



## ZOOLOGISCHES INSTITUT

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

Arbeitsgruppe Limnologie

Fasanenstr. 3, 38092 Braunschweig,

Tel.: 0531/391-3180, Fax.: -8201, Email: m.neumann@tu-bs.de

### Abschätzung der Insektizidbelastung in Agrarfließgewässern

### Aufbau eines regelbasierten Expertensystems

NEUMANN, MICHAEL & LIESS, MATHIAS

#### Zusammenfassung

Es wurde ein regelbasiertes Expertensystem aufgebaut mit dessen Hilfe sich Bäche aufgrund der Wirbellosendynamik im Jahresverlauf in Insektizidbelastungsklassen einteilen lassen. Grundlage waren 64 Abundanzdatensätze aus 30 Bächen und 8 Jahren.

Das Expertensystem kann zur Zeit nicht alle Bäche klassifizieren, macht aber im Gegensatz zur Diskriminanzanalyse keine Fehler bei der Klassifizierung. Dieses erkennt gerade die hoch belasteten Gewässer nicht zufriedenstellend.

Mit einem solchen System ließen sich in Zukunft die notwendigen chemischen Analysen reduzieren oder aber eintragsreduzierende Maßnahmen wie Gewässerrandstreifen bewerten.

Abb.1: Vergleich der Vorhersagequalität zwischen dem Expertensystem und einer Diskriminanzanalyse. Dargestellt ist auch der Anteil der Bäche die nicht zugeordnet werden konnten.

	keine Einteilung möglich	hoch belastet	mittel belastet	gering belastet
<b>Expertensystem:</b>				
hoch belastet	38%	100%		
mittel belastet	48%		100%	
gering belastet	42%			100%
<b>Diskriminanzanalyse:</b>				
hoch belastet	38%	25%	37%	38%
mittel belastet	36%	14%	67%	19%
gering belastet	46%	7%	-	93%

#### Einleitung

Chemische Nachweise von Pestiziden in Bächen sind aufwendig und kostenintensiv. Eine Erfassung der Belastungsspitzen gelingt nur durch ereignisbezogene Probenahme (Liess 1994). Durch routinemäßige Probenahmen wird die Belastung der kleinen Fließgewässer mit landwirtschaftlich genutztem Einzugsgebiet meist unterschätzt. Die Biozönose in solchen Bächen zeigt aber katastrophale Populationsdynamiken. Ziel der vorgestellten Arbeit war deshalb eine Abschätzung der Insektizidbelastung von kleinen und mittleren Fließgewässern im Raum Braunschweig, basierend auf der Makroinvertebratendynamik im Jahresverlauf. Diese Herangehensweise ermöglicht ein Urteil auf der Basis der eingetragenen Stoffmengen sowie deren direkter Wirkung und nicht aufgrund der abgetragenen Mengen, wie es Erosionsmodelle versuchen.

Zu Beginn der Arbeit mußte die Insektizidbelastung der 30 Gewässer aufgrund von Einzugsgebietscharakterisierung, Insektizidaufwandsmengen und Niederschlagsanalysen abgeschätzt werden. Die Populationsdynamiken in den einzelnen Bächen wurden statistisch analysiert und Klassifizierungsregeln abgeleitet.

## Insektizidbelastung der Bäche

Die in dieser Arbeit betrachteten Bäche sind ausschließlich kleine Fließgewässer mit Gewässerbreiten bis 2,3 m und Strömungsgeschwindigkeiten bis 0,7 m s<sup>-1</sup>. Sie dienen in erster Liene der Entwässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen und sind deshalb über weite Strecken begradigt und künstlich vertieft worden. Die dominierende Fruchtfolge in den Einzugsgebieten der meisten ausgewählten Bäche ist Rüben-Weizen-Gerste oder Rüben-Weizen-Weizen. Nur bei einigen findet man ausschließlich Wiesen, Weiden oder Wald im Einzugsgebiet.

Insektizide werden überwiegend durch Oberflächen-Runoff in Gewässer eingetragen. Gründe hierfür liegen in der Affinität gegenüber Sedimenten (Fawcett 1994). Da bei Niederschlägen vor allem die äußeren Schichten der Bodenaggregate abgepelt und abgetragen werden, enthält das Runoff-Sediment deutlich höhere Konzentrationen als das Ursprungssediment (Ghadiri & Rose 1991)

Dem Nachweis von Insektiziden in kleinen Bächen ist eine aufwendige Probenahme vorgeschaltet. Die Belastungspeaks im Gewässer treten im Applikationszeitraum sehr unregelmäßig auf und erstrecken sich nur über 2,5 bis 3,5 Stunden (Kreuger 1995). Im intensiv untersuchten Ohebach südlich von Braunschweig gelangen die Nachweise der Belastungspeaks nur durch ereignisgesteuerte Probenahme.

Als Indikator für Oberflächen-Runoff durch Niederschlagsereignisse kann die relative Leitfähigkeitserniedrigung des Bachwassers benutzt werden (Liess 1993; Spalding & Snow 1989; Walther 1980). Leitfähigkeitsabfälle über 5% in 10 Minuten indizieren dabei signifikant ein Runoff-Ereignis (Liess 1993).

Das Erfassen solch kurzfristiger Änderungen ist nur durch kontinuierliche bzw hochaufgelöster Meßung möglich. Das in Abb.2 dargestellte Beispiel zeigt den kurzfristigen Leitfähigkeitsabfall

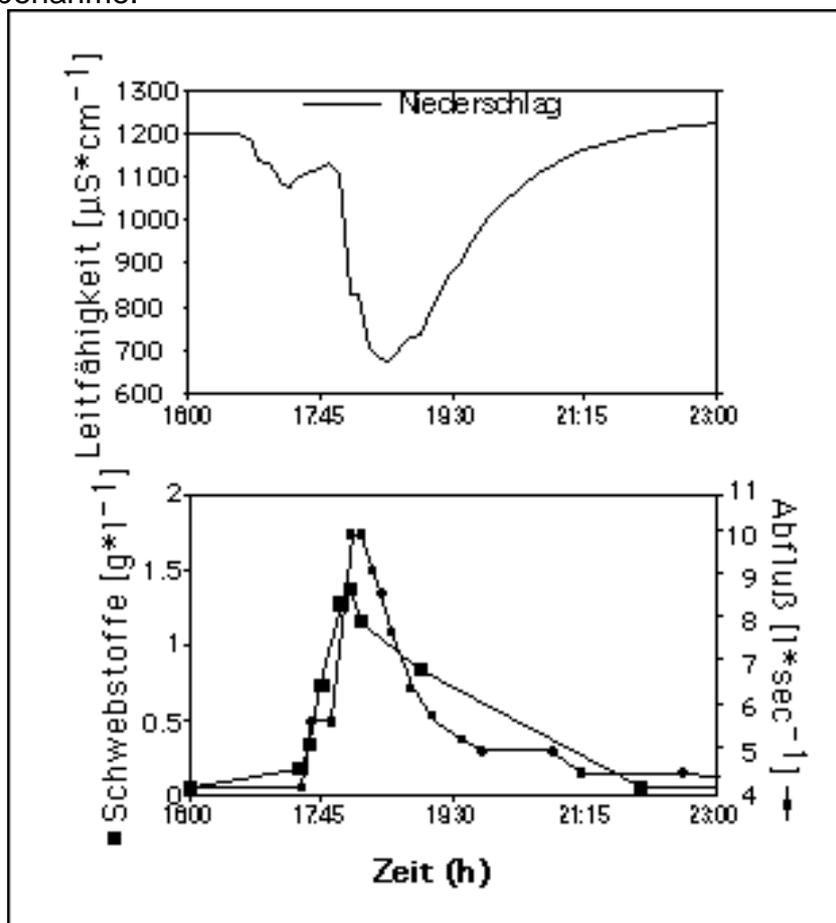


Abb.2: Starke Niederschläge verursachen innerhalb von Minuten einen Leitfähigkeitsabfall im Gewässer. Gleichzeitig erhöht sich der Abfluß und Schwebstoffgehalt im Gewässer.

im Gewässer und den gleichzeitig stark ansteigenden Abfluß und Sedimentfracht als Reaktion auf einen starken Niederschlag. In der Anwendungszeit von Insektiziden (Mai bis August) werden während solcher Ereignisse Insektizide vom Acker ins Gewässer eingetragen. Wir konnten im Ohebach zu jedem Insektizid-

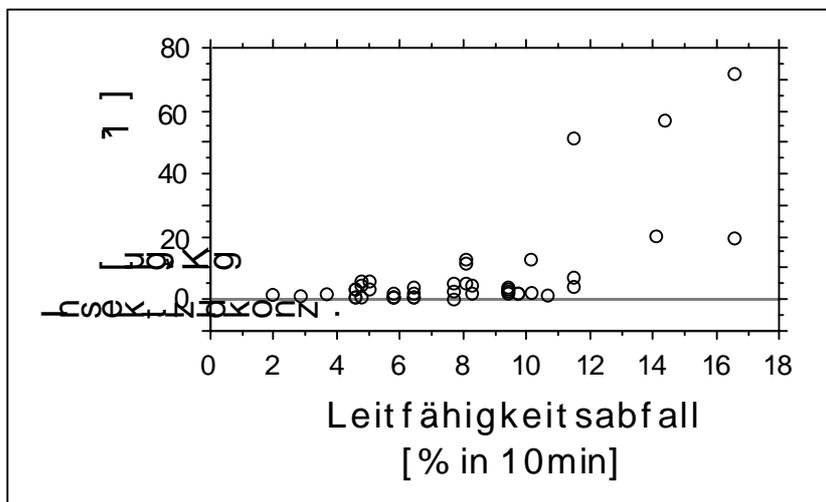


Abb.3: Jeder nachgewiesene Eintrag von Insektiziden korreliert mit einem kurzfristigen Leitfähigkeitsabfall im Gewässer.

nachweis im Gewässer auch einen Leitfähigkeitsabfall nachweisen (s. Abb.3).

Da ein direkter Nachweis von Insektiziden in allen untersuchten Bächen nicht möglich war, wurden die Einzugsgebiete durch kontinuierliche Leitfähigkeitsmessung im Hinblick auf ihre Runoff-Wahrscheinlichkeit charakterisiert. Zusätzlich wurden die Applikationsmengen auf den angrenzenden Äckern erfaßt und die jährliche Niederschlagsituation analysiert.

Die täglichen Niederschlagsdaten der letzten zehn Jahre wurden für diese Untersuchung vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt. Der für jeden Monat maximale Tageswert wurde über zehn Jahre gemittelt. Eine Abschätzung der Niederschlagsspitzen in einem Monat ergibt ein Vergleich des täglichen Monatsmaximums mit dem langjährigen Mittelwert.

Insektizide werden fast ausschließlich in den Monaten Mai bis August auf die Äcker aufgebracht. Die Landwirte spritzen nur im Bedarfsfall, wenn die Schadensschwelle eines Schädling überschritten ist. Dies führt dazu, das in verschiedenen Jahren verschieden häufig gespritzt wird. Eine Auswertung der Spritzempfehlung für Pflanzenschutzmittel der Landwirtschaftskammer für die Jahre 1987 bis 1995 ergab deutliche Unterschiede in den Aufwandsmengen.

Aus diesen Daten läßt sich eine Aussage über die Belastung eines Baches in verschiedenen Jahren machen und sie in drei Belastungsklassen einteilen.

## Analyse der Makroinvertebratendynamik

Die Abundanz der Makroinvertebraten im Gewässer wurde Untersuchungen ab 1987 entnommen. Insgesamt lagen Daten aus 64 Bachjahren vor, da einige Bäche über mehrere Jahre untersucht wurden. Um eine Vergleichbarkeit zu erreichen wurden vier Abundanztermine definiert. Jewils einer vor (Feb.-Apr.) und nach (Sep.-Nov.) der Anwendungszeit und zwei während (Mai/Jun. und Jul./Aug.) der Applikationszeit von Insektiziden. Es konnte aber nicht für alle Bachjahre jeder Termin erfüllt werden.

Zuerst wurde versucht mit herkömmlicher Statistik die Bäche zu klassifizieren. Es zeigte sich aber, daß die vielen Einflußfaktoren, wie das Austrocknen, die organische Belastung oder die vorhandenen Pflanzenstrukturen eine Analyse erschwerten. Wir entschlossen uns deshalb ein regelbasiertes Expertensystem aufzubauen, da hiermit sehr leicht verschiedenen Randbedingungen Rechnung getragen werden kann. Als Shell wurde D3 für Macintosh (Puppe *et al.* 1996) verwendet. Die Regeln wurden durch Signifikantstests (Fischer's PLSD) oder durch Expertenwissen aufgestellt.

Das Modell befindet sich noch im Aufbau. Hier können aber schon erste Erfolge vorgestellt werden. Die Herangehensweise und die Vorteile sollen im folgenden an zwei Beispielen vorgestellt werden.

Die Köcherfliegenart *Limnephilus lunatus* konnte bereits als empfindliche Art in Bezug auf Insektizidstress erkannt werden (Liess & Schulz 1996; Schulz & Liess 1995). Man erkennt in Abb. 4 eine höchst signifikante Zunahme der Abundanz in den gering belasteten Bächen, während in den belasteten Bächen die Abundanz abnimmt. Zum zweiten Probenahmetermin lassen sich signifikante Unterschiede zwischen geringbelastet und höher belasteten Bächen erkennen.

Als Regeln läßt sich also ablesen, daß eine Zunahme der Abundanz für einen unbelasteten Bach, eine Abnahme zu einem so frühen Zeitpunkt für einen belasteten Bach spricht. Ein Nichtvorkommen von *L. lunatus* zum zweiten Probenahmetermin spricht allerdings nur unter der Bedingung, daß vorher diese Art nachgewiesen konnte, für eine Belastung des Bachs. Es gibt unzählige andere Gründe, warum eine Art nicht in einem Gewässer vorkommt. Es kommt also mehr auf die Populationdynamik an. Ein starkes Vorkommen hingegen ist immer ein Zeichen für einen unbelasteten Bach.

Der Bachflohkrebs *Gammarus pulex* zeigt bei Belastungen des Gewässers eine massive Steigerung der Driftrate. Hierdurch bricht die Population kurzfristig zusammen, wird aber innerhalb der nächsten Wochen wieder aufgebaut. Dies macht diese Art sehr anpassungsfähig an kurzzeitige Belastungen. Bei der Analyse der Abundanzdaten (Abb.5) erkennt man, daß *G. pulex* im Sommer

starke Vorkommen in den hoch belasteten Bächen aufweist. Diese hohen Abundanzen werden in unbelasteten Gewässern nicht gefunden. Auch an diesem Beispiel lassen sich die Vorteile der regelbasierten Modellierung zeigen. Während ein Massenvorkommen von *Gammarus pulex* für eine Belastung des Gewässers spricht, muß eine geringe Abundanz nicht zwingend auf ein unbelastetes Gewässer hindeuten.

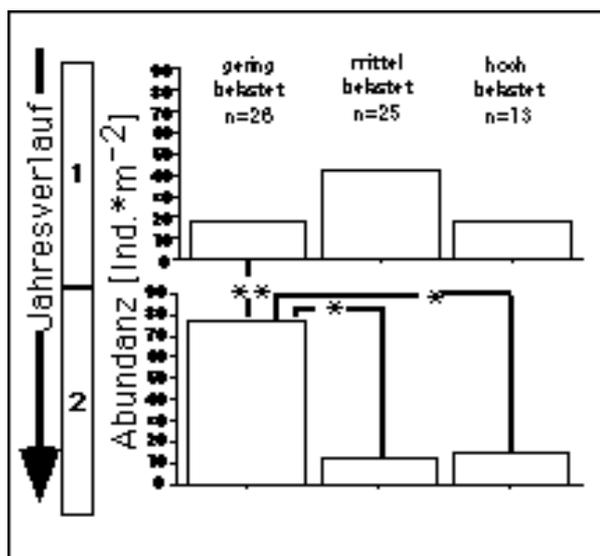


Abb.4: Abundanzverlauf von *Limnephilus lunatus* im Jahresverlauf. Dargestellt sind die ersten beiden Probenahmezeitpunkte (Feb.-Apr. und Mai/Jun.) und die drei Belastungsklassen

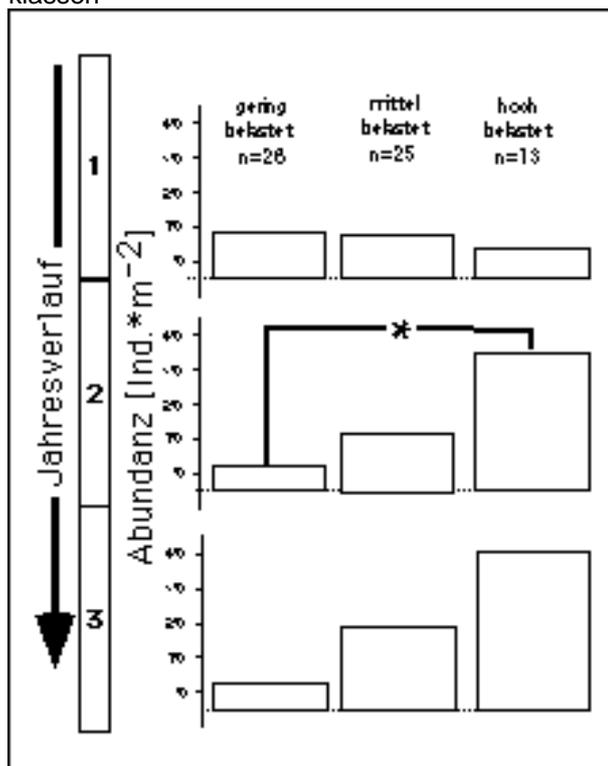


Abb.5: Abundanzverlauf von *Gammarus pulex* im Jahresverlauf. Dargestellt sind die drei Probenahmezeitpunkte (Feb.-Apr., Mai/Jun. und Jul./Aug.) und die drei Belastungsklassen

## Aufbau und Einsatz des Expertensystems

Die erstellten Regeln lassen sich sehr einfach in die Expertensystemshell D3 eingeben und in verschiedene Gruppen einteilen. Die Benutzerführung ist bereits vorgegeben. Es wird nach jeder beantworteten Frage geprüft, welche Frage als nächstes gestellt werden soll.

Als Einsatzgebiete dieses Systems ist ein Agrarökosystem Management denkbar. Es ist möglich den Ist-Zustand zu Erfassen. Man könnte Hot-Spots und stark belastete Gewässer und damit Handlungsbedarf aufzeigen und eine Erfolgskontrolle von z.B. Randstreifenprogrammen vornehmen. Bei der chemischen Analyse ließen sich unnötige Nullprobenanalysen vermeiden.

## Literatur

Fawcett, R.S. (1994): The impact of conservation tillage on pesticide runoff into surface water. *J. Soil Wat. Conserv.* 49: 126-135.

Ghadiri, H. & Rose, C.W. (1991): Sorbed chemical transport in overland flow: 1. A nutrient and pesticide enrichment mechanism. *J. envir. Qual.* 20: 628-634.

Kreuger, J. (1995): Monitoring of pesticides in subsurface and surface water within an agricultural catchment in southern Sweden. *British Crop Protection Council Monograph No. 62: Pesticide Movement to Water* 81-86.

Liess, M. (1993): Zur Ökotoxikologie der Einträge von Landwirtschaftlich genutzten Flächen in Fließgewässer. Cuvillier, Göttingen, 133 S pp.

Liess, M. (1994): Bedeutung des Oberflächenabflusses von landwirtschaftlich genutzten Flächen für das Vorkommen von *Limnephilus lunatus* (Trichoptera) und *Gammarus pulex* (Amphipoda). Vortrag auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie (DGL) 26.-30.09.1994 in Hamburg

Liess, M. & Schulz, R. (1996): Chronic effects of brief contamination with the pyrethroid insecticide fenvalerate on the caddisfly *Limnephilus lunatus*. *Hydrobiologia* 324: 99-106.

Puppe, F., Gappa, U., Poeck, K. & Bamberger, S. (1996): Wissensbasierte Diagnose- und Informationssysteme: Mit Anwendungen des Expertensystem-Shell-Baukastens D3. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

Schulz, R. & Liess, M. (1995): Chronic effects of low insecticide concentrations on freshwater caddisfly larvae. *Hydrobiologia* 299: 103-113.

Spalding, R.F. & Snow, D.D. (1989): Stream levels of agrochemicals during a spring discharge event. *Chemosphere* 19: 1129-1140.

Walther, W. (1980): Prozess des Stoffabtrages und der Stoffauswaschung während und nach Starkregen in ackerbaulich genutzten Gebieten - 1. Bericht: Stoffabtrag. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung* 21: 65-74.