

Stoffflüsse

Standort und Herbizideinsatz aus Sicht des Gewässerschutzes

Christian Stamm und Heinz Singer, Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), CH-8600 Dübendorf

Erich Szerencsits, Agroscope FAL Reckenholz, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, CH-8046 Zürich
Kurt Zraggen und Christian Flury, Institut für Agrarwirtschaft, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ), CH-8092 Zürich

Auskünfte: Christian Stamm, E-Mail: christian.stamm@eawag.ch, Tel. +41 (0)1 823 55 65

Zusammenfassung

Der Artikel geht der Frage nach, inwiefern der heutige Ackerbau im Gebiet des Greifensees aus Sicht des Gewässerschutzes und agronomisch gesehen standortgerecht betrieben wird. Felduntersuchungen zeigen, dass die Herbizidverluste in Gewässer von verschiedenen Flächen sehr unterschiedlich sein können. Grosse Verluste sind von vernästen Standorten zu erwarten, die hydrologisch direkt ans Gewässer angeschlossen sind. Für die Identifizierung solcher Risikoflächen wurde ein einfacher Indikator entwickelt, der es erlaubt, den Zusammenhang zur ökonomisch begründeten Landnutzung herzustellen. Der Indikator ist eng mit der landwirtschaftlichen Nutzungseignung korreliert. Diese Nutzungseignung beeinflusst im ökonomischen Modell des Kernprojekts die berechnete Landnutzung stark. Die reale Landnutzung orientiert sich aber nur zum Teil an den Nutzungseignungen. Als Folge davon werden Getreide und Mais gleichermassen auf Risikoflächen angebaut wie andere Kulturen inklusive Grasland. Die Modellrechnungen zeigen, dass die gleiche Landnutzung im Gebiet ohne Einschränkungen durch gegebene Besitzverhältnisse standortgerechter realisierbar wäre und damit weniger Ackerbau auf Risikoflächen betrieben würde.

Die grundlegende Zielsetzung des Greifensee-Projekts bestand darin, nachhaltige Nutzungsstrategien für die Landwirtschaft in der Region Greifensee zu entwickeln. Aus Sicht des Gewässerschutzes bedeutet dies unter anderem, aufzuzeigen, wie die stoffliche Belastung der Oberflächengewässer durch die Landwirtschaft verringert werden könnte. Neben Stickstoff und Phosphor stehen dabei die Pestizide im Vordergrund. Um Strategien zur Reduktion der Pestizideinträge in Gewässer zu entwickeln, werden naturwissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Teilprojekt «Pflanzenbehandlungsmittel» mit der landwirtschaftlichen Nutzungseignung und mit Ergebnissen aus dem Kernprojekt verknüpft.

Welche Grössen als Bindeglieder zwischen naturwissenschaftlicher und ökonomischer Sichtweise verwendet werden können, war nicht von vornherein klar. In diesem Artikel zeigen wir auf, welche Faktoren sich herauskristallisiert haben und auf welche Art und Weise eine Verknüpfung möglich ist. In Kombination mit den Modellrechnungen im Kernprojekt lassen sich daraus Folgerungen ableiten, die für Strategien zur Vermeidung der Pestizidbelastung der Gewässer wichtig sind.

Herbizidbelastung im Greifenseegebiet

Die EAWAG untersucht seit Jahren die Belastung der Oberflächengewässer mit Pestiziden im Einzugsgebiet des Greifensees (Müller *et al.* 1997). Getreide-

und Maisherbizide sind dabei die mengenmässig bedeutendsten Pestizide, die nachgewiesen werden können. Wir beschränken uns im vorliegenden Artikel daher auf die Untersuchung von Herbiziden im Getreide- und Maisanbau. Dank Erhebungen und Messungen in den Jahren 1999 und 2000 wissen wir, dass der überwiegende Teil der landwirtschaftlich eingesetzten Herbizide aus diffusen Quellen stammt. Der direkte Abtrag von Hofplätzen oder der Eintrag via Kläranlagen ist aber nicht vernachlässigbar und machte im Jahr 1999 für Atrazin rund 15 bis 20 % aus.

Die diffusen Verluste von Feldern treten hauptsächlich während und direkt nach der Applikationsperiode auf. Die Konzentrationen, die zu dieser Zeit in den Fliessgewässern gemessen wurden, überschritten teilweise für mehrere Wochen bis Monate ökotoxikologisch kritische Werte (Chèvre *et al.* 2003). Aus Sicht des Gewässerschutzes ist deshalb eine Verminderung der Belastung erforderlich. Um entsprechende Massnahmen einleiten zu können, ist es notwendig, die Prozesse zu verstehen, die zur Belastung führen. Dies war das Ziel detaillierter Studien in kleinen landwirtschaftlichen Einzugsgebieten in der Region.

Von den Herbizidverlusten von Feldern...

Im Jahre 2000 wurden auf den Maisfeldern des Einzugsgebiets «Rohr» kontrolliert die Herbizide Atrazin, Metolachlor und Di-

methenamid ausgebracht (Leu et al. 2004). Auf allen Feldern wurde am gleichen Tag dieselbe Herbizidmischung gespritzt. Anschliessend wurde der Ausstrag aus drei Teileinzugsbieten erfasst, indem an drei Stellen im Bach der Abfluss gemessen und intensiv beprobt wurde. Die Herbizide wurden während der Abflussereignisse nach der Applikation durch schnelle Transportprozesse (Makroporenfluss in Drainagen, oberflächliche Abschwemmung; Abb. 1) ausgetragen. Die im Bach gemessenen Frachten waren für die drei Herbizide recht ähnlich. Bezogen auf die ausgebrachten Substanzmengen waren die Unterschiede kleiner als ein Faktor drei.

Überraschend gross waren hingegen die räumlichen Unterschiede zwischen unmittelbar benachbarten Teileinzugsgebieten. In einem Gebiet wurde während des wichtigsten Ereignisses rund 0.4 % des ausgebrachten Dimethenamids ausgetragen (Leu et al. 2004). Bei demselben Ereignis war der relative Ausstrag im benachbarten Gebiet 56-mal geringer.

... zur Identifikation von Risikoflächen

Die grossen Unterschiede bei den Herbizidverlusten legen den Schluss nahe, dass es Parzellen gibt, welche die Gewässer stark und andere, die sie nur schwach belasten. Die stark belastenden Parzellen beziehungsweise Risikoflächen können wir auf Grund der Felddaten und unseres Prozessverständnisses folgendermassen beschreiben: Auf Risikoflächen werden die Herbizide während Regenereignissen mobilisiert und durch schnellen Transport (Abschwemmung, Makroporenfluss) in die Gewässer ausgetragen. Bedingung für diesen Transport ist ein wasser gesättigter Oberboden. Zur Ver nässung neigende Böden zählen

demnach zu möglichen Risiko flächen. Diese Flächen können wir über die qualitative Angabe in der Bodenkarte 1:5000 des Kantons Zürich identifizieren. Diese ordnet jeder Kartierungseinheit eine Wasserhaushaltsklasse zu, die etwas über die Wahrscheinlichkeit einer Sättigung im Oberboden aussagt. Neben der Mobilisierung der Herbizide ist zudem eine direkte hydrologische Verbindung zwischen Feld und Gewässer für diese schnellen Fliesspfade notwendig. Andernfalls werden die Stoffe nach der Mobilisierung im Gebiet zurückgehalten.

Für die vorliegende Untersuchung haben wir einen einfachen Indikator zur Identifikation der möglichen Risikoflächen entwickelt. Der Indikator berücksichtigt die Wasserhaushaltsklassen für die Mobilisierung sowie die Topographie und die Drainagen für den direkten Gewässeranschluss. Abb. 2 weist für das Greifenseegebiet die Faktoren «Mobilisierung» und «Direkter Gewässeranschluss» sowie die sich daraus ergebenden Risikoflächen aus. Es ist erkennbar, dass in gewissen Gebieten mehr Risikoflächen vorhanden sind als in andern. Dazu zählen insbesondere der südlich des Greifensees liegende breite Talboden und das voralpine Bergland ganz



Abb. 1. Abschwemmung in Fahrspuren eines Maisfelds (Foto: C. Leu).

im Osten der Greifenseeregion (vgl. Abb. 2 in Szerencsits et al. 2004). An dieser Stelle sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dieser Indikator keine gesicherte Methode, sondern vielmehr ein wissenschaftliches Werkzeug darstellt, um ein vertieftes Problemverständnis zu entwickeln. Erst dies erlaubt uns, im Rahmen dieser fachübergreifenden Untersuchung, nach dem Schema «Unter diesen Annahmen ergeben sich folgende Konsequenzen», plausible Analysen und Gedankenexperimente durchzuführen.

Nutzungseignung und Herbizidverlustrisiko

Der landwirtschaftliche Betriebsleiter zieht beim Bewirtschaftungsentscheid das Ertragspotenzial der Böden mit

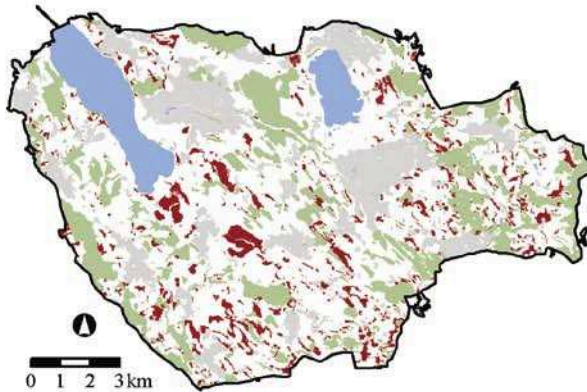
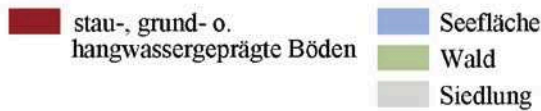
Tab. 1. Konzeptioneller Zusammenhang zwischen Nutzungseignung und Risiko für Herbizidausstrag in Oberflächengewässer

| Nutzungseignung (lokale Eigenschaft) | | Risiko für Herbizidausstrag ^{1,2} (lokale Eigenschaft + Konnektivität) |
|---|---|--|
| Gründigkeit | ↔ | Gründigkeit |
| Stauanässe | ↔ | Stauanässe |
| Fremdnässe | ↔ | Fremdnässe |
| Neigung | ↔ | Neigung |
| Skelettgehalt | ≠ | Struktur Oberboden |
| Körnung | ≠ | Anschluss and Gewässer (schnelle Fliesswege) |

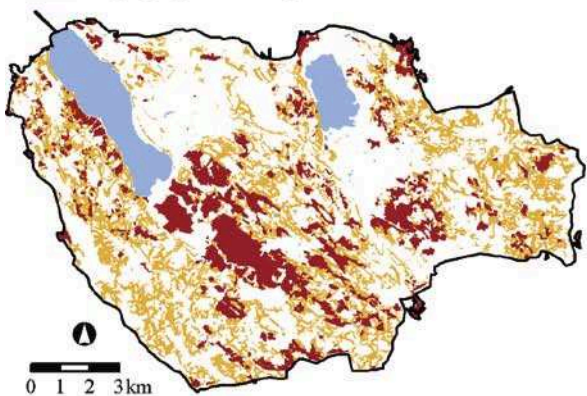
¹ gemäss Bodenkarte

² gemäss Leu et al. (2004)

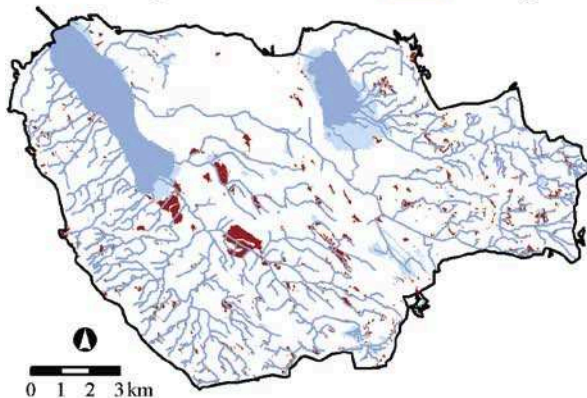
Faktor Bodenwasserhaushalt



Faktor Anschluss an Gewässer



Aggregierte Faktoren



Datengrundlagen und Kartenhintergrund:

- Ökomorphologische Erhebung der Oberflächengewässer, Kanton Zürich
- Inventar der Natur- und Landschaftsschutzobjekte von überkommunaler Bedeutung, Kanton Zürich
- Landwirtschaftliche Bodenkarte 1:5'000, Kt. Zürich
- Vector25 © 2001 swisstopo DV002208 (BA046432)

ein. Es ist wirtschaftlicher, Zuckerrüben auf einer tiefgründigen Fruchtfolgefläche anzubauen und flachgründige Böden als extensive Wiesen zu nutzen als umgekehrt. In der Schweiz wurde, basierend auf der klassischen Bodenkartierung, ein Indikator für die landwirtschaftliche Nutzungseignung abgeleitet. In Tab. 1 vergleichen wir die konzeptionelle Basis dieser Nutzungseignungsklassifikation mit derjenigen unseres Risiko-Indikators.

Zwischen den beiden Indikatoren bestehen starke Überlappungen. Diese fallen insbesondere für den Ackerbau - und damit für die Herbizidproblematik - ins Gewicht. Ackerkulturen benötigen gut durchlüftete Böden, die senkrecht durchwaschen sind oder höchstens einen geringen Stau- und Fremdwassereinfluss aufweisen. Ideale Ackerstandorte lassen demnach auf Grund ihrer Bodeneigenschaften auch ein geringes Risiko für Herbizidverluste erwarten. Umgekehrt stellen aus agronomischer Sicht schlechte Ackerflächen Risikoflächen für Herbizidaustrag dar, sofern der Wasserhaushalt der Böden der einschränkende Faktor ist. Unterschiede bei der Klassierung sind bei der Berücksichtigung des Anschlusses ans Gewässer zu finden, welcher nur im Fall der Drainagen einen Einfluss auf die Nutzungseignung hat. Im Gegensatz zur positiven Wirkung der Drainagen auf die Eignung der Flächen wird das Risiko einer Austragung von Herbiziden auf drainierten Flächen als erhöht beurteilt, da über den Makroporenfluss ein direk-

ter Abfluss in die Gewässer möglich ist.

Die konzeptionelle Nähe der beiden Klassifikationen bestätigt sich beim quantitativen Vergleich für die landwirtschaftlichen Nutzflächen der Greifenseeeregion: Gute Ackerbau-Standorte (alle Flächen der Kategorien futterbaubetonte, getreidebaubetonte und uneingeschränkte Fruchtfolgeflächen gemäss Nutzungseignungskarte) entsprechen deutlich seltener Risikoflächen (1% der ackerbaufähigen Standorte) als Standorte, die für den Futterbau geeignet sind (18% aller Flächen der Kategorien extensives und intensives Grünland sowie futterbaubevorzugte Fruchtfolgeflächen).

Ist die heutige Landnutzung standortgerecht?

Wenn man davon ausgeht, dass die landwirtschaftlichen Betriebsleiter bei ihren Produktionsentscheiden das Ertragspotenzial der Böden beziehungsweise die Nutzungseignung berücksichtigen, sollte zwischen der Nutzungseignung der Böden und der realen Landnutzung ein Zusammenhang bestehen: Der Anteil offener Ackerflächen an den vorhandenen geeigneten Ackerstandorten sollte in allen Modellregionen gleich sein.

Anhand der Landnutzungskartierung für das Jahr 2000 kann dieser Zusammenhang überprüft werden (Schüpbach *et al.* 2003; Landnutzungskarte siehe Abb. 2 in Flury *et al.* 2004). Wir beschränken uns dabei auf die Ackerkulturen Mais und Getreide sowie deren Anteil auf futterbau- und ackerbaufähigen Standorten. Werden die Anteile wie in Tabelle 2 nach Modellregionen (vgl. Abb. 3 in Sze-rencsits *et al.* 2004) ausgewiesen, so fällt auf, dass auch auf Standorten Ackerbau betrieben wird, die dazu nicht geeignet

Abb. 2. Räumliche Verteilung der Faktoren Bodenwasserhaushalt (stau-, hang- oder grundwassergeprägte Böden), direkter Anschluss ans Gewässer sowie der sich daraus ergebenden Risikoflächen im Wassereinzugsgebiet des Greifensees.

Tab. 2. Prozentualer Anteil des Getreide- und Maisanbaus im Jahr 2000 nach Modellregionen auf Flächen, die bezüglich Nutzungseignung als Grünland und Ackerland klassiert wurden

| Eignung | Modellregionen | | | | | |
|----------|----------------|---------|--------|------|-----------|----------|
| | Berg | Drumlin | Moräne | Hang | Seebecken | Talboden |
| Ackerbau | 40 | 69 | 88 | 56 | 91 | 58 |
| Grünland | 60 | 31 | 12 | 44 | 9 | 42 |

sind: auch Grünland-Standorte werden in erheblichem Masse ackerbaulich genutzt. Am ausgeprägtesten ist dies in den Modellregionen «Berg», «Hang» und «Talboden» der Fall.

Die Nutzungseignung eines Standorts ist somit nicht wie erwartet das dominante Kriterium bei der Flächennutzung. Dies bestätigt sich durch das Ergebnis, dass in einzelnen Modellregionen sogar auf Standorten Mais oder Getreide angebaut wird, die gemäss Kartierung nur für den extensiven Futterbau geeignet sind (vgl. Abb. 1. in Zraggen *et al.* 2004).

Wenn die Nutzungseignung nicht das dominante Entscheidungskriterium ist, dann ist auf Grund der Korrelation mit der Risikoklassierung auch eine aus Sicht des Gewässerschutzes nicht oder nur wenig standortgerechte Nutzung zu erwarten. In Abb. 3 wird der Anteil der Mais- und Weizenflächen auf Risikoflächen für die gesamte Greifenseeregion und für die einzelnen Modellregionen

dargestellt. Die Ackerkulturen Getreide und Mais werden auf Ebene der Gesamtregion gleich häufig auf von uns definierten Risikoflächen angebaut wie andere Kulturen. Da im Risikoindikator die Wasserhaushaltsklassen berücksichtigt sind, folgt damit, dass die beiden Ackerkulturen nicht weniger auf vernässten Standorten angebaut werden, als es dem Durchschnitt in der Greifenseeregion entspricht.

Es scheint demnach, dass der Wasserhaushalt der Böden nur eine untergeordnete Rolle beim Entscheid der Landnutzung spielt. Bei dieser Diskussion muss aber berücksichtigt werden, dass der verwendete Risikoindikator mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist. Wie viele Flächen aus gewässerschützerischer Sicht tatsächlich Risikoflächen sind, darf mit den vorliegenden Daten quantitativ nicht beurteilt werden.

Der optimalen Landnutzung auf der Spur

Die bisherigen Ergebnisse werfen die Frage auf, weshalb Land-

wirtschaftsbetriebe ihr Land scheinbar nicht standortgerecht nutzen. Neben der grundsätzlichen Frage, inwieweit die heutigen Betriebstypen überhaupt den realen Standortverhältnissen angepasst sind, sind die bestehenden Besitz- und Pachtverhältnisse ein Argument für das Auseinanderklaffen zwischen standortgerechter und realer Nutzung (vgl. Abb. 1 in Zraggen *et al.* 2004). Die heutige Flächennutzung ist ein direktes Abbild der einzelbetrieblichen Entscheidungen, welche neben den ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen stark von den verfügbaren Flächen abhängen. Milchwirtschaftsbetriebe, welche vorwiegend zur Grünlandnutzung geeignete Flächen bewirtschaften, nutzen einen Teil dieser Flächen dennoch für den Anbau von Silomais, um ihre Futterbasis zu verbessern. Damit hängt die Flächennutzung in den verschiedenen Modellregionen nicht nur von den verfügbaren Flächen und deren Nutzungseignung, sondern auch von der Verteilung der Flächen zwischen den Betrieben und der

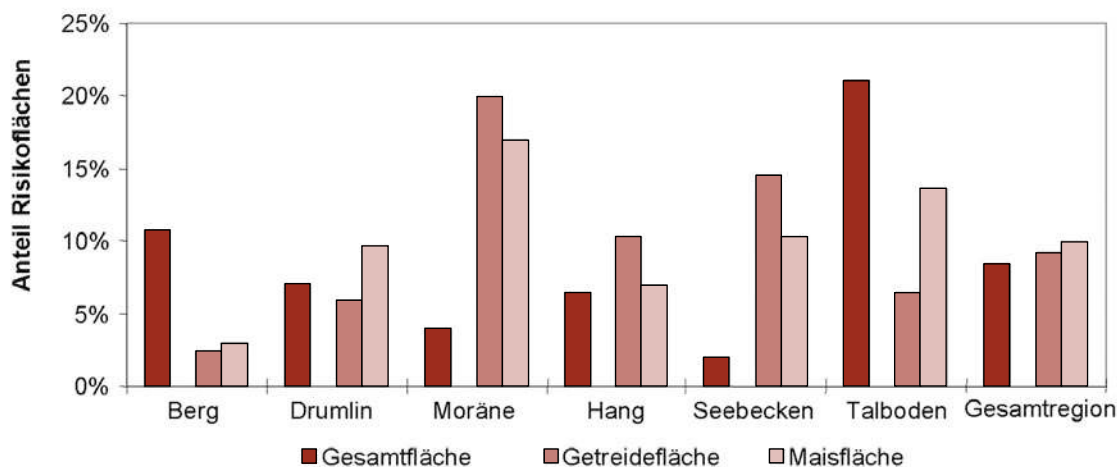


Abb. 3. Anteil Risikoflächen (gemäss Indikator) an der landwirtschaftlichen Nutzfläche und an den Getreide- und Maisanbauflächen für die einzelnen Modellregionen und das gesamte Wassereinzugsgebiet des Greifensees im Jahr 2000.

einzelbetrieblichen Knappheit von Fruchtfolgeflächen, ab.

Um zu testen, ob es mit einer Umverteilung der Flächen möglich wäre, die heutige Landnutzung standortgerechter zu gestalten, werden mit dem ökonomischen Optimierungsmodell des Kernprojekts zwei Modellläufe miteinander verglichen. Der Modelllauf «Kalibrierung» zwingt die Tierhaltung und die Landnutzung auf die realen Werte. Er sieht somit keine Umverteilung der Flächen im Modell vor: Die Flächen mit offenem Ackerbau, Mais, Weizen, Brachen und extensiven Wiesen werden nach Nutzungseignung und Modellregion auf Grund der Luftbildkartierung (Schüpbach *et al.* 2003) vorgegeben. Die Kartoffel-, Zuckerrüben-, Kunstwieseflächen sind auf die Werte der landwirtschaftlichen Betriebsstrukturhebung (BfS 2000) nach Modellregionen gesetzt. Dieser Modelllauf wird mit dem Referenzszenario 2000 verglichen (Zraggen *et al.* 2004). Im Referenzszenario werden keine Vorgaben zur Landnutzung gemacht; die verfügbaren Flächen innerhalb einer Modellregion unterliegen damit keinen eigentumsrechtlichen Einschränkungen. Der Ef-

fekt der Flächenumverteilung ist aus Abb. 4 ersichtlich: Im Referenzszenario, welches im rechten Teil der Abbildung dargestellt ist, wird im Gegensatz zur «Kalibrierung» ausschliesslich auf ackerbaufähigen Standorten Getreide und Mais angebaut, wobei Getreide beziehungsweise Weizen als Kultur mit höheren Standortansprüchen im Vergleich zu Mais auf den besseren Standorten angebaut wird.

Der Modellvergleich zeigt auf, dass in der Greifenseeregion das Potenzial vorhanden ist, um dieselben Kulturen im gleichen Flächenumfang auf geeigneteren Flächen anzubauen. Da die Nutzungseignung und die Risikoklassierung in der Greifenseeregion eine hohe Korrelation aufweisen, ist zu erwarten, dass mit einer höheren Flächenmobilität auch der Anteil der Ackerflächen auf Flächen mit hohem Verlustrisiko zurückgehen würde.

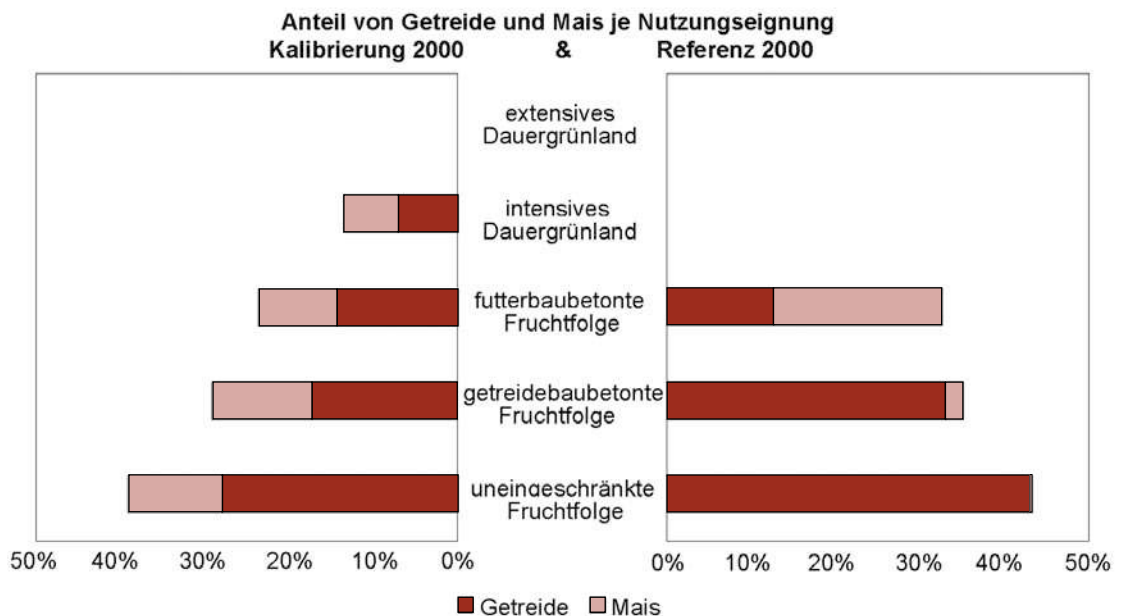
Das ökonomische Modell erlaubt es nicht nur, die heutige Situation abzubilden, sondern auch realistische Szenarien für die künftige Entwicklung zu untersuchen. Solche sind in Zraggen *et al.* (2004) dargestellt. Generell deuten die Szenarien darauf hin, dass der Ackerbau im

Gebiet des Greifensees zukünftig abnehmen wird und damit auch der Einsatz von Herbiziden. Damit wäre eine abnehmende Gewässerbelastung zu erwarten. Allerdings könnten solche Effekte durch vermehrten Maisanbau gemindert werden, der im Gegensatz zu Getreide auch auf schlechter ackerbaulich nutzbaren Standorten angebaut werden kann.

Folgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass die Frage der standortgerechten Landnutzung sowohl unter agrarökonomischer als aus gewässerschutzlicher Sicht von zentraler Bedeutung ist. Der Zusammenhang zwischen den beiden Sichtweisen kann erst durch eine fachübergreifende Betrachtung aufgezeigt werden. Für den Gewässerschutz ergibt dieser Ansatz zwei grosse Vorteile: mögliche Massnahmen zur Verminderung des Herbizideintrags in Oberflächengewässer werden nicht losgelöst von den ökonomischen Rahmenbedingungen diskutiert, die schlussendlich das Handeln der Landwirte zu einem wesentlichen Teil mitbestimmen. Andererseits ermöglicht es die Verknüpfung mit ökonomischen Modellen, die Landnutzungsentscheide vertieft zu analysieren.

Abb. 4. Anteil Getreide- und Maisanbau für das Jahr 2000 beim Modelllauf «Kalibrierung» und Referenz nach Nutzungseignungen im Wassereinzugsgebiet des Greifensees (intensives Dauergrünland beinhaltet auch die futterbaubevorzugten Fruchtfolgeflächen).



Die Betonung der standortgerechten Flächennutzung in diesem Artikel bedeutet nicht, dass Herbizidverluste in Gewässer ausschliesslich davon abhängen, wo was angebaut wird. Andere Massnahmen wie Fruchtfolgeplanung, Schadschwellen-Prinzip, Förderung der Bodenstruktur und sorgfältiger Umgang mit Spritzgeräten sind Massnahmen, die ebenso zu beachten sind.

Die häufig geforderte fachübergreifende Untersuchung von Problemen ist ein zeitintensives Vorhaben. Ein zeitlich begrenztes Projekt wie das Greifensee-Projekt kann deshalb häufig nur dazu dienen, in einem ersten Schritt zu lernen, die richtigen interdisziplinären Fragen zu stellen. Solche Fragen, wie sie auch in diesem Artikel diskutiert sind, können nur beantwortet werden, wenn die fachübergreifende Zusammenarbeit im

Spannungsfeld Landwirtschaft und Umweltschutz fortgesetzt wird.

Literatur

■ BfS Bundesamt für Statistik, 2000. Eidgenössische Betriebszählung Landwirtschaft und Gartenbau, Bern.

■ Chèvre N., Singer H., Müller S. und Müller, E., 2003. Risikobeurteilung von Pestiziden in Schweizer Oberflächengewässern. *gwa* **12/2003**, 906 – 917.

■ Flury C., Gotsch N., Rieder P., Szerencsits E., Schüpbach B. und Gantner U., 2004. Projekt Greifensee – interdisziplinäre Forschung für die Landwirtschaft. *Agrarforschung* **11(10)**, 428-433.

■ Leu C., Singer H., Stamm C., Müller S. und Schwarzenbach R., 2004. Variability of herbicide losses from 13 fields to surface water within a small catchment after a controlled herbicide application. *Environmental Science and Technology* **38** (14), 3835 - 3841.

■ Müller S. R., Berg M., Ulrich M. und Schwarzenbach R. P., 1997. Atrazine and its primary metabolites in Swiss lakes: Input characteristics and long-term behavior in the water column. *Environmental Science and Technology* **31**, 2104 - 3113.

■ Schüpbach, B., Szerencsits, E., Walter, T., 2003. Integration von Infrarot-Ortholuftbilddaten zur Modellierung einer nachhaltigen Landwirtschaft. Strobl J., Blaschke T. & Griesebner G. (Eds.) *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XV*, Salzburg: 481-490.

■ Szerencsits E., Schüpbach B., Buholzer S., Walter T., Zraggen K. und Flury C., 2004. Landschaftstypen und Biotopverbund. *Agrarforschung* **11(10)**, 452-457.

■ Zraggen K., Flury C., Gotsch N. und Rieder P., 2004. Entwicklung der Landwirtschaft in der Region Greifensee. *Agrarforschung* **11(10)**, 434-439.

RÉSUMÉ

Conformité aux conditions locales lors de l'emploi d'herbicides du point de vue de la protection des eaux

Cet article étudie dans quelle mesure, les grandes cultures présentes actuellement dans le bassin versant du Greifensee sont adaptées aux conditions locales, ceci autant du point de vue de la protection des eaux que sur le plan agronomique. Des études menées sur le terrain montrent que les pertes en herbicides dans les cours d'eau varient fortement suivant les surfaces. Des pertes importantes peuvent être attendues dans des terrains peu drainés et directement connectés, hydrologiquement, à un cours d'eau. Pour identifier de telles surfaces « à risque », nous avons développé un indicateur qui permet d'établir le lien avec l'utilisation justifiée économiquement du terrain. Cet indicateur est fortement corrélé avec l'aptitude du sol à être utilisé pour différents types de cultures. Cette aptitude d'utilisation contrôle de manière forte le résultat du modèle de prédiction de l'utilisation économiquement optimale du sol. En réalité cependant, l'utilisation du sol dévie substantiellement de l'utilisation optimale. Par conséquent, des céréales et du maïs sont cultivés sur des zones « à risque » dans la même mesure que d'autres cultures, prairies comprises. Les résultats du modèle montrent que sans les restrictions dues aux droits de propriétés, il serait possible de maintenir la même utilisation actuelle du sol mais de manière plus adaptée aux conditions locales. La conséquence serait une réduction de la proportion de grandes cultures dans les zones « à risque ».

SUMMARY

Site-specific conditions and application of herbicides from the view of water protection

This article investigates from the perspectives of water protection and economy whether arable cropping is adapted to site conditions in the catchment of Lake Greifensee. Field studies demonstrate that herbicide losses to surface waters can vary strongly for different areas. Large losses can be expected from poorly drained fields with a direct hydrological connection to the stream. To identify such risk areas an indicator was developed, which allows for a linkage with the land use expected from economical reasoning. The indicator is strongly correlated with the site specific suitability for different agronomic land use. This suitability largely controls the outcome of the economically predicted optimal land use. In reality, land use deviates substantially from the theoretical optimum. As a consequence, cereals and corn are produced on risk areas to the same extent as other crops including grassland. Model calculations show that the existing land use could be obtained in a more site adapted manner without restrictions due to property rights. As a consequence, less arable crops would cover risk areas.

Key words: herbicides, risk areas, diffuse pollution, land use, agro-economic modeling