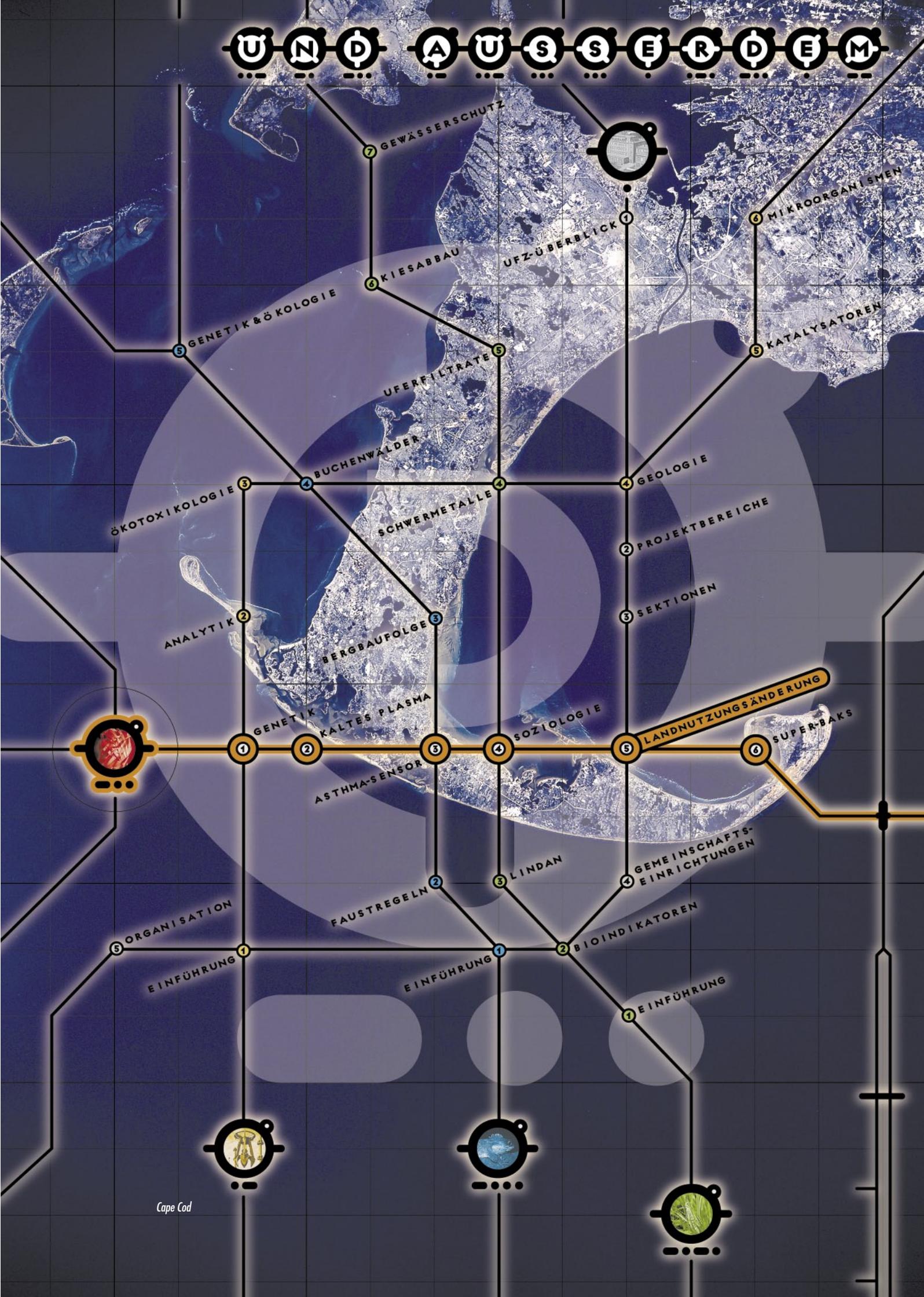


U N D A U S S E R D E M



EINFLÜSSE VON LANDNUTZUNGS- ÄNDERUNGEN – VOM ACKERSCHLAG BIS ZUR REGION

Martin Volk, Uwe Franko, Stefan Schenk, Uta Steinhardt

Der Wasser- und Stoffhaushalt von Landschaften wird durch ihre Nutzung beziehungsweise die Veränderung der Nutzung beeinflusst – vom Ackerschlag bis zur Großlandschaft. Das Wasser ist dabei nicht nur Lebenselement und Landschaftskompartment neben anderen, wie Boden, Luft, Bios, Gestein und Relief, sondern auch das wichtigste Transportmedium für Stoffe und Energie in der Landschaft.

Landschaften werden außerdem häufig mehrfach genutzt. Es konkurrieren unterschiedliche Interessen, beispielsweise von Landwirtschaft und Grundwasserschutz, im gleichen Gebiet. Um die dabei entstehenden Konflikte zu lösen und damit eine ressourcenschonende und umweltverträgliche Nutzung zu gewährleisten, ist eine maßstabsabhängige Herangehensweise sinnvoll, bei der Wasser- und Stoffflüsse auf unterschiedlichen Skalen untersucht werden. Dabei sollten Informationen über den Landschaftshaushalt sowohl bei aktuellen Entscheidungen des Landnutzers berücksichtigt werden als auch Eingang in die verschiedenen Planungsebenen wie Landes- und Regional- oder Landschaftsplanung finden. Je nach Anwendung können sich die Untersuchungen auf administrative Einheiten wie Länder, Kreise und Gemeinden oder auf Flusseinzugsgebiete unterschiedlicher Größe beziehen.

Die Sektionen Bodenforschung und Angewandte Landschaftsökologie des UFZ verfügen über derartige skalenspezifische Methoden. Damit sind sowohl die großräumige Ausweisung von Flächen mit hoher Anfällig-

keit für Stoffausträge als auch die Bereitstellung von Informationen über die Wasser- und Stoffflüsse in speziellen Teilgebieten möglich. Die am UFZ entwickelte Lösung beruht auf der Kombination von klassischen Bewertungsverfahren mit solchen Modellen, die in Geografische Informationssysteme (GIS) integriert werden können. Die Verfahren können einerseits bei der Analyse von Nutzungskonflikten und andererseits bei der Ausweisung von Vorrang-, Vorsorge- und Schutzgebieten in der Planung als zusätzliches Entscheidungsmittel verwendet werden.

Bilanzierung des Landschafts- haushaltes auf Landes- und Regionalebene oder Fluss- einzugsgebieten

Für Planungen auf Landes- und Regionalebene, wie der Ausweisung von Vorrang-, Vorsorge- oder Schutzgebieten wird seit einigen Jahren verstärkt die Einbeziehung von Informationen zum Wasser- und Stoffhaushalt gefordert. Damit sollen die Auswirkungen von Landnutzungsänderungen, wie der Grundwasserentnahme zur Trinkwassergewinnung oder von Aufforstungen besser eingeschätzt werden können. Trotz des vermehrten Einsatzes von Geografischen Informationssystemen in Landesämtern und anderen Behörden stehen sich noch immer die mangelnde Verfügbarkeit von flächenkonkreten Daten einerseits und die in der Regel nur punktuell und kurzzeitig durchgeführten Messungen von Umweltparametern andererseits gegenüber. Die Lösung dieses Problems versprechen regionale Un-

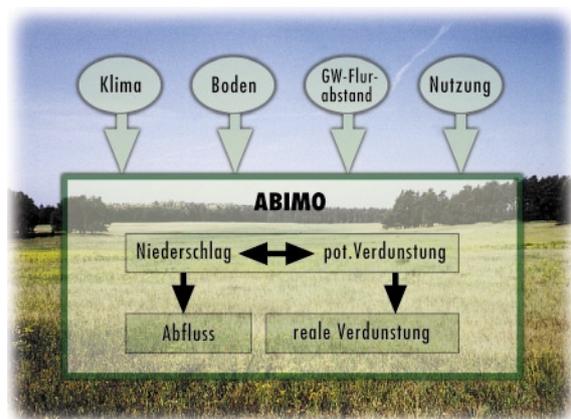


Bild 1: Eingangsdaten und Berechnungsgrößen des Abflussbildungsmodells ABIMO.

Versickerung in mm/a

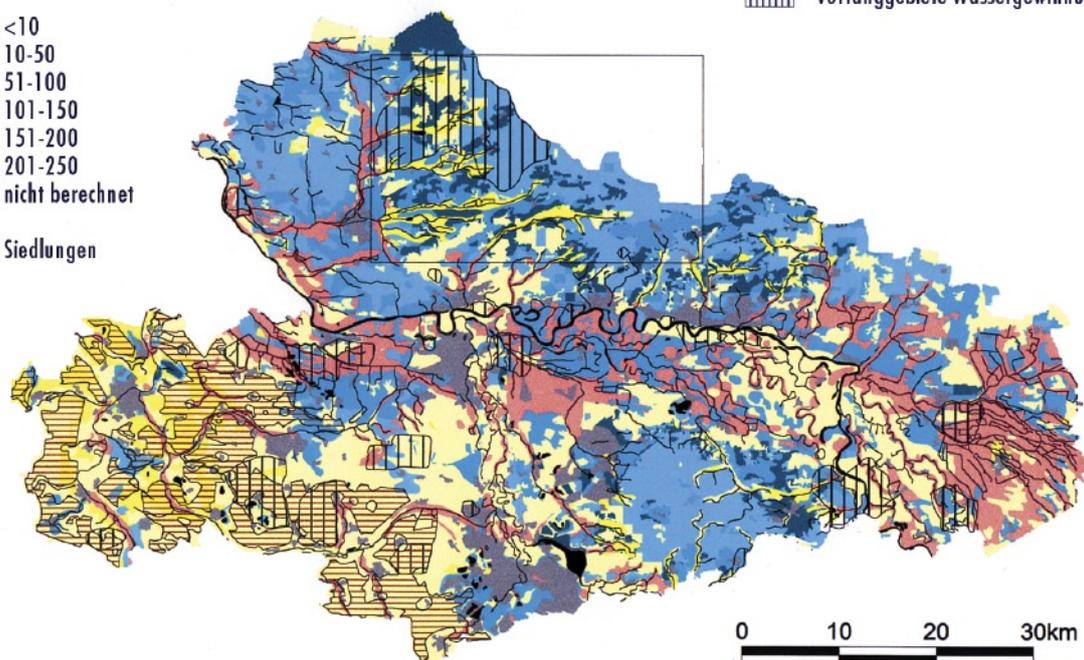


Bild 2a: Grundwasserneubildung und vorhandene Vorranggebiete für Wassergewinnung und landwirtschaftliche Nutzung im Regierungsbezirk Dessau (4300 km²). Der eingezeichnete Rahmen umgrenzt eines der Untersuchungsgebiete, den Fläming (Bild 2b)

tersuchungen auf einer Maßstabsebene 1:50.000 und kleiner im Sinne einer Wasserhaushaltsbilanzierung. Sie kann die Basis für die Ausweisung potenzieller Gefährdungsflächen bilden.

Doch wie wird der Einfluss von Landnutzung auf den regionalen Wasserhaushalt ermittelt?

Die Landnutzung hat über die Komponenten Boden und Pflanzendecke entscheidenden Einfluss auf die Grundgrößen des Wasserhaushaltes. Am UFZ erfolgen die Berechnungen zum regionalen Wasserhaushalt mit dem Abflussbildungsmodell ABIMO [3], vgl. Bild 1. Es erlaubt die Berechnung mehrjähriger oder repräsentativer Mittelwerte für wesentliche Grundgrößen des Wasserhaushaltes, wie Abfluss und Verdunstung. Damit wird eine regionale Bewertung der Grundwasserneubildung, zum Beispiel für die Trinkwassergewinnung und den Grundwasserschutz, in Beziehung zu den vorherrschenden naturräumlichen Bedingungen und den Landnutzungsarten ermöglicht (Bild 2a).

Über die Verwendung eines Abflussquotienten nach Röder (1998), der aus dem Verhältnis von Hangneigung und Grundwasserflurabstand oder Bodenfeuchtegrad abgeleitet wird, kann der Direktabfluss abschätzt werden. Basierend auf Landnutzungsszenarien – zum Beispiel Auswirkungen

von Landnutzungsänderungen auf die Grundwasserneubildung [11] – und einer Konfliktanalyse mittels Geografischer Informationssysteme können Nutzungs- und Nutzungsempfehlungen gegeben werden. Große Teile eines Untersuchungsgebietes im Fläming (ca. 160 km² Fläche) sind zum Beispiel als Vorranggebiet für Wassergewinnung ausgewiesen. Nutzungskonflikte entstehen hier infolge der Belastung des Grundwassers unter landwirtschaftlich genutzten Flächen durch Pestizide und Düngemittel, der Überlagerung mit dem Vorranggebiet für Forstwirtschaft und der Verringerung der Anzahl der Förderbrunnen bei gleichbleibender Fördermenge des Wassers (Entstehung von Absenkrüchtern, Trockenerscheinungen bei den Wäldern, etc.). Es wurden verschiedene Landnutzungsänderungen simuliert, deren Änderungen auf den Wasserhaushalt dokumentiert und Nutzungsempfehlungen gegeben (Bild 2b). Das Verfahren erlaubt somit eine Einschätzung der Grundgrößen des regionalen Wasserhaushaltes in ihren Zusammenhängen mit der Landnutzung. Die Ergebnisse wurden lokalen Arbeitsgruppen zur forstwirtschaftlichen Beweissicherung sowie dem Regierungspräsidium Dessau als Argumentationsgrundlage zur Verfügung gestellt.

In landwirtschaftlich genutzten Räumen kann es insbesondere auf bindigen Böden mit geringer Infiltrationska-

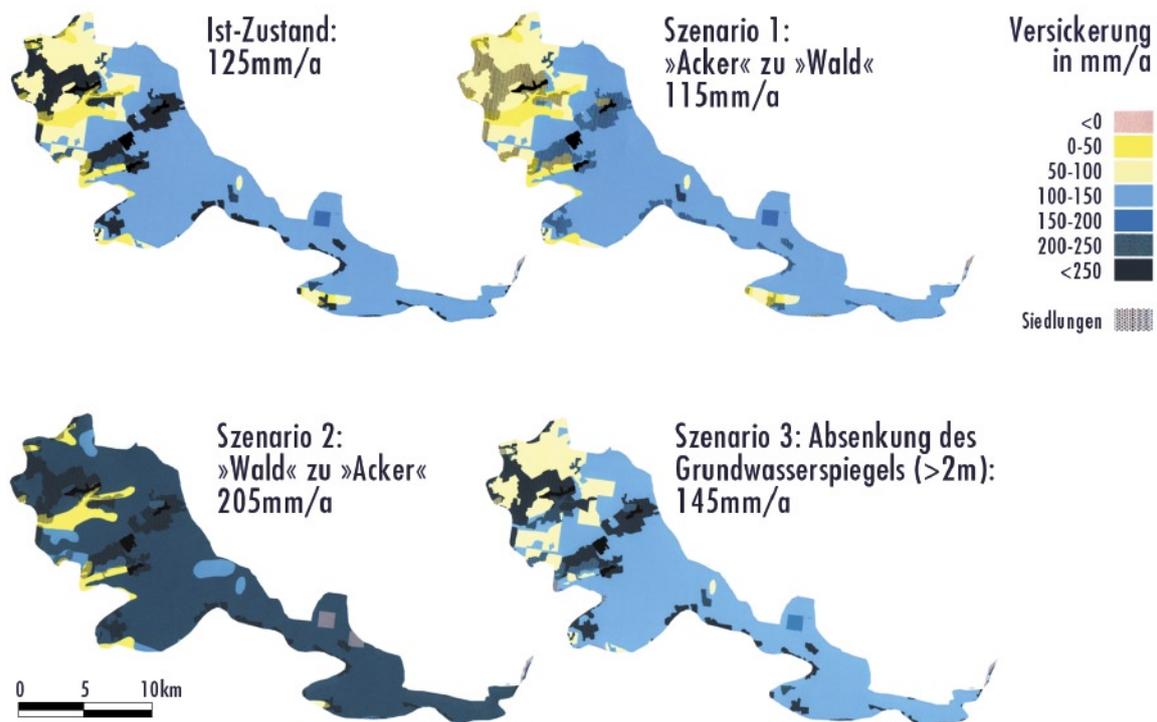


Bild 2b: Grundwasserneubildung in der Landschaftseinheit »Nördlicher Mittelfläming« (160km²): Ist-Zustand und Landnutzungsszenarien. In Bild 2a ist die Lage dieser Landschaftseinheit im RB Dessau zu sehen (Rahmen)

pazität durch intensiven Niederschlag zu starkem Oberflächenabfluss und damit zum Abtrag von Bodenmaterial kommen (Erosion). Mit diesem Bodenmaterial gelangen anhaftende Nähr- und Schadstoffe in angrenzende Gewässer. In Gebieten mit durchlässigem Substrat besteht dagegen die Gefahr der Grundwasserbeeinträchtigung durch Verlagerung von gelösten Nähr- und Schadstoffen mit dem Sickerwasser. Setzt man die Wasserhaushaltsberechnungen im GIS mit Informationen zu Hangneigung, Substrat und Landnutzung in Beziehung, können potenzielle Gefährdungsflächen mit vertikalen und lateralen Stoffausträgen im regionalen Maßstab bestimmt werden. Im Untersuchungsgebiet »Regierungsbezirk Dessau« (ca. 4.300 km²) befinden sich zum Beispiel die Gefährdungsflächen mit lateralen Stoffausträgen hauptsächlich in den fruchtbaren Schwarzerdegebieten im Westen der Region, die als strukturarme Intensivagrarlandschaften eingestuft werden müssen. Potenzielle Gefährdungsflächen mit vertikalen Stoffausträgen befinden sich dagegen vorherrschend in den nordöstlichen Gebieten, wo durchlässige Substrate dominieren (vgl. Bild 3a). Je nach Anwendung zusätzlicher Parameter, wie zum Beispiel Nitratauswaschungsgefährdung, Austauschhäufigkeit des Bodenwassers oder nutzbare Feldkapazität des Bodens und der Überlagerung mit den vorhandenen Vorrang-, Vorsorge- und Schutzgebieten kann

damit auf Konflikte zwischen Landschaftshaushalt und natürlichen Ressourcen hingewiesen werden [10]. Auf dieser Grundlage werden die identifizierten potenziellen Gefährdungsflächen einer vertiefenden Untersuchung mit zeitlich und räumlich höher aufgelösten Daten, Messungen und der Anwendung anderer Methoden unterzogen. Diese Untersuchungen wurden zum Beispiel im Flusseinzugsgebiet der Rossel (ca. 160 km²), eines Nebenflusses der Elbe im Nordosten des Regierungsbezirkes Dessau durchgeführt (vgl. Bild 3b). Die regionalen Analysen stellen damit die Basis dar für vertiefende Untersuchungen auf lokaler Ebene.

Vertiefende Bilanzierung des Wasser- und Stoffhaushaltes in potenziellen Gefährdungsflächen auf Kreisebene oder in Teileinzugsgebieten

Um die regional ausgewiesenen Gefährdungsflächen genauer differenzieren zu können, werden Grundlagendaten mit höherer räumlicher und zeitlicher Auflösung sowie verschiedene mathematische Modellsysteme eingesetzt. Ge-



Landnutzung

- Acker
- Siedlungsflächen
- Abbauflächen
- Grünland
- Wald
- Gewässer

- Vorranggebiete Landwirtschaft
- Vorranggebiete Wassergewinnung
- Potenzielle Gefährdungsflächen mit lateralem Stoffaustrag
- Potenzielle Gefährdungsflächen mit vertikalem Stoffaustrag

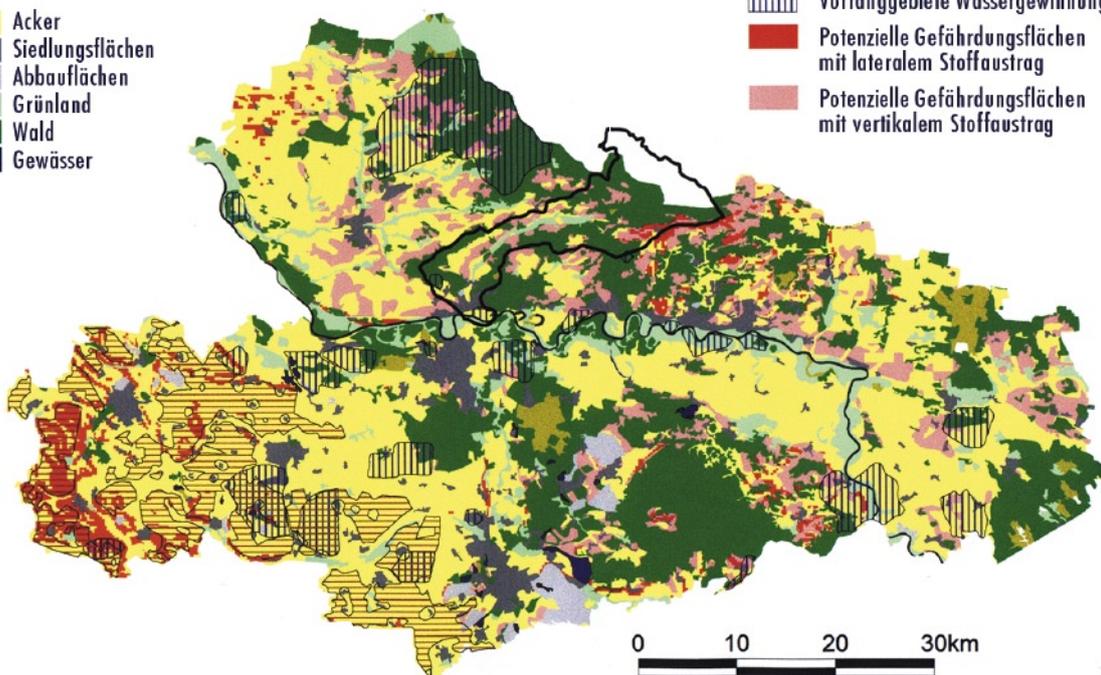
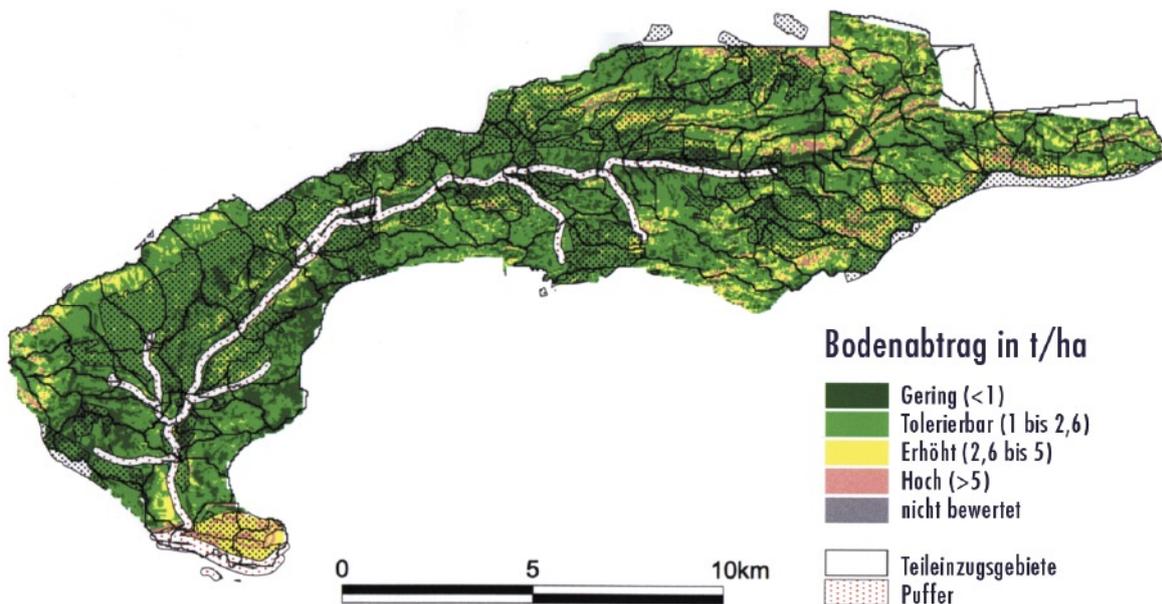


Bild 3a: Potenzielle Gefährdungsflächen mit Stoffausträgen und vorhandene Vorranggebiete für Wassergewinnung und landwirtschaftliche Nutzung. Einige der Gefährdungsflächen befinden sich in Vorranggebieten. Die Markierung zeigt das Einzugsgebiet der Rossel.



Bodenabtrag in t/ha

- Gering (<1)
- Tolerierbar (1 bis 2,6)
- Erhöht (2,6 bis 5)
- Hoch (>5)
- nicht bewertet
- Teileinzugsgebiete
- Puffer

Bild 3b: Vertiefende Untersuchungen im Einzugsgebiet der Rossel (Ausschnitt Bild 3a). Aus den Ergebnissen können zum Beispiel Aussagen zum Wasserhaushalt, zum Bodenabtrag in Teileinzugsgebieten sowie zu potenziellen Eintragslokalationen an Flussabschnitten getroffen werden.

eignete Werkzeuge zur Analyse und Bewertung der im Boden und auf der Oberfläche ablaufenden Prozesse stellen Simulationsmodelle dar.

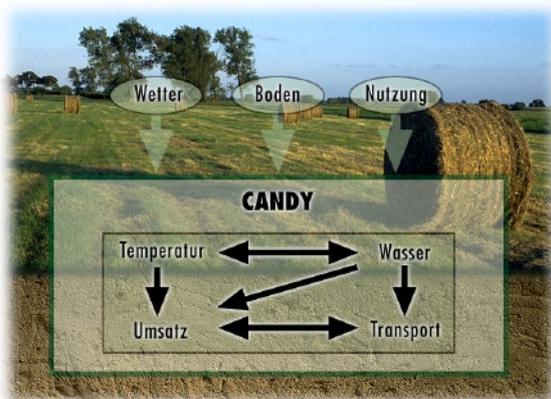
Das Simulationsmodell CANDY (Carbon and Nitrogen Dynamics) behandelt die Dynamik von Temperatur, Wasser,

Kohlenstoff, Stickstoff und Pestiziden im Boden (vgl. Bild 4). Es beschreibt alle wesentlichen Transport- und Umsatzprozesse in der ungesättigten Bodenzone. CANDY wird im mittleren und großen Maßstabsbereich (kleinere Räume!), zum Beispiel bei Ackerschlägen eingesetzt [1].

Durch die Integration des Simulationsmodells in ein GIS wird die Verbindung zu den höheren räumlichen Betrachtungsebenen realisiert. Dazu wird das komplexe System »Landschaft« zuerst in homogene Einheiten zerlegt, auf die das Modell anwendbar ist. Nach Verarbeitung dieser Bausteine im Simulationsmodell kann aus den parzellenbezogenen Teilergebnissen dann eine regionale Aussage abgeleitet werden [2].

Die Bewertungen der Grundwasser- beziehungsweise Erosionsgefährdung erfordern Angaben darüber, wie viel und welche Stoffe in der Landschaft transportiert werden (Bilanzierung).

Durch den Einsatz klassischer Bewertungsmethoden wie der vereinfachten »Allgemeinen Bodenabtragsgleichung« und hydromorphologischer Analysen (Berechnung von Stofftransportwegen und Teileinzugsgebieten, etc.) in Geografischen Informationssystemen ist eine erste Abschätzung der Bodenerosion sowie der potenziellen Ab- und Eintragsorte möglich (vgl. auch Bild 3b). Zur Qualifizierung und Quantifizierung der vertikalen und lateralen Wasser- und Stoffflüsse aus den ausgewiesenen Gefährdungsf lächen ist ein Wechsel der räumlichen Betrachtungsebene (Maßstabsebene, vgl. Tab. 1) erforderlich. Mit der Anwen-



dung verschiedener Modelle, zum Beispiel WaSim-ETH oder AGNPS, vgl. Bild 5, werden anschließend Bilanzierungen des Wasser- und Stoffhaushaltes (Abfluss, Erosion, Stickstoff- und Phosphorkomponenten) für Flusseinzugsgebiete durchgeführt. Dabei dienen die Ergebnisse der Wasserhaushaltsberechnungen mit dem Modell WaSim-ETH als Eingangsgröße für das Stofftransportmodell AGNPS.

Für die Untersuchung von Erosionsprozessen in Kleinsteinzugsgebieten wird zudem das physikalisch basierte Modell Erosion 2D/3D verwendet [8]. Das Bild 6a zeigt Ergebnisse solcher Berechnungen aus dem Einzugsgebiet des Schnellbaches, einem Zufluss der Parthe (Sachsen).

Die höchsten Bodenabträge in diesem größtenteils ackerbaulich genutzten Gebiet befinden sich im nördlichen Bereich, wo die Ackerschläge mittlere Neigungen zum Vorfluter aufweisen. In den flacheren Teilräumen dagegen herrschen Akkumulationsprozesse vor (Ablagerung von Bodenmaterial). Diese Unterscheidung zwischen Abtrag und Ablagerung von Bodenmaterial kann mit den herkömmlichen Methoden zur Erosionsbewertung (wie zum Beispiel die ABAG) nicht vorgenommen werden und stellt daher einen besonderen Vorteil dieser Modellierung dar.

Diese Untersuchungen werden ergänzt durch Kartierungen, zum Beispiel von Gewässerrandstreifen zur Bewertung ihres Rückhaltevermögens gegenüber Nährstoffeinträgen [6], vgl. Bild 6b. Zur Bewertung des Rückhaltevermögens wird der Gewässerlauf in 50 m lange Teilabschnitte unterteilt. Für jeden dieser Abschnitte werden Parameter zum Fließgewässer selbst (zum Beispiel Trübung des Wassers), zur Böschung (zum Beispiel Länge und Neigung) sowie zur angrenzenden Vegetation (zum Beispiel Baumreihen, Zeigerpflanzen) erfasst. Je nach Ausprägung dieser Parameter weisen die Gewässerrandstreifen ein spezifisches Rückhaltevermögen gegenüber Nährstoffen auf.

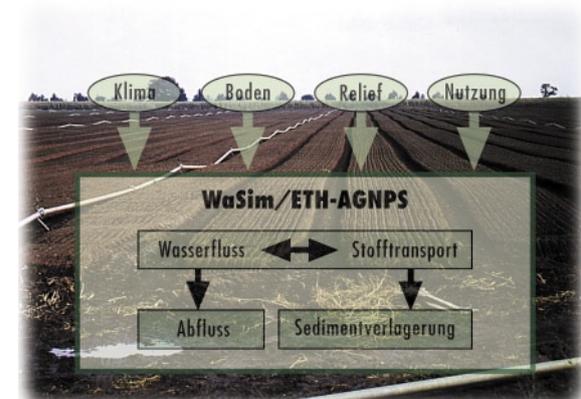


Bild 4: Eingangsdaten und Zustandsgrößen des Modells CANDY

Bild 5: Eingangsdaten und Berechnungsgrößen der Modelle WaSim-ETH und AGNPS.

Zudem werden hydrologische und hydrochemische Messungen (Bestimmung verschiedener Parameter wie Durchfluss, pH-Wert, Wassertemperatur, Leitfähigkeit, Niederschlag an Messstellen) sowie bodenkundliche Untersuchungen an Lysimetern (Bestimmung der Sickerwassermenge und -güte) [9] durchgeführt. Alle erhobenen Daten dienen einerseits als Inputwerte für die Modellierungen und andererseits zur Validierung der Simulationsrechnungen.

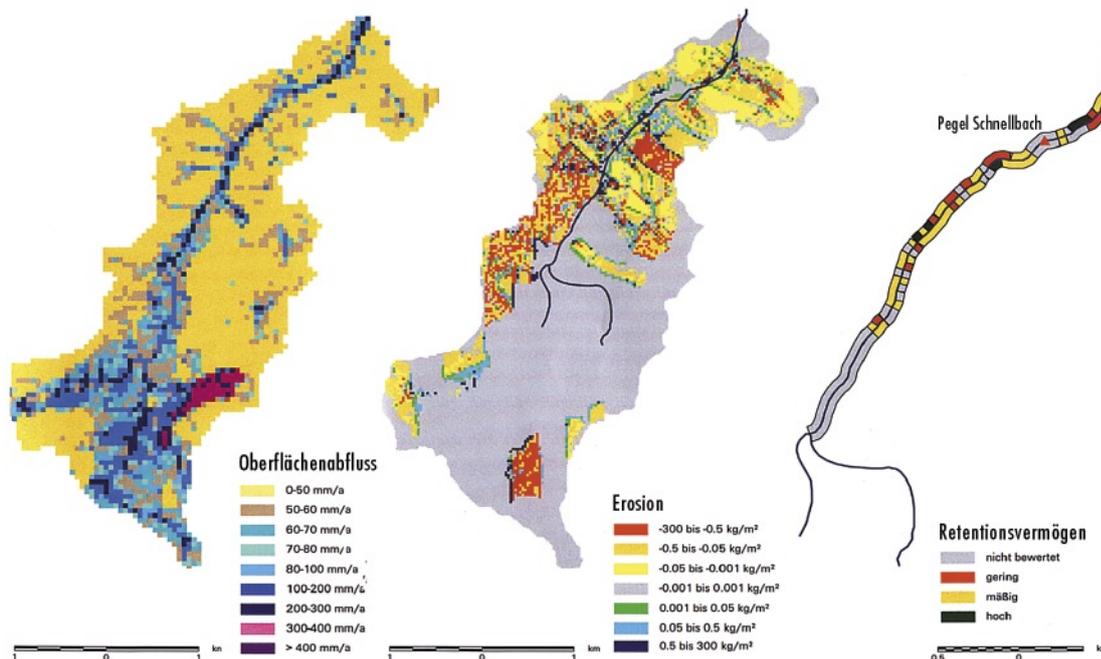


Bild 6a: Oberflächenabfluss und Erosion im Einzugsgebiet des Schnellbaches, eines Kleinfließgewässers südwestlich von Grimma (Muldentalkreis).

Bild 6b: Rückhaltevermögen der Gewässerrandstreifen gegenüber Nährstoffen am Beispiel des Schnellbaches.

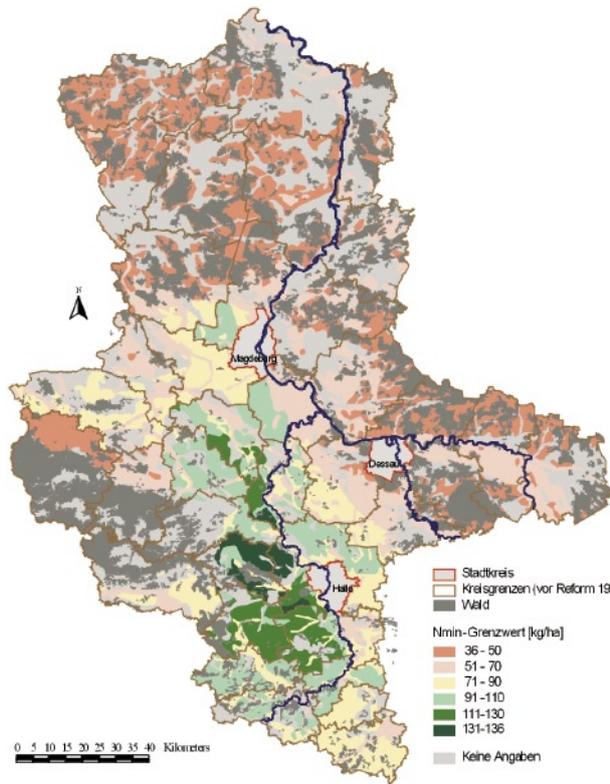
Die vertiefenden Untersuchungen erlauben eine qualitative und quantitative Bilanzierung der landschaftshaushaltlichen Prozesse in den regional ausgewiesenen Gefährdungsflächen und in den Flusseinzugsgebieten. In Verbindung mit Szenarioberechnungen sollen Empfehlungen für Landnutzungsvarianten abgeleitet werden, die zur Verminderung von Stoffausträgen aus der Landschaft führen. Auf diese Weise können wichtige Informationen zum Landschaftshaushalt bereitgestellt werden, die auch in landschaftsplanerische Prozesse integriert werden können.

Einfluss der Bewirtschaftung von Ackerschlägen auf den Wasser- und Stoffhaushalt in Gemeinden oder in Kleinsteinzugsgebieten

Zur Verbesserung des Prozessverständnisses, zum Treffen von Aussagen gegenüber den Landnutzern sowie zur Validierung der Ergebnisse sind kleinräumige Untersuchungen, zum Beispiel schlagbezogen, notwendig. Die Wissenschaftler des UFZ schenken in diesem Zusammenhang der Untersuchung von Bodenprozessen in Agrarlandschaften besondere Beachtung. Als Nähr- und Rohstofflieferant bil-

det der Boden mit dem darauf angebauten Pflanzenbestand eine wesentliche Lebensgrundlage. Mit seinen Regulationsfunktionen spielt er eine entscheidende Rolle im Stoffkreislauf zwischen Hydro- und Atmosphäre. Durch die rigorosen Nutzungsansprüche, zum Beispiel Flächenverbrauch durch Bebauung und Agrarproduktion mit überdimensioniertem Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden, hat der Mensch das Potenzial dieser Bodenfunktionen bereits erheblich beeinträchtigt. Rahmenbedingungen einer umweltverträglichen Agrarproduktion sind lokal unter Berücksichtigung der spezifischen Standortverhältnisse anzuwenden. Modellsimulationen können hier einen wesentlichen Beitrag liefern, um zum Beispiel lokal angepasste Grenzwerte für den nach der Ernte im Boden hinsichtlich des Grundwasserschutzes tolerierbaren Stickstoff zu ermitteln (vgl. Bild 7).

Die langfristige Prognose von Prozessen in landwirtschaftlich genutzten Böden ist sehr problematisch, da die Entwicklung des Wetterablaufs weitgehend unbekannt ist. Deshalb sind alle Bewirtschaftungsmaßnahmen, die eine sehr langfristige Wirkung aufweisen, schwieriger in die Bewirtschaftungsplanung und eine ökologische Bewertung einzubeziehen als kurzzeitig wirkende Eingriffe. Aus dieser Sicht ist die Versorgung der Böden mit organischer Substanz ein besonderes Problem. Die Nährstoffnachlieferung

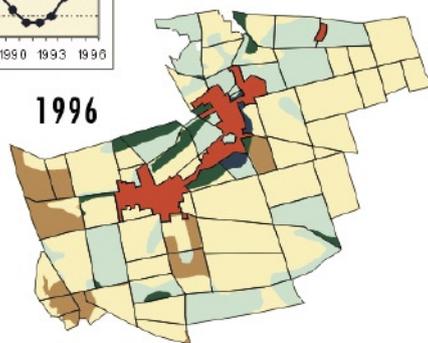
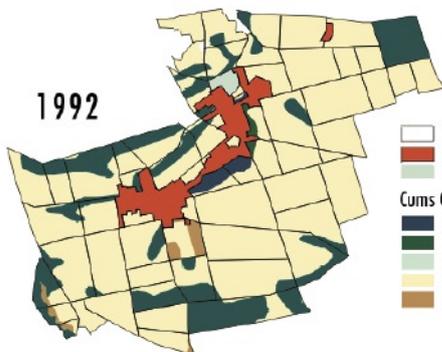


aus dem mikrobiellen Umsatz der organischen Substanz im Boden (OBS) hängt neben dem Versorgungsniveau vor allem vom Wetterablauf ab und kann anders als die in mehreren Gaben applizierte Mineraldüngung nicht mehr reduziert werden, wenn der Pflanzenbestand nicht das angestrebte Potenzial zur Nährstoffaufnahme besitzt. Aus dieser Sicht besitzt die Bewertung der OBS-Versorgung der Böden eine hohe Bedeutung zur Sicherung einer ökologisch angepassten Agrarproduktion. Untersuchungen zum Agrarstrukturwandel nach 1989 im mitteldeutschen Löß-Schwarzerdegebiet haben ergeben, dass eine Tendenz zur Überversorgung mit organischer Substanz besteht, die sich künftig zu einem Problem entwickeln könnte (Bild 8). Eine verstärkte energetische Nutzung der aufgewachsenen Biomasse wäre eine geeignete Lösung, um die Bodenfunk-

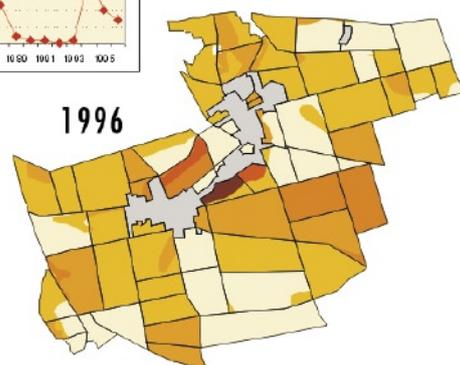
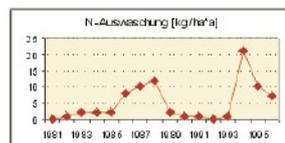
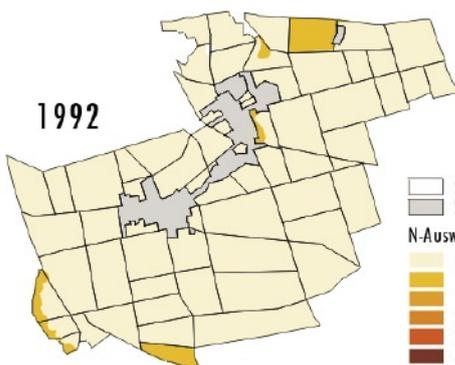
Bild 7: Grenzwerte für die Menge an mineralischem Stickstoff (N_{min}) in den oberen 90 cm des Bodens. Untersuchungsgebiete sind die ackerbaulich genutzten Standorte Sachsen-Anhalts, der Untersuchungszeitraum liegt Anfang November.

Bild 8: Simulation des Zeitverhaltens von umsetzbarem Kohlenstoff (Cums) und Stickstoffauswaschung in einer intensiv genutzten Agrarregion (Querfurter Platte (40 km², Sachsen-Anhalt)

KOHLENSTOFF



N-AUSWASCHUNG





Maßstabsebene	Planungsebene	Bezugsräume	Grundlagendaten	Modellanwendungen	Ableitung von Informationen und Anwendungsmöglichkeiten
1:50.000 und kleiner (Flächen von >10 ³ km ²)	Landes- und Regionalplanung (Ausweisung kritischer Teilflächen, »grobe« Klassifizierungen, Einordnungen)	- Landschaftseinheiten - Flusseinzugsgebiete - Gebiete gleicher Prägung - Land - Reg.-Bezirk - Kreise	- Boden - Relief (DGM 100-250) - Klima - Gewässer, WEG - Landnutzung - Landschaftseinheiten - Planungsvorgaben	- ABIMO: Bestimmung der Grundgrößen des Wasserhaushaltes	- Wasserhaushalt und eingeschränkt Landnutzungsszenarien (>100 km ²) - Ausweisung potenzieller Gefährdungsflächen mit Stoffausträgen aus der Landschaft (Kombination aus Modellierungsergebnissen und Bewertungsschlüssel) - Eingeschränkt Funktionsbewertungen - Großräumige Konfliktanalyse (Umwelt- und Ressourcenschutz) - Großräumige (Nutzungs-) Eignungsempfehlungen
1:25.000 bis 1:50.000 (Flächen von 10 bis 10 ³ km ²)	Regionalplanung Landschaftsrahmenplanung (quantitative und qualitative Informationen und Bewertungen)	- Teileinzugsgebiete - Schutzgebiete und - ausgewiesene Gefährdungsflächen - Kreise - Gemeinden	- Boden - Relief (DGM 40-100) - Klima - Gewässer, WEG - Landnutzung - (Messungen, Kart.) - Planungsvorgaben	- ABIMO - WaSIM-ETH - AnnAGNPS - SWAT - (CANDY) Bestimmung von lateralen und vertikalen Stoffflüssen (Nitrattransport, Erosion)	- Bestimmung von Teileinzugsgebieten und Stofftransportwegen - Ausweisung von Gewässern, die durch Stoffeintrag betroffen sind - qualitative und quantitative Angaben zum Wasserhaushalt und zu Stoffausträgen aus den Gefährdungsflächen - Funktionsbewertungen - Kopplung der Modellierungsergebnisse an Bewertungsverfahren: Empfehlung von Landnutzungsvarianten zur Verminderung von Stoffausträgen aus landw. Nutzflächen
1:10.000 bis 1:25.000 (Flächen von 100m ² bis 10 km ²)	Landschaftsrahmenplanung Landschaftsplanung (detaillierte qualitative und quantitative Bewertung)	- Schläge - Biotope - Flussabschnitte - Betriebe - Gemeinden	(zunehmend eig. Kartierungen) - Boden - Relief (DGM <40m) - Klima - Gewässer, WEG - Landnutzung - Planungsvorgaben	- Physikalische und empirische Modellansätze (WEPP, AGNPS, CANDY)	- Parzellenbezogener Stoffaustrag - Polyfunktionale Landschaftsbewertung

Tabelle 1: Ein skalenspezifischer Ansatz zur Untersuchung und Bewertung des Landschaftshaushaltes und Vorschläge für die Integration der Ergebnisse in landschaftsplanerische Prozesse.

tion zu erhalten. Darüber hinaus kann so durch Ersatz fossiler Brennstoffe auch der globale Kohlenstoffhaushalt der Atmosphäre entlastet werden

Ausblick

Die dargestellten hierarchischen Ansätze sollen die Untersuchung und Bewertung landschaftshaushaltlicher Faktoren auf verschiedenen Skalenebenen ermöglichen. Angestrebt wird dabei eine Minimierung von Stoffausträgen aus landwirtschaftlich genutzten Flächen, unter Berücksichtigung von Nachbarschaftswirkungen. Die Untersuchung des Landschaftshaushaltes anhand der Berechnung von Szenarien erlaubt eine Abschätzung der Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt in den verschiedenen Maßstabsebenen (Tab. 1). Auf Basis dieser Ergebnisse können Landnutzungsempfehlungen abgeleitet werden, die sich positiv auf den Umwelt-

und Ressourcenschutz auswirken. Hinsichtlich der Verminderung von Stoffausträgen aus landwirtschaftlichen Flächen – z.B. in Schutzgebieten – kann dies eine wichtige Argumentationsgrundlage für die Planungspraxis sein. Derzeit wird an einer skalenspezifischen Optimierung der Modellanwendungen und Methoden gearbeitet, die sowohl die Bewertung weiterer Landschaftsfunktionen (z.B. Naturschutz- und Erholungsfunktion) auf den verschiedenen Maßstabsebenen als auch die jeweilige Integration sozioökonomischer Komponenten erlaubt.

Literatur

- [1] Franko, U., B. Oelschlägel & S. Schenk (1995): Modellierung von Bodenprozessen in Agrarlandschaften zur Untersuchung der Auswirkungen möglicher Klimaveränderungen. Abschlußbericht zum BMFT-Projekt 01LK9106/2. – UFZ-Bericht 3/1995.
- [2] Franko, U., S. Schenk, D. Debevec, P. Petersohn & G. Schramm (1997): Einfluss von Standort und Bewirtschaftung auf

den N-Austrag aus Agrarökosystemen. – UFZ-Bericht 10/97.

[3] Glugla, G. & G. Fürtig (1997): Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogrammes ABIMO. Bundesanstalt für Gewässerkunde, 30 S.

[4] Kleeberg, H.-B. (1992): Regionalisierung in der Hydrologie. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Mitt. XI der Senatskommission für Wasserforschung.

[5] Krönert, R. (Ed., 1994): Analysis of Landscape Dynamics – Driving factors Related to different Scales. – EUROMAB, Comparisons of Landscape Pattern Dynamics in European Rural Areas, Vol. : 164 S.

[6] Rau, S. (1999): Der Einfluss von Gewässerrandstreifen auf Stoffflüsse in Landschaften. Einsatz eines mobilen Pen-Computers zur Kartierung im Einzugsgebiet der Parthe. Diplomarbeit (unveröffentl.), Universität Potsdam.

[7] Röder, M. (1998): Erfassung und Bewertung anthropogen bedingter Änderungen des Landschaftswasserhaushaltes – dargestellt an Beispielen aus der Westlausitz. Dissertation TU Dresden, 170 S.

[8] Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (SLfL Hrsg., 1996): Erosion 2D/3D. Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser. – Band 1 bis 3.

[9] Steinhardt, U. & M. Volk (2000): Von der Makropore zum Flusseinzugsgebiet – Hierarchische Ansätze zum Verständnis des landschaftlichen Wasser- und Stoffhaushaltes. – Petermann's Geographische Mitteilungen 2/2000: 80-91.

[10] Volk, M. (1999): Interactions between landscape balance and land use in the Dessau, region: An hierarchical approach. – In: Hlavinkova, P. & J. Munzar (Eds., 1999): Regional Prosperity and Sustainability. Proceedings of the 3rd Moravian Geographical Conference CONGEO'99: 201-209.

[11] Volk, M. & M. Bannholzer (1999): Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf den Gebietswasserhaushalt: Anwendungsmöglichkeiten des Modells »ABIMO« für regionale Szenarien. Geoökodynamik 20, 3: 193-210.

English Abstract

Impacts of land use changes – from the field to the region

Fluxes of water and material within and between landscapes (landscape balance) are influenced by land use changes on a range of spatial scales – from the field to the

region. Special attention should be paid to the investigation of the landscape water balance, because water-carried fluxes of matter and energy play an important role for the landscape balance. Modern landscapes are expected to combine different land uses and landscape functions. But numerous conflicts and environmental problems are arising from the different demands placed on the landscape, that influences our natural resources like water and soil caused by changed conditions of the water and material fluxes. Human intervention, through for example production-oriented agriculture, has impacts which may be felt well beyond the local area. This requires methods which allow the investigation of the impact of land use changes on the landscape balance for all these different spatial scales. An important out-come of those investigations should be the prevention of conflicts between agriculture, water management and soil, water and nature conservation, based on recommendations for land use variants with decreased pollutant loading within agricultural areas. This would be also useful for administrative and environmental agencies, because the integration of landscape ecological knowledge into landscape planning processes on the different spatial levels (community-, district-, regional level) is absolutely essential. Due to the objectives of a project, watersheds (e.g. for process-oriented environmental impact analysis) or administrative units (planning targets) can be used as units for investigations.

Such scale-specific approaches are developed by scientists from the Department of Soil Sciences and the Department of Applied Landscape Ecology of the Centre for Environmental Research. The methods enable the designation of potential risk areas with material and nutrient output on the regional scale (watersheds, district levels, etc.) as well as the derivation of quantitative and qualitative informations about fluxes of water and material on smaller scales (fields, subbasins, communities, etc.). The approaches are based on the combination of traditional methods of landscape analysis with modern GIS-coupled model applications. The methods can be used for the analysis of land use conflicts on different spatial scales, as well as planning and decision instruments for the improved designation of priority and conservation areas.