

Texte 24/02

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 201 63 410
UBA-FB 000302

Entwicklung und Testung eines GIS-gestützten Verfahrens zur Erstellung thematischer Risikokarten als Grundlage für eine Differenzierung von Anwendungsbestimmungen zum Schutz des Naturhaushaltes beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln

von

**Burkhard Golla, Dr. Siegfried Enzian, Dr. Barbara Jüttersonke
Dr. Volkmar Gutsche**

Institut für Folgeabschätzung im Pflanzenschutz

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Institutsleiter

Dir. u. Prof. Dr. Volkmar Gutsche

Kurzfassung

1. In der vorliegenden Forschungsarbeit wird ein praxisorientierter, die Vorort-Bedingungen berücksichtigender Lösungsansatz zur Umsetzung der mit der Zulassung erteilten Auflagen und Anwendungsbestimmungen durch die Anwender aufgezeigt.

Im Mittelpunkt steht die Erstellung thematischer Potential- und Risikokarten unter Berücksichtigung der lokalen und regionalen expositions-mindernden Anwendungsbedingungen. Die Kartenthemen beschränken sich zunächst auf den Eintragspfad Abtrift. Es wird ein Geodaten-orientierter Ansatz zur Risikominimierung durch Anwendungsaufgaben entwickelt, der eine Klassifizierung geostatischer Anwendungsbedingungen ermöglicht und eine subjektive Einschätzung der risikomindernden Bedingungen durch den Anwender selbst nicht erforderlich macht.

Im einzelnen werden

- GIS-gestützte Verfahren zur Erstellung von Potential- und Risikokarten einschließlich unterstützender GIS – Spezialsoftware entwickelt,

- Prototypen von Potential- und Risikokarten für Pilotgebiete erzeugt,
 - spezifische Themen (Saumbreiten) durch Freilandhebungen und Luftbildinterpretation in Pilotgebieten teilvalidiert,
 - der Arbeitsaufwand für das Verfahren bestimmt.
2. Die Geo-Daten des Digitalen Landschaftsmodells 25 (DLM25) aus dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) der Bundesländer, Daten der Biotopkartierungen und der Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierungen sowie der Gewässerstrukturgütekartierungen der Bundesländer werden hinsichtlich deren Eignung für die Methodenentwicklung eines bundeseinheitlichen Verfahrens geprüft. Digitale Ortho-Luftbilder werden hinsichtlich deren Eignung für die Erfassung, Fortführung und Ergänzung von Geo-Informationen in die Betrachtungen einbezogen. Als Prüfkriterien werden zugrunde gelegt:
- Forschungsrelevanter Inhalt und Erhebungsmaßstab
 - Bundesweite und digitale Verfügbarkeit
 - Bundesweite Vergleichbarkeit
 - Gesicherte Aktualität und Datenfortschreibung

Das ATKIS-DLM25 ist mit Blick auf die vier Auswahlkriterien der für das Forschungsvorhaben wichtigste Datenbestand. Aus dem ATKIS-DLM25 werden die forschungsrelevanten Daten zur Landnutzung, dem Gewässer- und Straßennetz abgeleitet.

Die Gewässerstrukturgütekartierungen der Länder liefern mit den Parametern Uferstruktur und Gewässerumfeld und der Gewässerbreitenklassen wichtige detaillierte Aussagen zu natürlichen Fließgewässern, die nicht im ATKIS-DLM25 enthalten sind bzw. diese ergänzen. Die Integration dieser Parameter in ATKIS stellt einen wertvollen Informationsgewinn dar.

Die Datenlage der Biotopkartierungen in den einzelnen Bundesländern ist bezüglich der zugrunde gelegten Qualitätskriterien äußerst heterogen. Problematisch für ein bundeseinheitliches Methodenverfahren sind die länderspezifischen Erhebungsmethoden, die Auswahl und Beschränkungen des Erhebungsumfangs sowie die qualitativen und quantitativen Erfassungsuntergrenzen, die auch forschungsrelevante Inhalte, wie Kleinstrukturen betreffen. Vor dem derzeitige Hintergrund der Datenlage wird die Verwendung innerhalb eines bundeseinheitlichen Methodenverfahrens als kritisch beurteilt.

Auf Grund der hohen Aktualität eignet sich das Orthophoto sehr gut als Arbeitsgrundlage zur Erfassung, Fortführung und Ergänzung von Geo-Informationssystemen. Durch Interpretation können Saum- und Krautstreifen, Hecken, Feld- und Einzelgehölze in Lage und Ausdehnung erfasst werden. Die Verfügbarkeit der Luftbilder in den einzelnen Bundesländern variiert noch zwischen 16% und 100%. Mit Abschluss der zweiten Ausbaustufe des ATKIS-DLM 25 kann ein bundesweiter Erfassungsstand von 100% erwartet werden.

3. Im Rahmen des Projektes wird geprüft, ob der verfügbare flächendeckende Datenbestand von ATKIS mit weiteren zusätzlichen räumlichen Informationen insbesondere über die Beschaffenheit von linienförmigen Kleinstrukturen oder anderen Merkmalen aus Luftbildern und mit Informationen aus der

Gewässerstrukturgütekartierung ergänzt werden kann. Dabei wird der ATKIS-Datenbestand sowohl in seinem Lagebezug, als auch in seiner Grundstruktur nicht verändert. Für die Gewinnung von Informationen aus diesen Daten musste aufgrund des beträchtlichen Datenumfanges ein hoher Automatisierungsgrad durch die Erarbeitung entsprechender Softwaretools erreicht werden.

Die Nutzung von Ortho-Luftbildern für die Erhebung von zusätzlichen Informationen über linienförmige Kleinstrukturen als auch von Informationen über die Vegetation an Gewässern, macht es erforderlich, Softwarelösungen für eine interaktive Erhebung von räumlichen Informationen aus Luftbildern zu erarbeiten. Die Softwarelösung besteht in einer automatisierten Bereitstellung von Luftbild- und ATKIS-Daten, die gemeinsam und überlagernd am Bildschirm im Erfassungsmodul dargestellt werden, um eine halbautomatische Erfassung zu ermöglichen. Mit dieser Softwareunterstützung sind Erhebungen unterschiedlicher Merkmale aus Luftbildern möglich. Die Schwerpunkte der Auswertungen bestanden in der Erhebung und Messung von Breiten linienförmiger Kleinstrukturen. Die Erfassung weiterer Merkmale aus Luftbildern ist mit dieser Software möglich.

Für die Nutzung von Attributen aus der Gewässerstrukturgütekartierung wird eine Methode in Form eines ArcInfo-Moduls für die Integration dieser Daten in ATKIS erarbeitet. Bei der Verfügbarkeit der Gewässerstrukturgütekartierung ist eine Integration von Sachdaten der Gewässerstrukturgütekartierung in den Datenbestand von ATKIS möglich.

4. Die Erhebung von Saumstrukturen zur Validierung mittlerer Saumstrukturbreiten in Nachbarschaften landwirtschaftlich genutzter Flächen erfolgt auf Basis von Color-Ortho-Luftbild-Interpretation am Bildschirm und durch Vorort-Kartierungen in den Pilotgebieten. Für beide Verfahren wird zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse eine Interpretations- und Erhebungsanleitungen entwickelt. Für die Luftbildinterpretation wird zur Unterstützung und Standardisierung der Eingabe von Interpretations- und Messergebnissen eine GIS-Applikation bereitgestellt.

Das Ziel dieser Untersuchungen ist, sowohl Methoden für die Erhebung von linienförmigen Kleinstrukturen aus Luftbildern und Freilandmessungen zu testen, als auch Informationen über die Ausstattung solcher Strukturen in einer Landschaft hinsichtlich ihrer Variation bzw. Schwankungsbreiten zu erhalten. Hauptziel ist dabei, die Überprüfung der in KÜHNE et al. (1999) dargestellten mittleren Breiten von Saumstrukturen. Die Luftbildauswertungen beschränken sich auf das Vorderpfälzer Tiefland, um für einen Naturraum eine große Stichprobenanzahl zu erhalten. Die Auswertung von 40 Ortho-Luftbildern liefert ca. 20 000 Messergebnisse, auf deren Basis die Validierung mittlerer Saumstrukturbreiten und Ermittlung der Arbeitskosten vorgenommen werden kann.

Parallel zur Luftbildinterpretation werden in den vier Pilotgebieten Kernmünsterland, Uckermärkisches Hügelland, Oderbruch und Vorderpfälzer Tiefland mit gleicher Zielsetzung detaillierte Geländeaufnahmen mit Vegetationserhebungen durchgeführt. An 267 Geländepunkten werden Strukturaufnahmen und Breitenmessungen sowie auf Basis der Ergebnisse der Vegetationserhebungen eine grobe Einschätzung zur floristischen Beschaffenheit der verschiedenen Saumbiotoptypen vorgenommen. Die Einschätzung erfolgt anhand der Artenzusammensetzung, Stickstoffzahl der Pflanzenarten, Deckungsgrade der Pflanzenarten sowie nur bedingt nach der Artenzahl. Es

werden für jeden Saumbiotyp, getrennt nach Naturräumen, Bewertungspunkte vergeben.

Ergebnisse aus den Luftbildauswertungen: Auf Grund der großen Stichprobenzahl können Straßen nach ihrer Widmung getrennt untersucht werden, sodass in einem ersten Block die Auswertungen nach Bahnlinien, Autobahnen, Bundesstraßen, Landesstraßen, Kreisstraßen und Gemeindestraßen vorgenommen werden. Das Ergebnis zeigt erhebliche und auch statistisch gesicherte Unterschiede der Saumbreiten an den einzelnen Verkehrswegen. Bis auf Gemeindestraßen liegen die gemessenen Breiten über der pauschal festgesetzten Saumbreite von 4 m.

Im zweiten Auswertungsblock werden die Säume an Feld- und Wirtschaftswegen ausgewertet, die sich in einer ersten Übersicht der Datenbestände als befestigte- und unbefestigte Feldwege darstellen und auch gut im Luftbild zu erkennen sind. Aus diesem Grund wird geprüft, ob sich die Saumbreiten nach diesen Kriterien in den Breiten unterscheiden. Die Messungen der Säume an den befestigten Wegen erfolgt an beiden Wegrändern, während bei den unbefestigten Wegen die gesamte Breite einschließlich des Weges gemessen wird. Für Säume an Feldwegen werden in Abhängigkeit der Landnutzung auf der gegenüberliegenden Wegseite von landwirtschaftlichen Flächen unterschiedliche Saumtypen festgelegt.

Die größten Differenzen zwischen der festgelegten Breite und der im Luftbild gemessenen Breiten können bei den Nachbarschaften zu Wald und Gehölzen festgestellt werden. Ursache hierfür ist eine Unterschätzung der im Luftbild gemessenen Saumbreiten aufgrund des Schattenwurfs der Bäume. Saumbreiten dieser Nachbarschaften können in der Regel nicht aus dem Luftbild ermittelt werden.

Übereinstimmungen zwischen der festgelegten Breite und den gemessenen Breiten gibt es bei Säumen entlang von Feldwegen, wobei die etwas größeren Breiten bei den unbefestigten Feldwegen auftreten. Bedeutend geringere Breiten im Vergleich zu den festgelegten Breiten treten bei Säumen zu Siedlungen auf.

Ergebnisse aus den Freilandmessungen: Der Vergleich der Einzelergebnisse der Freilandhebungen in den vier Pilotgebieten zeigt folgendes Ergebnis:

- In den Naturraumeinheiten Oderbruch und Uckermärkisches Hügelland gibt es große Unterschiede in den Saumbreiten zwischen befestigten und unbefestigten Feldwegen.
- Die festgelegte Saumbreite des Saumtyps Acker-Weg-Wald von 18m kann bei den Freilandmessungen nicht bestätigt werden.
- Die Breiten der Säume zu Liniengewässern (Acker-Weg-Liniengewässer als auch Acker-Liniengewässer) sind wesentlich breiter als die festgelegten Breiten. Das Gleiche trifft für den Saumtyp Acker-Bahndamm zu.
- Geringere Saumbreiten als die festgelegten Breiten gibt es bei den Freilandmessungen an den Saumtypen Acker-Siedlung und Acker-Weg-Siedlung, was auch schon bei der Luftbildmessung deutlich wurde.

Betrachtet man die prozentualen Anteile der einzelnen Saumtypen so haben die Ackerrandsäume einen erheblichen Anteil (Vorderpfälzer Tiefland 68%, Uckermark 22%, Münsterland 25 % und Oderbruch 15%) an der Ausstattung mit Kleinstrukturen. In Anbetracht der erheblichen Unterschiede bei den Säumen an

befestigten- und unbefestigten Wegen im Oderbruch und in der Uckermark erscheinen zusätzliche, gezielte Luftbilddauswertungen zweckmäßig. Ebenfalls sinnvoll sind gezielte Luftbilddauswertungen für Gebiete, in welchen durch Flurbereinigungsmaßnahmen großzügige Gehölzpflanzungen vorgenommen wurden. Durch die Beschränkung auf solche Auswertungsziele bei Luftbilddauswertungen lassen sich die Erhebungszeiten drastisch reduzieren.

5. Die Entwicklung eines Geodaten-orientierten Ansatzes zur kartenmäßigen Darstellung des Risikos, dass durch die chemischen Pflanzenschutzmaßnahmen auch Nichtzielorganismen in benachbarten Biotopen exponiert werden, berücksichtigt zwei Betrachtungswinkel:

- Aus der Sicht der Verursachung werden die landwirtschaftlichen Flächen nach ihrem Potential, benachbarte Biotope mit PSM zu befrachten, klassifiziert (Potentialkarten).
- Aus der Sicht der Verwundbarkeit (Betroffenheit) werden die Nichtzielbiotope nach ihrem Risiko, durch benachbarte landwirtschaftliche Flächen mit chemischen PSM befrachtet zu werden, klassifiziert (Risikokarten).

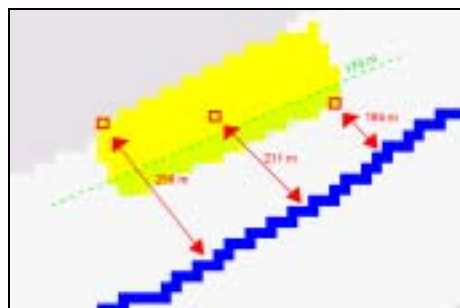
Für die kleinste in ATKIS identifizierbare landwirtschaftliche Flächeneinheit, das landwirtschaftliche Flächenstück (LFS), werden hinsichtlich des Schutzes aquatischer und terrestrischer Nichtzielorganismen Potentialkarten entwickelt. In Agrarlandschaften mit großer Schlagstruktur, wie z. B. in den neuen Bundesländern, entspricht dieses landwirtschaftliche Flächenstück in der Regel einem Schlag. In kleiner strukturierten Agrarräumen kann das Flächenstück mehrere Schläge umfassen.

Zum Schutz von aquatischen Nichtzielorganismen werden 4 Grundtypen von Potentialkarten unterschieden:



Minimale Distanz einer landwirtschaftlichen Fläche zum Gewässer

Das Kriterium „Minimale Distanz einer landwirtschaftlichen Fläche zum Gewässer“ beschreibt den geringsten Abstand eines zusammenhängenden landwirtschaftlichen Flächenstücks zu dem Gewässerabschnitt in nächster Nähe.



Potential der PSM-Fracht aus landwirtschaftlichen Flächen zu Gewässern

Das Grundthema „Potential der PSM-Fracht aus landwirtschaftlichen Flächen zu Gewässern“ beschreibt das Potential der absoluten PSM-Fracht pro Applikation in Gramm, die von einem landwirtschaftlichen Flächenstück in das nächste umgebene Gewässer trifft. Die angenommene Aufwandmenge beträgt ein Kilogramm je Hektar. Kern der Berechnungsmethode ist die Berechnung des Potentials der PSM-Fracht für jede 5 m x 5 m Plots eines landwirtschaftlichen Flächenstückes auf der Grundlage einer Abtrifffunktion, die das jeweils nächstgelegene Gewässer berücksichtigt.



Potentiell durch PSM-Drift beeinflusste Gewässerlänge

Die „Potentiell durch PSM-Drift beeinflusste Gewässerlänge“ gibt Auskunft über die maximale Gewässerlänge, die sich im Einflussbereich eines landwirtschaftlichen Flächenstückes befindet.



Schutzwirkung des Gewässerumfelds

Die „Schutzwirkung des Gewässerumfelds“ basiert auf integrierten Sachdaten der Gewässerstrukturgütekartierung (GSG), die u.a. Angaben zu Uferbewuchs und Gewässerumfeld natürlicher Fließgewässer liefert. Auf Grundlage der GSG-Parameter wird ein zusammenfassender Wert „Schutzwirkung des Gewässerumfelds“ abgeleitet. Im Einflussbereich eines landwirtschaftlichen Flächenstückes bestimmt der Gewässerabschnitt mit dem geringsten Schutzwert dessen Potentialeinschätzung.

Die Einschätzung des Risikos für terrestrische Nichtzielorganismen durch PSM-Befrachtung wird sowohl durch eine Potentialkarte des Kriteriums „Qualität der Saumstrukturen“ auf lokaler Ebene als auch durch eine Risikokarte des Themas „Biotopindex einer Landschaft“ auf regionaler Ebene vorgenommen:

Biotopindex einer Landschaft - Der Biotopindex einer Landschaft klassifiziert eine Landschaft nach dem Ausstattungsgrad mit naturnahen Biotopen vor dem Hintergrund der Möglichkeit der Wiedererholung von Nichtzielpopulationen nach einer eventuellen Exposition durch chemische PSM. Je geringer der Agrarraum einer Landschaft ausgestattet ist, umso größer ist das Risiko, das solche Wiedererholungsprozesse nicht stattfinden können, also nachhaltige Schädigungen auftreten können. Auf der Basis der digitalen ATKIS-Daten wurde der Ausstattungsgrad von 475 relevanten Naturräumen mit naturbetonten Biotopen GIS-gestützt errechnet. Danach gibt es insgesamt 2 585 170 ha naturbetonter Biotope in diesen Agrarräumen, was einem mittleren Anteil von

7,12 % an der Agrarraumfläche entspricht. Die Säume der landwirtschaftlichen Flächen (Feldwegrand, Straßenrand, Gewässerrand usw.) tragen dabei mit 66 % am meisten zur Gesamtfläche naturbetonter Biotope bei, gefolgt von Feldgehölzen und kleinen Wäldern unter 1 ha Größe, deren Anteil zusammen 13 % ausmacht.

Dieses Risikokartenthema wurde ausschließlich mit den institutseigenen Kapazitäten erarbeitet und ist bereits in die praktische Anwendung durch die Veröffentlichung des sogenannten „Verzeichnis der regionalisierten Kleinstrukturen“ im Bundesanzeiger und auf der Internet-Seite der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (www.bba.de) überführt.

Qualität der Saumstrukturen - Das Thema zeigt einen ersten Ansatz, zusammenhängende landwirtschaftliche Flächenstücke nach ihrem Potential, als wertvoll erachtete Saumstrukturen über Abtrift zu befrachten, einzuschätzen. Auf Basis der aus dem ATKIS-DLM/25 ermittelten Nachbarschaften und den Ergebnissen der Vegetationsaufnahmen der Nachbarschaftssäume wird eine Qualitätsbewertung der Saumstrukturen vorgenommen. Ein solcher lokaler Ansatz setzt jedoch umfangreiche Vegetationsaufnahmen für den Betrachtungsraum voraus.

6. Aus den Ergebnissen des Forschungsprojektes lassen sich folgende wesentliche Schlussfolgerungen ziehen:

6.1 Die vorgeschlagenen Risiko-Potential Karten zu den aquatischen Themen:

- „Minimale Distanz einer landwirtschaftlichen Fläche zum Gewässer“
- „Potentiell durch PSM-Trift beeinflusste Gewässerlänge“
- „Potential der PSM-Fracht aus landwirtschaftlichen Flächen zu Gewässern“

können zeitnah hergestellt werden, da sie nur auf Informationen des ATKIS basieren. Bis zur bundesweit vollständigen Fertigstellung des DLM25/2. Ausbaustufe (geplant für 2005) werden jedoch nicht alle Gewässer nach bundesdeutschen Wasserhaushaltsgesetz erfasst. Es gibt aber bereits Bundesländer, für welche die 2. Ausbaustufe vorliegt, sodass auch eine schrittweise Bereitstellung dieser Karten denkbar ist.

Potential-Karten des Themas „Schutzwirkung Gewässerumfeld“ basieren zusätzlich auf Informationen der Gewässerstrukturgütekartierungen. Für Bundesländer, die eine Gewässerstrukturgütekartierung vorhalten, können diese Risikokarten zeitnah hergestellt werden, jedoch ohne Aussage zu Gräben und Seen. Die Informationslücken zu diesem Risiko-Potential-Thema können über flächendeckende Luftbildinterpretation erhoben werden. Es ist hierbei jedoch der Aufwand von ca. 3,2 Manntagen pro Luftbild (Blattschnitt Deutsche Grundkarte 1 : 5000) zu beachten.

6.2 Das Risiko-Potential-Thema „ Minimale Distanz einer landwirtschaftlichen Fläche zum Gewässer“ kann als ergänzendes Instrument beim Risikomanagement über Abstandsaufgaben benutzt werden. Damit wäre ein modifizierter Einsatz von Pflanzenschutzmittel möglich, deren Anwendung derzeit durch die Zulassung auf die Verwendung verlustmindernder Technik oder nur unter Glas beschränkt ist, da Abstandsaufgaben über 20 Meter einzuhalten sind.

Das Problem der räumlichen Zuordnung des in Frage stehenden Schlages zu dem entsprechenden landwirtschaftlichen Flächenstück als kleinste Einheit der

Risiko-Potential-Karte ist über gedruckte Karten oder eine entsprechende Software unter Nutzung von GPS-gestützter Ermittlung der Schlagkoordinaten prinzipiell lösbar. Die Forschungsförderung eines entsprechenden Pilotprojektes wäre hier sehr wünschenswert. Im Zusammenhang mit der Erarbeitung einer Prinziplösung für die praktische Umsetzung der Risikokarten sind auch Verbindungen zu parallelen Geodatenystem der entsprechenden landwirtschaftlichen Behörden (wie dem GIS-gestützten integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem InVeKoS (KOM 2001)) herzustellen.

6.3 Das Thema „PSM-Fracht Potential“ besitzt große Möglichkeiten eines weiteren Ausbaus und sollte vertieft diskutiert und untersucht werden. So ist es vom Prinzip her möglich, über eine Verknüpfung mit dem Thema „Potentiell beeinflusste Gewässerlänge“ Aussagen zu potentiell möglichen Konzentrationen der auf dem landwirtschaftlichen Flächenstück eingesetzten PSM in den nächsten Oberflächengewässern zu machen. Dazu können zunächst konstante worst-case-Annahmen, was Breite, Tiefe und Fließgeschwindigkeit angeht, benutzt werden, die man bei Verfügbarkeit entsprechender ergänzender Information ersetzen kann. Diese höher aggregierten Risiko-Potential- Themen sind wie ihre Grundthemen auf jedes landwirtschaftliche Flächenstück Deutschlands anwendbar. Daraus können sich in der Zukunft vereinfachende Auflagen zum Risikomanagement ergeben. Dafür sind jedoch weitergehende Untersuchungen in einem Pilotprojekt dringend notwendig.

6.4 Für die Validierung der festgelegten Saumbreiten (Kartenthema „Biotopindex für Naturräume“) wurden sowohl Luftbilder als auch terrestrische Messungen benutzt. Aus den Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass außer bei Säumen zu Wäldern oder dichten Feldgehölzen die Luftbildinterpretation ausreichend genaue Breitenmessungen ergibt. Säume zu Wäldern oder dichten Feldgehölzen sind nur über Freilandmessungen hinreichend genau zu bestimmen.

6.5 Es existieren statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den Saumbreiten an Verkehrswegen unterschiedlicher Widmung. Unter der Annahme, dass die Verkehrswege im Vorderpfälzer Tiefland als repräsentativ für Deutschland gelten, werden folgende Vorschläge zur Änderung der festgelegten Saumbreiten gemacht:

Säume an Autobahnen	von 4 m auf 6 m
Säume an Bundesstraßen	von 4 m auf 7 m
Säume an Landstraßen	von 4 m auf 5 m
Säume an Gemeindestraßen	von 4 m auf 3 m

Das heißt, mit Ausnahme der Gemeindestraßen werden die wirklichen Saumbreiten durch die festgelegte Saumbreite bei der Berechnung des Kartenthemas „Biotopindex für Naturräume“ unterschätzt (vgl. auch 6.7).

6.6 Die Breiten der übrigen Saumkategorien weisen eine starke Bindung an den jeweiligen Naturraum auf. So sind z. B. Säume an unbefestigte Feldwege in Vorderpfälzer Tiefland mit 5,9 m (auf Grundlage von 2423 Messungen im Luftbilder) bzw. 4,2 m (3 Freilandmessungen) wesentlich schmäler als in der Uckermark mit durchschnittlich 10 m (15 Freilandmessungen) oder im Oderbruch mit 9,8 m (3 Freilandmessungen). Daraus muss die Schlussfolgerung gezogen werden, dass für die Validierung aller in 6.5 nicht genannten Saumtypen naturraumspezifisch über Stichproben vorgegangen werden muss. Eine

Zusammenfassung der bisher benutzten Naturräume zu größeren Einheiten erscheint dabei möglich. Entsprechend 6.4 reicht dabei die Auswertung einer Stichprobe von Luftbildern aus mit Ausnahme der Säume zu Wäldern, die terrestrisch zu messen sind. Mit Hilfe weiterer statistischer Untersuchungen lassen sich aus den umfangreichen Auswertungen des Vorderpfälzer Tieflandes optimale Stichprobengrößen ableiten.

- 6.7 Mit den in 6.5 korrigierten Saumbreiten und mit aus den Messungen in den Pilotgebieten abgeleiteten Saumbreiten wurde der Biotopindex für diese Pilotgebiete erneut berechnet und mit dem unter Benutzung der ursprünglich festgelegten Breiten erzeugten Index verglichen. Es traten dabei keine bis geringfügige Differenzen auf. Im Vorderpfälzer Tiefland, Kernmünsterland und in der Uckermark kommt es mit der neuen Berechnung zu keiner anderen Entscheidung bezüglich des Über- bzw. Unterschreitens der geforderten Mindestausstattung in dem Naturraum. Der Oderbruch wäre durch die neue Berechnung von einer Nichterfüllung in eine Erfüllung der Mindestausstattung gewechselt. Damit wird die These unterstützt, dass die festgelegten Saumbiotopbreiten die Realität gut abbilden und eher zu einer leichten Unterschätzung der tatsächlichen Ausstattung führen.
- 6.8 Das Thema „Biotopindex für Naturräume“, welches bereits über das „Verzeichnis der regionalisierten Kleinstrukturen“ praxiswirksam ist, bedarf einer regelmäßigen Anpassung an den neusten Erkenntnisstand. Dazu gehört die Berücksichtigung weiterer Saumbreiten Validierungen gemäß Punkt 6.6, aber auch eine Regelung, ob und wie extensiv bewirtschaftetes Grünland in den Ausstattungsgrad eingeht und in welcher Art andere belegbare Kleinstrukturen, die in ATKIS nicht erfasst sind, aufgenommen werden.

Abstract

- 1 The present work shows a practical, site-specific approach for the applicator to fulfil the restrictions and directions imposed on a pesticide's registration for its application. It is based on potential and risk maps each with a primary theme taking account of regional and local application conditions that reduce exposure. For the first, map themes are focused on the spray drift exposure pathway. Using geographically referenced data, we have developed an approach to reduce the risk as a result of certain restrictions for application. It allows the classification of geostatic application conditions and does not force the user to assess whether and to which extent conditions reduce non-target exposure.

In detail we have

- developed GIS-aided procedures to establish potential and risk maps including GIS-supporting software;
 - established prototypes of potential and risk maps for pilot regions;
 - partially validated themes (margin widths) by field surveys and interpretation of aerial photos;
 - determined the expenditure of work necessary for the procedure.
- 2 We have checked geodata of the Digitales Landschaftsmodell 25 (DLM25; Digital Landscape Model) from the Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS; Authoritative Topographic Cartographic Information System) of the federal Länder, data from biotope mapping and biotope type and use type mapping as well as "Gewässerstrukturgütekartierungen" (water body quality mapping) of the federal Länder with respect to whether they serve as a basis for the development of a uniform procedure for the federal Länder. We have checked whether aerial orthophotos can be used for the collection and completion of geodata. They had to be capable of:
 - relevance for the project with respect to content and survey scale;
 - nation-wide and digital availability;
 - nation-wide comparability;
 - accuracy and updating.

Considering these criteria, the most important database for the project was maintained by ATKIS-DLM25. It provides the data on land use, the systems of water bodies and roadways. The parameters bank structure, neighbourhood of water bodies and width classes of water bodies, which are important details on natural water courses, were taken from the water body quality mappings of the federal Länder because ATKIS-DLM25 does not contain them or only part of them. Integration of these parameters into ATKIS is a useful gain of information.

Data quality of biotope mapping strongly varies from federal Land to federal Land. Differences in methods, content and restriction of surveys and lower limits of qualitative and quantitative data collection, which are also of relevance for the project, for instance with respect to small features, are problematic for the development of a uniform nation-wide procedure. The use of the current data sets for this purpose would be questionable.

As orthophotos have a high degree of up-to-dateness, they are quite useful to collect, continue and complete data for geographic information systems. Interpretation makes it possible to determine the location and width of margins, herbaceous strips, hedgerows and small field and single woods. Availability in the individual federal Länder still varies between 16 and 100%. After completion of the second stage of ATKIS-DLM25, national availability is expected to reach 100%.

- 3 Another objective of the project was to check whether it was possible to supplement the german-wide ATKIS database by further spatial information, in particular on the structure and width of small linear features or other features, available from aerial photos and information from water body quality mapping. The information does not change spatial assignment and data structure of ATKIS. The considerable amount of available data made it necessary to develop special software tools to achieve a high degree of automated data collection from the orthophotos.

The use of orthophotos to gain further information on small linear features and the vegetation close to water bodies made it necessary to develop software tools for an interactive collection of spatial data from aerial photos. The result is an automated collection of orthophotos and ATKIS data which are displayed together on data entry screen. They are laid one over the other, and, thus, allow semi-automated collection of data. The software tool makes it possible to survey aerial photos for different features. Analysis focused on the survey for small linear features and measuring their widths. The software allows to identify further features from aerial photos.

Another objective was to elaborate an ArcInfo module that integrates attribute data from the water body quality mappings into ATKIS. Availability of water body quality mappings allows the integration of attribute data into ATKIS.

- 4 On-screen interpretation of colour aerial orthophotos and on-site mapping in the pilot regions were used to survey boundary structures and to validate mean margin widths in the neighbourhood of farmed land. To guarantee comparability of the results of both procedures, we have elaborated interpretation and survey instructions and a GIS application to support and standardize the entry of the data obtained from interpretation and measurements.

The objective was to test methods for the collection of data on small linear features from aerial photos and on-site measurements and to obtain information on the their type and width variations within a landscape. In this connection, it was of special interest to examine the medium boundary widths identified by KÜHNE et al. (1999).

Interpretation of aerial photos was restricted to the Vorderpfälzer Tiefland region to obtain a large number of samples for a landscape. Interpretation of 40 orthophotos gave approximately 20,000 measured values, which made it possible to validate mean widths of boundaries and determine labour costs.

Interpretation of aerial photos was paralleled by detailed recording of landscape features and their vegetations in the four pilot regions Kernmünsterland, Uckermärkisches Hügelland, Oderbruch and Vorderpfälzer Tiefland. 267 sites were selected to record features and widths of margins and using the vegetation surveys to give a rough assessment of the floral composition of the various types of margin biotopes. Assessment was carried out by species composition, nitrogen index of the plant species, degree of coverage of the plant species and only conditionally by

number of species. Separated by landscape, each type of margin biotope was scored.

Results of the interpretation of the aerial photos: The large number of samplings allowed the analysis of roadways according to their inauguration. So, in a first step they were analyzed by railroad ways, motorways and federal, regional, district and local roads. The results showed considerable and statistically safe differences in margin widths according to roadway type. Apart from local roads, margins are wider than the generally assumed 4 m margin width.

The second step concentrated on field and farm roads. First results showed that these were paved or unpaved farm ways and well recognizable on aerial photos. For this reason, we checked whether they differed by margin width. In case of paved ways, margins on both sides were measured. In case of unpaved ways, total width including the way was measured. Field margins along farm roads are assigned to different types according to the land use on the roadside opposite to the farmed land.

Greatest differences between the assumed width and those determined by the aerial photography were found adjacent to woodland and small woods. This is due to the fact that the shadows of the trees reduced margin width. As a rule, it is not possible to determine margin widths in these neighbourhoods on the basis of aerial photos.

There was no difference found between assumed and measured widths of margins along field roads. However, margins along unpaved field ways were somewhat larger. Margins were considerably narrower than assumed when adjacent to settlements.

Results of field measurements: A comparison of the individual results of the field measurements in the four pilot regions revealed the following tendency:

- the Oderbruch region and the Uckermärkisches Hügelland region showed a great difference in margin widths along paved and unpaved farm roads;
- the assumed 18 m width for the margin type field-road-woodland was not confirmed;
- margin width along linear features (field–road-linear water body and field-linear water body) was considerably larger than assumed. The same is true of the field-bank margin type;
- margin width was smaller than assumed in case of margin types field-settlement and field-road-settlement. This had already become apparent on aerial photography.

Looking at the percentage of individual margin types, field margins make up a considerable part (Vorderpfälzer Tiefland 68%, Uckermark 22%, Münsterland 25%, and Oderbruch 15%) of small features. As margins along paved and unpaved roads differ largely between Oderbruch and Uckermark, additional interpretation of aerial photos appears to be useful. Specific interpretation of aerial photos also seems to be useful when small woods were planted on a large scale as a part of land consolidation measures. Restriction of interpretation can drastically reduce survey time.

- 5 The development of a geodata-based approach to map the risk posed by chemical plant protection also on non-target organisms in adjacent biotopes takes account of two views:

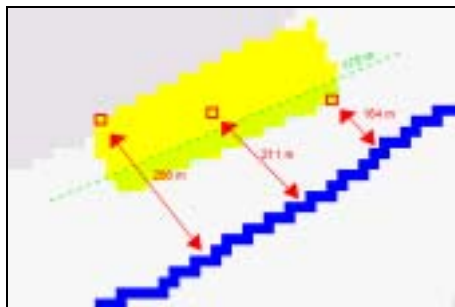
- from the viewpoint of the causal agent, arable land is classified according to the potential to load neighbouring biotopes with pesticides (potential maps);
- from the viewpoint of vulnerability (affected element), non-target biotopes are classified according to the risk to be loaded with pesticides due to neighbouring arable land (risk maps).

For the smallest unit of farmed land identifiable by ATKIS, the agricultural piece of land, we have developed potential maps with respect to the protection of aquatic and terrestrial non-target organisms. In case of agricultural landscape with large plots like for instance in the eastern federal Länder, the agricultural piece of land corresponds as a rule with a plot. In case of agricultural landscapes with smaller elements, the piece of land can comprise several plots.

The protection of aquatic non-target organisms is described by four basic types of potential maps:



Minimum distance of farmed land to a water body – The criterium 'Minimum distance of farmed land to a water body' describes the shortest distance of a continuous agricultural piece of land to the nearest section of a water body.



Potential pesticide load in water bodies associated with farmed land – The basic theme 'Potential pesticide load in water bodies associated with farmed land' describes the potential of absolute pesticide load per application expressed in gram that can come from an agricultural piece of land to the closest water body supposing a dosage rate of one kilogram per hectare.

The calculation method is based on the calculation of the potential pesticide load caused by each of 5x5 m plots of an agricultural piece of land to the closest water body using a drift function.



Potential length of a water body affected by pesticide drift – The 'Potential length of a water body affected by pesticide drift' identifies the maximum length of a water body that can be affected by an agricultural piece of land.



Protective effect of the landscape features adjacent to a water body – The 'Protective effect of the landscape features adjacent to a water body' is based on attribute data from water body quality mapping containing data on bank vegetation and the landscape features adjacent to natural water courses. All the data are used to derive a summary value 'Protective effect of

the landscape feature adjacent to a water body'. Within the sphere of influence of an agricultural piece of land, the section of a water body related to the lowest protective value decides on how the potential risk is to be evaluated.

The risk to terrestrial non-target organisms brought about by pesticide loading is assessed on the basis of a potential map presenting the 'Quality of margin features' on local level and of risk maps on the 'Biotope index of a landscape' on regional level:

Biotope index of a landscape – The biotope index of a landscape classifies a landscape by the area of close-to-nature biotopes taking into account the possibility for non-target organism populations to recover when exposed to pesticides. The smaller the area within an agricultural landscape, the greater the risk of non-recovery and long-term damage. Using the digital ATKIS data we performed a GIS-aided calculation to determine the area of closer-to-nature biotopes within 475 relevant landscapes. Calculation found 2,585,170 ha of closer-to-nature biotopes within these landscapes. This corresponds with a mean percentage of 7.12% of the agricultural area under study. Margins of farmed land (sides of field roads, roadways and water bodies) have with 66% the highest percentage in the overall area of closer-to-nature biotopes, followed by small field woods and woodland smaller than 1 ha, which together constitute 13%.

This risk map theme was an exclusive task of the institute and already been introduced into practice by publishing the so-called 'Register of regionalized small features' in the Bundesanzeiger journal and on the internet pages of the Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (www.bba.de).

Quality of margins features – This is a first approach to assess the potential of continuous agricultural pieces of land to load valuable margins through drift. Neighbourhoods collected from ATKIS DLM25 and results gained from the vegetation surveys of neighbouring margins serve as a basis to assess the quality of margin features. Such a local approach requires comprehensive vegetation surveys of the area under study.

6 The results gained under the research project lead to the following conclusion:

6.1 The proposed risk-potential maps on the aquatic themes

- 'Minimum distance of farmed land to a water body',
- 'Potential pesticide load in water bodies associated with farmed land', and
- 'Potential length of a water body affected by pesticide drift'

are near real time because they are based on ATKIS data alone. Until nation-wide completion of DLM25 (2nd stage, planned for 2005), the database does not contain every water body according to the Act on Water Balance, except for a

few federal Länder. For this reason, step by step provision of the maps might be possible.

Potential maps displaying the protective effect of the neighbourhood of water bodies are additionally based on information obtained from water body quality mapping. Federal Länder with such a mapping can obtain a risk map near real time, but without data on ditches and lakes. Missing data can be obtained from full-coverage interpretation of aerial photos. However, this requires 3.2 man days per aerial photo (tile of Deutsche Grundkarte at 1:5000 scale).

- 6.2 'Minimum distance of farmed land to a water body' as a theme of risk-potential maps is instrumental to risk management through minimum distances on application. Thus, it would be possible to register pesticides not registrable at present due to minimum distances on application in excess of 20 m, when application is bound to minimum distance classes.

Spatial assignment of the plot in question to the respective agricultural piece of land as smallest unit of the risk-potential map can be done on principal through printed maps or special software using GPS-aided identification of plot co-ordinates. Promotion of a relevant research project would be welcome. Development of a principal solution for the use of risk maps in practice has to be paralleled by establishing linkages to geodata systems of the respective agricultural office (GIS-aided InVeKoS).

- 6.3 'Pesticide load potential' as map theme can be expanded and should be discussed and studied in detail. In general, a link to 'Potential length of a water body affected by pesticide drift' would allow to display potential concentrations of a pesticide applied to an agricultural piece of land in the closest surface water bodies. Data manipulation could use constant worst-case exceptions to width, depth and velocity of water flow, which could be replaced when the relevant data will be available. Just like the basic themes, the stronger aggregated risk-potential themes can be applied to any agricultural piece of land in Germany. In future, this could lead to simpler directions on risk management. However, this subject requires further research under a pilot project.
- 6.4 The validation of the assumed margin widths (map theme 'Biotope index of a landscape') was done on the basis of aerial photos and terrestrial measurements. The results reveal that interpretation of aerial photos provides sufficiently accurate width data except for margins along woodland or thick field woods. The only way to ensure sufficient accuracy of data in the latter case is to perform a field measurement.
- 6.5 Differences in margin widths related to the inauguration of roadways are statistically safe. Assuming that the roadways of the Vorderpfälzer Tiefland region are representative of Germany, we suggest to alter assumed margin widths as follows:

- | | |
|--------------------------------|------------------|
| - margins along motorways | from 4 m to 6 m, |
| - margins along federal roads | from 4 m to 7 m, |
| - margins along regional roads | from 4 m to 5 m, |
| - margins along local roads | from 4 m to 3 m. |

This means that except for local roads actual margin widths exceed the margin widths assumed for calculations under the map theme 'Biotope index of a landscape'.

- 6.6 Widths of other margin categories show a strong correlation to the natural landscape unit. For instance, margins along unpaved field ways in the Vorderpfälzer Tiefland region are 5.9 m (based on 2423 data obtained from aerial photos) or 4.2 m wide (3 measurements on site) and considerably narrower than those in the Uckermark region with 10 m (15 measurements on site) or in the Oderbruch region with 9.8 m (3 measurements on site). The results lead to the conclusion that validation of all margin types not mentioned in 6.5 requires on-site sampling. It seems to be possible to unite landscape units used so far to larger units. According to 6.4, interpretation of a sample of aerial photos will be sufficient with the exception of margins along woodland, which have to be measured on site. Further statistical analyses will allow to derive optimum sampling sizes from the comprehensive data gained for the Vorderpfälzer Tiefland region.
- 6.7 Margin widths revised in 6.5 and margin widths derived from the measurements in the pilot regions were used to recalculate the biotope index for the pilot regions and to compare it to the index produced on the basis of the assumed widths. There were no differences or very small ones. In the Vorderpfälzer Tiefland, Kernmünsterland and Uckermark regions, there will be taken no other decision as to the exceeding or falling below the required minimum margin area in these landscape units. The Oderbruch region would turn from non-fulfilment to fulfilment. This supports the thesis that the assumed margin widths rather lead to an underestimation of the actual area.
- 6.8 The theme 'Biotope index for a landscape', which has already been practically used in the 'Register of regionalized small features', needs regular updating to the latest knowledge. This includes further validations of margin widths according to 6.6, and it has to be decided whether and how grassland in extensive management will be included in the margin area and how data on other small features, not available from ATKIS, will be taken into account.