Das Bayerische Bodeninformationssystem - Anforderungen an ein Bilanzmodell Ackerbau

Dr. H. Schmid
Bayer. Geologisches Landesamt, München

1. Zusammenfassung

In Bayern ist mit der Erstellung eines Bodeninformationssystems begonnen worden, dessen Konzept auf Bund/Länderebene erarbeitet worden ist. Die Inhalte des Konzeptes orientieren sich am Maßnahmenkatalog zum Bodenschutz des Bundes. Das Konzept sieht u. a. vor, daß durch Zusammenführung von Daten für den Naturraum, insbesondere Daten zur Empfindlichkeit von Böden sowie Nutzungs- und Belastungsdaten und Anwendung von geeigneten Modellen Risiken für Boden und Grundwasser erkannt werden sollen. Unter der Vielzahl der vorhandenen Modelle sind nur wenige praktisch anwendbare.

Von einem Ackerbilanzmodell wird aus dieser Sicht erwartet:

- Grundlagen zur Risikovorhersage durch Beschreibung der Stoffdynamik
- Grundlagen für die Festlegung von von Richt- und Grenzwerten
- Ganzheitliche Betrachtung des Naturhaushalts

2. Einführung

Das Bodeninformationssystem (BIS) nimmt unter der Fülle der neuen Informationssysteme, die in den letzten Jahren entstanden sind, eine Sonderstellung wegen seines notwendigerweise umfassenden interdisziplinären Ansatzes ein. Der Bodenschutz kann den Boden nicht losgelöst für sich betrachten sondern muß ihn im Zusammenhang mit den Umweltkompartimenten sehen, die ihn mit geformt haben, sowie im Zusammenhang mit den vielfältigen Nutzungen, Einflüssen und Belastungen. Ein umfassendes Bodeninformationssystem kommt also fast einem Umweltinformationssystem gleich. Wegen dieser Vielfalt muß ein BIS ressortübergreifend angelegt werden.
Der Bayerische Ministerrat hat im Juli 1988 die Einführung eines EDV-gestützten Bodeninformationssystems beschlossen. Vorausgegangen war die Erstellung eines BIS-Konzeptes durch eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe - die "Sonderarbeitsgruppe Informationsgrundlagen Bodenschutz" (SAG) im Auftrag der Umweltministerkonferenz. Dieses Konzept ist publiziert in Materialien 47 des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen. Parallel mit der Erstellung des BIS-Konzeptes ist durch andere Bund/Länder-Arbeitsgruppen ein Maßnah-

menkatalog zum Bodenschutz zusammengestellt worden für die Bereiche: Gesetzgebung, untergesetzliche Regelungen, Verwaltungsvollzug sowie Forschung und Information. Das BIS-Konzept orientierte sich dabei eng an den Erfordernissen aus diesem Maßnahmenkatalog. Der Maßnahmenkatalog umfaßt 70 Seiten, er ist am 8.12.1987 vom Bundeskabinett beschlossen und vom Bundesminister herausgegeben worden.

3. Beispiele aus dem Maßnahmenkatalog zum Bodenschutz des Bundes

Unter "Leitlinien des Bodenschutzes" heißt es u.a.:

(13) Voraussetzung für einen wirksamen Bodenschutz sind verläßliche Informationsgrundlagen, damit

- o Gefährdungen lebensnotwendiger Bodenfunktionen frühzeitig erkannt,
- o Veränderungen der Lebensgrundlagen für Menschen, Tiere und Pflanzen abgeschätzt,
- o bodenschützende Entscheidungen sowohl unter Vorsorge- als auch unter Sanierungsgesichtspunkten vorbereitet,
- o Bodennutzungen umwelt- und flächenschonend zugeordnet werden können.

Hierzu sind Grundkenntnisse auf vielen Gebieten vorhanden. Vorrangig zu erarbeiten sind jedoch flächendeckende Aussagen über

- o Eintrag, Abbau und Rückstände von problematischen Stoffen in Böden und Grundwasser,
- o Bewertung und Verknüpfung von bereits bekannten Daten, auch in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften und Nutzungsformen.

Von diesem letzten Punkt ist die Modellierung besonders betroffen. Zu untergesetzlichen Regelungen zur Einstufung von Grenzwerten soll vorgesehen werden:

(68) Harmonisierung bestehender Grenz- und Richtwerte für Schwermetalle und persistente organische Stoffe in Boden, Wasser, Luft sowie Futter- und Nahrungsmitteln auf der Grundlage gesicherter Kenntnisse.

(79) Erarbeitung von Normwerten für stoffliche Belastungen von Böden in Abhängigkeit von Bodentyp, Standortverhältnissen und Nutzungsform.

Unter "Landwirtschaftliche Beratung" ist u. a. erwähnt:

(238) Wesentliche Verstärkung der landwirtschaftlichen Beratung, insbesondere der Offizialberatung zur Förderung einer standortgerechten und umweltschonenden Bodennutzung

- o zur stärkeren Ausrichtung der landwirtschaftlichen Bodennutzung auf die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und an die standörtlichen Gegebenheiten,
- o zur Anpassung der mineralischen und organischen Düngung an den aktuellen, stadien- und standortabhängigen Bedarf der Pflanzenbestände auf der Grundlage von Bodenuntersuchungen,
- o zur Förderung der vorübergehenden Festlegung von Nährstoffen im Boden (z.B. Zwischenfruchtanbau),
- o zur vorrangigen Anwendung von mechanischen, biologischen und biotechnischen Verfahren im Pflanzenschutz,
- o zum Verzicht auf den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln vor Erreichen der Schadenschwelle und
- o weitere Maßnahmen zur Verminderung der Erosion.

Schließlich folgt unter "Informationsgrundlagen des Bodenschutzes":

Wirkungen und Verhalten von Stoffen

(111) Ermittlung der Empfindlichkeit und der Belastbarkeit der Böden einschließlich des Bodenlebens gegenüber stofflichen Einflüssen.

(112) Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Emissionen, Immissionen und Bodenbelastungen unter Berücksichtigung der Stoffdynamik.

(113) Erarbeitung von Beurteilungskriterien für die Schadwirkung von Stoffen im Hinblick auf Beeinträchtigungen von Bodenleben, Nährstoffhaushalt, Transfer Boden - Pflanze, Transfer Boden - Grundwasser. Weitere Erforschung der Akkumulation und Weitergabe von Stoffen aus Böden in die Nahrungskette.

(114) Analyse und Quantifizierung der Kombinationswirkung von Stoffen im Hinblick auf Bodenlebewesen und Bodenfruchtbarkeit; Vorbereitung von Richt- und Grenzwerten

(115) Erarbeitung von Grundlagen zur Abstimmung ökologischer und toxikologischer Richt- und Grenzwerte für Wasser, Luft, Boden, Pflanzen, Nahrungs- und Futtermittel.

(116) Ermittlung der regionalen Verteilung der stofflichen Belastungen der Böden über die einzelnen Eintragspfade (insbesondere die in der "Stoffliste" aufgeführten Stoffe und Stoffgruppen) einschließlich geogener Anreicherungen.

(117) Erforschung der Auswirkungen von Bodenveränderungen auf Ökosysteme.

(118) Intensivierung der Forschung über organische Stoffe, insbesondere Pflanzenschutzmittel und deren Abbauprodukte im Hinblick auf Langzeitakkumulation, Remobilisierung und Wirkungen, auch bei Stoffkombinationen.

Der Maßnahmenkatalog enthält also eine Fülle von Vorschlägen, für die eine Kenntnis und Beschreibung von Zusammenhängen von Bedeutung sind. In dieses Umfeld von Fragestellungen, die auf Wirkungen, deren Bewertung und die Festlegung von Grenzwerten abstellen, ist das Konzept des BIS zu sehen.

Der Maßnahmenkatalog beschreibt Zweck und Aufbau des Bodeninformationssystems wie folgt:

(242) Für den Schutz des Bodens sind verläßliche Informationen über die Böden sowie die belastenden Faktoren erforderlich. In Einzelbereichen liegen hierzu bereits umfangreiche Daten vor. Defizite bestehen besonders in der Erfassung bodenschutzrelevanter Daten zum Zweck flächendeckender Aussagen und in der multidisziplinären Verknüpfung der Daten zum Zweck der Risikovorhersage.

(243) Zur Verbesserung der für Bodenschutzmaßnahmen erforderlichen Kenntnisse sind:

- o die bereits vorhandenen Daten und ihre Verfügbarkeit für Zwecke des Bodenschutzes zu ermitteln,
- o fehlende bodenschutzrelevante Daten zu erheben,
- o Methoden für die Zusammenführung der Daten mit dem Ziel der Feststellung von Ursache-Wirkungsbeziehungen, der Vorhersage von Gefährdungen sowie der Festlegung von Grenzwerten zu entwickeln.

Soweit der Maßnahmenkatalog des Bundesumweltministers.

4. Konzept zur Erstellung eines Bodeninformationssystems

In dem Konzept (SAG 1987) sind Zweck und Inhalte eines Bodeninformationssystems - erarbeitet durch die SAG - näher erläutert.

Demnach ist Datenmaterial nötig, um

- o Entscheidungen mit bodenrelevanten Auswirkungen beurteilen und Nutzungen zu optimieren,
- o in Nutzungskonflikten zu entscheiden,
- o bodenschützende Entscheidungen herbeizuführen sowie
- o Richt- und Grenzwerte für Bodenbelastungen anzugeben.

Da der Vorsorge gerade beim Bodenschutz, aber auch beim Grundwasserschutz besondere Bedeutung zukommt, muß eine möglichst fundierte Vorhersage und Beurteilung von Risiken, die durch Nutzungen oder Belastungen entstehen, angestrebt werden. Risikovorhersage ist ein wesentliches Ziel des BIS, hierfür werden Modelle benötigt, mit denen Einflußgrößen nach Kausalzusammenhängen verrechnet werden.

Die wichtigsten Bereiche für eine Risikovorhersage aus der Sicht des Bodeninformationssystems sind

- o Stoffliche Einwirkungen
- o Strukturschäden
- o Flächeninanspruchnahme

Besondere Bedeutung kommt dem "Bodenkataster Bayern" zu (MANN, 1986). Mit der Boden-Grundinventur werden, nach Landschaften geordnet, die Böden erfaßt hinsichtlich Profilaufbau, chemischen und physikalischen Grunddaten, Stoffbestand, Standorteigenschaften und Umwelteigenschaften.

Die Daten ergeben u. a. ein Meßnetz zur flächenintensiven Zustandserfassung, wobei in Industrie- und Ballungsräumen und Flußauen die Probennahme verdichtet wird. Die Ergebnisse können in Zustandskarten dargestellt werden. Die Boden-Flächeninventur stellt schließlich die Verbreitung der Bodenformen dar. Eine wichtige Grundlage zur stofflichen Dokumentation des Ist-Zustandes besteht in der Bodenprobenbank des GLA, die derzeit rund 50 000 Proben umfaßt.

Wichtig innerhalb des Bodenkatasters sind auch die Daten über Nutzungseinflüsse und Belastungen. Datenbestände aus den verschiedensten Verwaltungsbereichen sind betroffen, wie Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Luftreinhaltung, Abfallwirtschaft, Siedlungs- und Verkehrswesen usw., aber auch Daten über Naturschutz und Landschaftspflege. Informationen über Klima und Relief müssen ebenfalls von dafür zuständigen Dienststellen bezogen werden. D.h. hier sind Datenbestände aufgeführt, die im wesentlichen bei Behörden verschiedener Geschäftsbereiche vorliegen.

Hinzu kommen Modellrechnungen, die ausgehend von geowissenschaftlichen Daten und Nutzungsdaten unter Zugrundelegung von Wirkungsmechanismen aufgeführt werden müssen.

Angestrebt wird die Vorhersage von

- o Erosion
- o Bodenverdichtung
- o Humusschwund
- o Versauerung
- o Akkumulation von Schadstoffen im Boden
- o Stoffabbau
- o Verlagerung von Stoffen und Ausbreitung in das Grundwasser.

Während die flächendeckende Datenerfassung im Rahmen des BIS im wesentlichen bei den Fachbehörden liegt, erwarten wir von der Forschung Grundlagen, einschließlich der Erstellung von Modellen und einschließlich der Ermittlung der sensitiven Parameter. Dabei ist zu berücksichtigen, daß standortbedingt jeweils verschiedene Parameter relevant sein können. Modelle werden i.d.R. an einer relativ kleinen Zahl von Standorten entwickelt und erprobt. Die Anpassung an die große Bodenvielfalt und die differenzierten Klimaverhältnisse erfordert die Überprüfung an einer größeren Zahl von Standorten. Bei der Modellentwicklung sollte also die Validierung für andere Landschaften im Auge behalten werden.

5. Modelle

Ganz allgemein, d.h. auch für ein Ackerbilanzmodell, gilt also die Grundfrage:

- o Welche Parameter sind für die Anwendung notwendig?
- o Welche Daten müssen prioritär erhoben werden?

Für das BIS ist dabei zu beachten, daß es sich erst im Aufbau befindet und in seiner Erstausstattung nur eine begrenzte Zahl von Modellparametern in unterschiedlicher Qualität zur Verfügung stellen kann.

Eine andere wesentliche Grundfrage im Rahmen der Erstellung eines BIS ist:

- o Welche Modelle gibt es schon?
- o Wie sind sie zu bewerten?

Die SAG hat zur Darstellung des Forschungsstandes und -bedarfs dem Bereich "Belastungs- und Risikoabschätzung von Schadstoffeinträgen" einen Auftrag vergeben. Das Ergebnis ist sicher für die Konzeption eines Ackerbilanzmodells interessant. Aus dem vorgelegten Bericht von KNEIB & RUNGE vom Dez. 1989 geht hervor, daß es eine Vielzahl von Modellen für die Stoffgruppen Säurebildner, Schwermetalle, organische Schadstoffe und Nitrat sowie zur Wasserdynamik gibt. Der

Bericht enthält Kurzbeschreibungen von 143 Modellen, dabei sind sehr viele landwirtschaftlich-zweckorientierte. Eine Datenbankrecherche hatte 1.600 Titel ergeben. Unter der Vielzahl der Modelle fanden KNEIB & RUNGE nur wenige anwendungsorientierte, d.h. übertragbar validierte Ansätze und noch weniger, die "sich konkret den Anforderungen an eine Belastungs- und Risikoabschätzung stellen".

Bei vielen Modellen ist die vertikale Komponente ausreichend abgebildet, die laterale aber nur in Ansätzen. Weiterhin wird von KNEIB & RUNGE festgestellt, daß die Reihenfolge der für eine Risikoabschätzung umsetzbaren Modelle in der folgenden Pfadreihe abnimmt:

Grundwasser - Bodenlösung - Pflanze - benachbarte Böden.

Hieraus ergibt sich also entsprechender Forschungsbedarf. Für die Auswertungsmodelle sind grundsätzlich stochastische und deterministische Ansätze denkbar. Für die Auswahl des Ansatzes muß der Zweck des Modells entscheidend sein.

Risikovorhersage kann betrieben werden

- für die Fläche von Kartenblättern, Landschaften oder Teillandschaften oder
- für Einzelstandorte.

Die Risikovorhersage kann darauf abzielen

- die Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Veränderung unter bestimmten Voraussetzungen zu beschreiben oder
- quantitative oder halbquantitative Aussagen zu erhalten (Bilanzmodell).

Für flächenhafte Risikovorhersage wird man vom ersteren Ansatz ausgehen. Die Eingabeparameter sollen einfach sein. Wichtig sind vor allem die geogenen und pedogenen Vorgaben, so daß die Empfindlichkeit von Boden und Grundwasser dargestellt werden kann. Die Gefährdung ergibt sich aus dem Zusammenführen von Empfindlichkeit und Belastung und kann z.B. nach einem Punktesystem dargestellt werden von "nicht gefährdet" bis "gefährdet".

Ein Beispiel für einen stochastischen Ansatz, allerdings mit deterministischen Teilkomponenten ist das Projekt "Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung", das derzeit vom Geologischen Landesamt in enger Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Wasserwirtschaft begonnen wird. Ziel ist es, zu einer kartenmäßigen Darstellung des Schutzpotentials der Grundwasserüberdeckung zu kommen, um Aussagen zur potentiellen Gefährdung des Grundwassers treffen zu

können. In das System gehen Bodendaten, geologische und hydrogeologische Daten sowie Klimadaten ein. Ein Punktesystem bewertet schließlich die Qualität der Schutzfunktion der grundwasserüberdeckenden Schichten in Klassen. Das Vorhaben wird für das Belastungsgebiet Aschaffenburg - teilweise manuell - getestet bzw. entwickelt. Mit zunehmender EDV-Einbindung sollen dann andere Gebiete bearbeitet werden.

Ein gutes Beispiel für das Funktionieren einer EDV-gestützten flächenhaften Risikovorhersage ist der Erosionsatlas von AUERSWALD & SCHMIDT (1986).

Ein Ackerbilanzmodell wird zunächst das Ziel eines Farm-Management-Modells haben und u.a. Ausbringungszeitpunkte und -mengen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu optimieren suchen. Um Stoffflüsse schlaggenau zu bilanzieren, bedarf es sicher eines deterministischen Ansatzes mit vielen exakten Parametern zu Standort, Nutzung und Klima. Durch Optimierung des Stoffeintrages wird als Nebeneffekt ein Beitrag zum Umweltschutz geleistet ("Windschattenstrategie").

Aber auf anderer Ebene, nämlich bei der Grundlagenermittlung, kann ein solches Modell sicher direkt Beiträge für Ziele des Bodenschutzes leisten. So weisen DUYNISVELD & STREBEL (1986) in ihrer Arbeit zur Ermittlung der Nitratverlagerung mit Hilfe von Simulationsmodellen darauf hin, daß Geländeexperimente häufig nur die jeweilige lokale Situation charakterisieren und die Vielzahl der Einflußgrößen die Erfassung klarer Gesetzmäßigkeiten schwierig macht.

Sie stellen aber weiterhin fest, daß hier deterministische Modelle einen Beitrag zum Verständnis der komplexen Zusammenhänge und Aussagemöglichkeiten für Prognosezwecke liefern.

Eine wertvolle Anwendungsmöglichkeit bestünde deshalb in Fallstudien zur quantitativen Auswirkung von wichtigen Einflußgrößen sowie von entsprechenden acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen.

Durch die Beschreibung der Stoffdynamik können also solche Modelle damit wesentliche Grundlagen zur Risikovorhersage oder -abschätzung liefern, Worst-Case-Fälle simulieren und Grundlagen zur Ermittlung von Richt- und Grenzwerten liefern, nicht nur für Stoffkonzentrationen im Boden sondern auch für Einträge.

Bei der Festsetzung von Grenzwerten sollte man nicht nur anthropozentrisch sondern auch ökologisch orientiert vorgehen. Ein Beispiel dafür sind die von SCHWERTMANN im Zusammenhang mit der Erosion genannten tolerierbaren Abtragsmengen die "T2-Werte", die ökologische Folgen berücksichtigen.

Bei der Betrachtung von Stoffflüssen durch ein Ackerbilanzmodell sollte also nicht nur auf ökonomische Belange Wert gelegt werden, sondern auch auf den weiteren Verbleib und auf das Verhalten von Stoffen in der Umwelt.

6. Ausblick

Wie Eingangs erwähnt, ist es heute bei der Behandlung von umweltrelevanten Fragestellungen wichtig, die Umweltkompartimente Luft, Boden, Grundwasser, Oberflächengewässer und belebte Natur nicht jeweils losgelöst für sich sondern im interaktiven Zusammenhang zu sehen.

Bodenschutz soll eine ganzheitliche Betrachtung aller Einwirkungen auf den Boden herbeiführen und ist damit eine Querschnitts- und Koordinierungsaufgabe.

Für den Wissenschaftler bedeutet "Bodenschutz", daß es nicht genügt, immer kleinere Ausschnitte und Bestandteile immer noch exakter zu untersuchen und für sich zu betrachten. Es ist notwendig, von analytischer zu synthetischer Denkweise zu kommen. Zum anderen ist es wichtig, die Lücke zwischen hochstehender Wissenschaft einerseits und deren praktischen Anwendung andererseits zu schließen.

Bei der Beantwortung von Fragen im Spannungsfeld zwischen Nutzung und Schutz der natürlichen Ressourcen kommt heute der Bodenkunde wie den anderen Geowissenschaften und den Agrarwissenschaften eine besondere Bedeutung und Verantwortung zu. Stand früher hauptsächlich die Nutzung im Vordergrund, so ist es heute überwiegend der Schutz.

Darin sehe ich eine besondere Chance für die Zukunft der wissenschaftlichen Forschung.

7. Literatur

AUERSWALD, K., SCHMIDT, F.
Atlas der Erosionsgefährdung in Bayern.- GLA-Fachberichte, 1, 74 S., 13 Abb., 16 Tab., 20 Karten
München, 1986

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT
Maßnahmen zum Bodenschutz - Beschluß des Bundeskabinetts vom 8.12.1987, 70 S.
Bonn, 1987

DUYNISVELD, v.a.m., STREBEL, O.
Ermittlung der Nitratverlagerung aus Ackerböden ins Grundwasser mit Hilfe von Simulationsmodellen
VBA-Texte, 8, 129 S.
Berlin, 1986

KNEIB, W. D., RUNGE, I.
Verfahren und Modelle für den Bodenschutz zur Belastungs- und Risikoabschätzung von Schadstoffeinträgen
Darstellung des Forschungsstandes und -bedarfs
Spez. Bericht d. KFA Jülich Nr. 545, 568 S.
Jülich, 1989

SONDERARBEITSGRUPPE INFORMATIONSGRUNDLAGEN BODENSCHUTZ
Konzept zur Erstellung eines Bodeninformationssystems.
Materialien 47, Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 26 + 37 S.
München, 1987

WITTMANN, O.
Das bayerische Bodenformationssystem und seine Bedeutung für den Grundwasserschutz, Vortrag anl. der Jahrestagung der DVWK-Landesgruppe Bayern am 12.10.1989 in München

WITTMANN, O.:
Der Bodenkataster Bayern
- Bodeninformationssystem für Standortkunde, Boden- und Umweltschutz -
LUMBl, 3, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
München, 1986