations-

### Belastungsanalyse am Greifensee

Als Beobachtungssysteme bieten sich insbesondere Seen für die Belastungsanalyse an. Mit Wasseraufenthaltszeiten von meist mehreren hundert Tagen integrieren sie alle Aktivitäten im Einzugsgebiet und lassen im Gegensatz zu hoch dynamischen Fließgewässern eine Frachtbestimmung (Bestimmung der Pestizidmenge, die in den See eingetragen wird) mit verhältnismässig geringem Aufwand auch über einen längeren Zeitraum zu [2]. Im Auftrag des Bundesamts für Landwirtschaft führt die EAWAG seit 1997 eine Belastungsanalyse am Greifensee durch. Das 160 km<sup>2</sup> grosse Einzugsgebiet des Greifensees bildet die verschiedenen agronomischen Praktiken und die damit zusammen hängenden Pestizidquellen und -eintragungspfade adäquat ab. Zudem hat die EAWAG bereits in den Jahren 1990–1991 und 1993–1994 Pestizid-daten am Greifensee erhoben. Am umfassendsten ist die Datenlage für das Maisherbizid Atrazin.

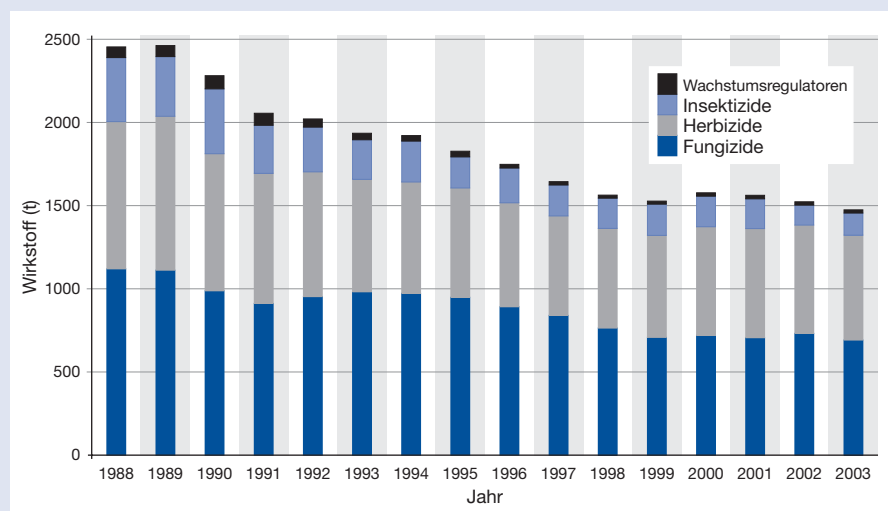


Abb. 1: Pestizidabsatzzahlen für den Zeitraum von 1988 bis 2003 [1].



programms erhoben worden sind, wurde dieses Herbizid für eine detaillierte Analyse ausgewählt.

### Atrazinbelastung ging zurück

Die seit 1990 bestehenden Daten für das Greifenseegebiet zeigen, dass die Einsatzmenge von Atrazin im Laufe der 1990er Jahre von über 1100 kg auf etwa 400 kg zurückging (Abb. 2A). Gründe für diesen Rückgang sind die Einführung verschiedener Anwendungseinschränkungen für Atrazin (mengenmässige und zeitliche Einsatzbeschränkungen und ein generelles Verbot

von Atrazin auf Bahngleisen) zwischen 1988 und 1994 und das spätere Aufkommen von Ersatzprodukten. Die Reduzierung der Applikationsmenge hatte logischerweise auch positive Auswirkungen auf die im Greifensee gemessene Atrazinmenge: Lag die Gesamtmenge Atrazin im See Anfang der 90er Jahre noch zwischen 30 und 45 kg, hat sich der Wert heute bei 5–10 kg eingependelt (Abb. 2B). Dies ist zwar eine deutliche Reduktion, erstaunlicherweise ist aber die während oder kurz nach der Applikationsperiode (Mai bis Juli) in den Greifensee eingetragene Atrazinmenge von Jahr zu Jahr

sehr unterschiedlich (Atrazinfracht in Abb. 2A). So wurde im Jahr 1999, als bereits über 90% der landwirtschaftlichen Betriebe am ÖLN teilnahmen und die Atrazineinsatzmenge um über 60% abgenommen hatte, mehr Atrazin in den Greifensee eingetragen als 1994 kurz nach Einführung der Ökomassnahmen. Um den Erfolg der Ökomassnahmen wirklich bewerten zu können, müssen deshalb neben den Einsatzmengen auch die Einflussfaktoren bekannt sein, die beim Abtrag der Pestizide vom Feld ins Gewässer wirksam sind.

### Keine Abtragsminderung erkennbar

Wie gross die in die Gewässer eingetragene Pestizidmenge ist, hängt hauptsächlich vom Zeitpunkt sowie von der Menge und der Intensität der Regenereignisse nach einer Pestizidapplikation ab. Dabei kann die Hälfte der jährlichen Pestizidfracht eines Gewässers in wenigen Tagen bis Wochen nach der Pestizidapplikation mit dem Regen eingetragen werden. Insgesamt macht der Abtrag der Pestizide vom Boden in die Gewässer jedoch nur wenige Prozent der applizierten Menge aus.

Abbildung 3 zeigt keine Veränderung des Atrazinabtrags in den Greifensee nach Einführung des ÖLN. Stattdessen ist eine deutliche Korrelation zwischen der abgetragenen Atrazinmenge und der Regenstärke erkennbar. Die ergiebigsten Regenfälle gab es im Jahr 1999; in diesem Jahr wurden 3,4% der applizierten Atrazinmenge in den Greifensee transportiert. In den regenärmeren Jahren liegt die abgetragene Atrazinmenge dagegen zwischen 0,5 und 1,9%. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch bei anderen Maisherbiziden. Ergebnisse aus einer Feldstudie, die die Maisherbizide Atrazin,

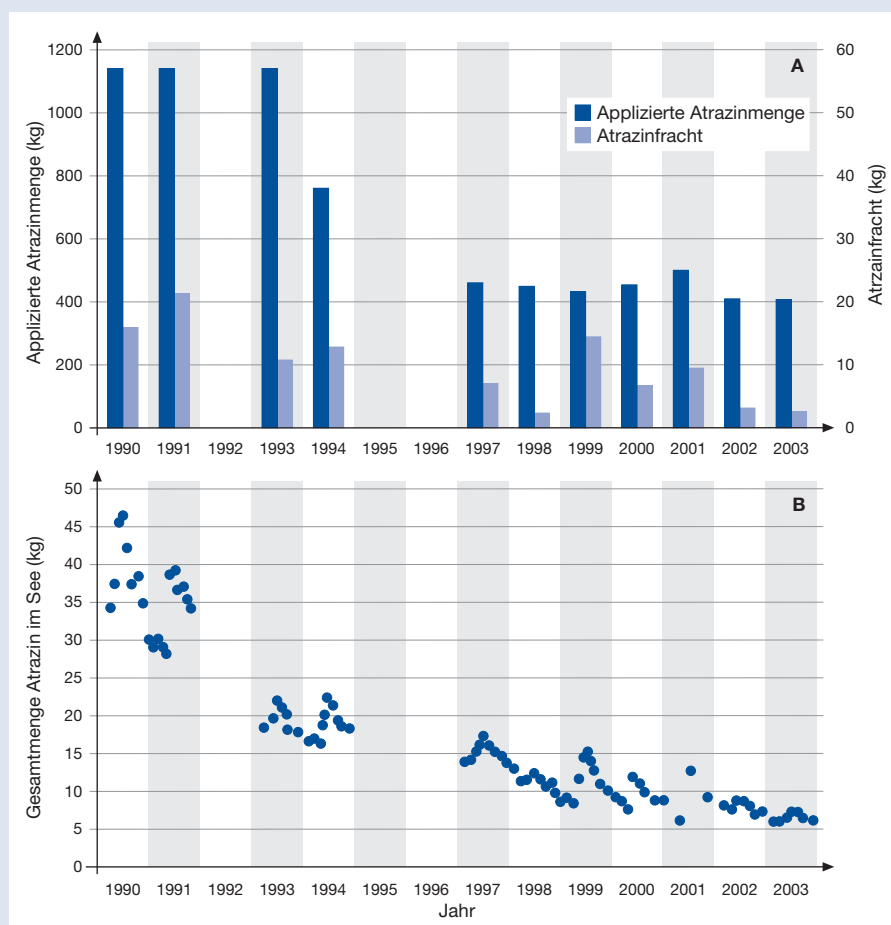


Abb. 2: Mehr als ein Jahrzehnt der Greifenseebelastung durch Atrazin – (A) Applikationsmengen im Einzugsgebiet und in den See eingetragene Menge (Fracht) sowie (B) Gesamtmengen im See. Durch Kombination der monatlichen Tiefenprofilmessungen der Pestizidkonzentration mit einer Seensimulationsoftware konnte die Atrazinfracht hinreichend präzise bestimmt werden [2].

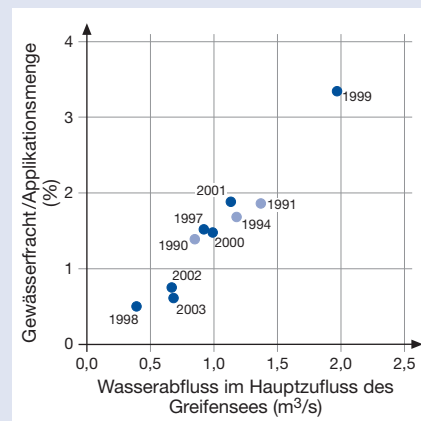


Abb. 3: Der prozentuale Atrazinanteil, der während oder kurz nach der Applikationsperiode vom Feld in das Gewässer abgetragen wird, steigt mit zunehmendem Wasserabfluss bei Regenereignissen. Daten- und Korrelationsunsicherheiten sind nicht aufgetragen.



EAWAG

Belastungsanalyse – Entnahme von Wasserproben am Greifensee.

Dimethenamid, Metolachlor und Sulcotrion in kleineren Untereinzugsgebieten der Greifenseeeregion untersuchte, zeigen, dass diese Substanzen ein ähnliches Abtragsverhalten aufweisen [3]. Bei Regen werden sie so rasch abtransportiert, dass sich die im Regenwasser gelösten Herbizide nicht an der Bodenmatrix anheften können. Für die schnelle Pestizidverfrachtung in die Gewässer während eines Starkregenereignisses sind hauptsächlich der Oberflächenabfluss und die schnelle Versickerung in Drainagen verantwortlich.

### Weitere Erfolg versprechende Massnahmen

Weitere Studien im Einzugsgebiet des Greifensees wiesen nach, dass vor allem vernässte Standorte mit direktem Anschluss an ein Gewässer ein sehr grosses Pestizidverlustpotenzial aufweisen [4]. Solch vernässte Flächen sind auch aus agronomischer Sicht keine idealen Ackerbaustandorte [5]. Im Sinne einer ökologischen Flächenbewirtschaftung sollten abtragsgefährdete Felder daher auf eine pestizidlose Nutzung umgestellt werden. Dies wäre in der Praxis durchaus realisierbar, da hohe Pestizidverluste sehr häufig als lokale «hot spots» auftreten und die schweizerische Landwirtschaft aus eher kleinräumigen Strukturen besteht. Dabei könnten die pestizidlosen Flächen teilweise als direktzahlungsberechtigte ökologische Ausgleichsflächen ausgewiesen werden. Eine eindeutige Identifizierung von Risikoflächen ist eine grosse Herausforderung für die zukünftige Pestizidforschung. Bei der Entsorgung von Pestizidresten oder bei der Reinigung der Applikationsspritzen

gelangen Pestizide direkt über die Kanalisation oder indirekt über die Kläranlage ins Gewässer. Im Greifensee macht der Anteil dieser Punkteinträge für Wirkstoffe, die ausschliesslich in der Landwirtschaft verwendet werden, etwa 15 bis 20% der gesamten Pestizidbelastung aus [6]. Hier setzen Lehrgänge für den richtigen Umgang mit Pestiziden an, die mit einer Fachbewilligung abgeschlossen werden. Personen, die berufsmässig Pestizide verwenden, müssen im Besitz einer solchen Fachbewilligung sein. Ausserdem müssen die Applikationsgeräte regelmässig technisch überprüft werden. Da die meisten Applikationsspritzen jedoch bereits recht alt sind, birgt die finanzielle Förderung von modernen Spritzgeräten zusätzliches Verbesserungspotenzial. Frischwassertanks an modernen Spritzgeräten ermöglichen zum Beispiel eine Gerätereinigung bereits auf dem Feld.

### Fazit

Ein kausaler Zusammenhang zwischen den getroffenen Politikmassnahmen zur Ökologisierung der Landwirtschaft und dem Pestizideintrag ins Gewässer ist nur schwer und mit vielen Vereinfachungen und Einschränkungen herzustellen. Einerseits scheinen die Komplexität und das zeitliche Ansprechverhalten von Umweltsystemen per se nicht kompatibel mit den Zeiträumen politischer Entscheidungen zu sein. Die Politik verlangt andererseits einfache, eindeutige und schnelle Antworten. Demgegenüber versucht die Forschung komplexe und chaotische Systeme zu verstehen, was meist aufwändige und kostenintensive Untersuchungen über einen längeren Zeitraum notwendig macht.

Aus diesem Grund wäre es wichtig gewesen, die entsprechenden Evaluierungsprogramme bereits vor der Einführung der Ökomassnahmen im Jahr 1993 zu starten. Doch trotz Datenunsicherheiten und Wissenslücken sind konkrete Trends nachweisbar: Die Massnahmen zur Beschränkung der Pestizidmenge haben zu einem achtbaren Teilerfolg geführt. Dagegen blieben die abtragsmindernden Massnahmen wenig erfolgreich und müssen in nächster Zukunft neu überdacht werden.



Heinz Singer ist Chemiker in der Abteilung «Wasser und Landwirtschaft». Er untersucht das Schicksal von Pestiziden in der Umwelt und entwickelt Methoden zum Nachweis organischer Spurenstoffe.

- [1] Schweizerische Gesellschaft für chemische Industrie SGCI (2004): Schweiz und Fürstentum Liechtenstein Pflanzenbehandlungsmittel-Markt-Statistik 1988–2003.
- [2] Müller S.R., Berg M., Ulrich M.M., Schwarzenbach R.P. (1997): Atrazine and its primary metabolites in Swiss lakes: Input characteristics and long-term behavior in the watercolumn. *Environmental Sciences and Technology* 31, 2104–2113.
- [3] Leu C., Singer H.P., Stamm C., Müller S.R., Schwarzenbach R.P. (2004): Simultaneous assessment of sources, processes, and factors influencing herbicide losses to surface waters in a small agricultural catchment. *Environmental Sciences and Technology* 38, 3827–3834.
- [4] Leu C., Singer H.P., 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. *Environmental Sciences and Technology* 38, 3835–3841.
- [5] Stamm C., Singer H., Szerencsits E., Zraggen K., Flury C. (2004): Standort und Herbizideinsatz aus Sicht des Gewässerschutzes. *Agrarforschung* 11, 446–451.
- [6] Gerecke A.C., Schärer M., Singer H.P., Müller S.R., Schwarzenbach R.P., Sagesser M., Ochsenbein U., Popow G. (2002): Sources of pesticides in surface waters in Switzerland: pesticide load through waste water treatment plants – current situation and reduction potential. *Chemosphere* 48, 307–315.