ZALF - Berichte 28 (1997), S. 62-69

# Aussageziele und Aussageschärfe bei der Modellierung ökologischer Prozesse im mittleren Maßstabsbereich

Rickmann Michel[1]

## 1 Einleitung

In der Kartierung und Beschreibung von Böden im mittleren Maßstabsbereich sind durch Prof. Schmidt und Dr. Thiere wegweisende Ergebnisse erzielt worden, worauf in anderen Beiträgen ausführlich eingegangen wurde. Das ist ein Anlaß, um die mikrochorische Maßstabsebene unter dem Gesichtspunkt zu betrachten, welche räumliche und inhaltliche Aussageschärfe notwendig und mit diesem räumlichen Bezugsmaßstab ereichbar ist, wenn ökologische Modellierungen bezogen auf unterschiedliche Aussageziele erfolgen sollen.

Die besondere Relevanz der durch die u.a. von Schmidt und Thiere betrachteten mittleren Maßstabsebene ergibt sich schon anschaulich aus folgenden Umständen:

- betrachtet man aus einer etwas erhöhten Perspektive eine naturräumlich reichhaltige Landschaft wie es z.B. die Uckermark ist (Abb.1), so stellt sie sich in erster Linie in mehr oder weniger größeren Komplexen dar, erst in zweiter Linie in kleineren (topischen) Arealen wie Kuppen, einzelnen Hängen etc., d.h., daß der Landschaftskomplex unser Bild bestimmt;

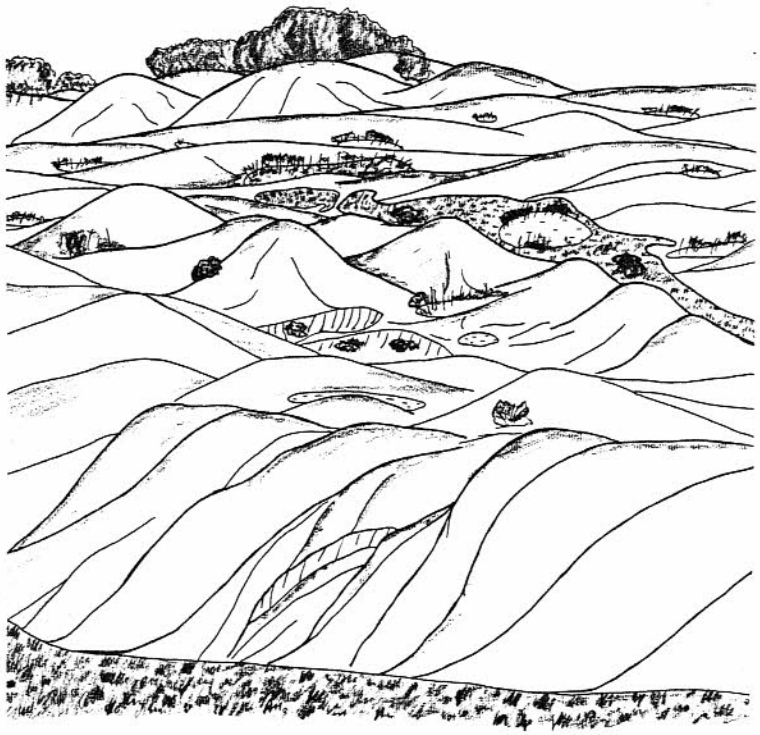


Abb.1 könnte eine Landschaft mit folgender Sequenz kleinerer, mikrochorischer Landschaftseinheiten darstellen: am unteren Bildrand geht ein Niedermoor in die Einheit 'Tieflehme und Lehme (dominierend Parabraunerden und Braunstaugleye) der Platten und Hügel, stark geneigt' über, an die sich ein Komplex mit einem hohen Anteil vermoorter Senken anschließt, auf diesen folgt eine flachwellige Platte, häufig mit einem hohen Anteil stauvernäßter Böden, links im Hintergrund schließt eine stärker geneigte, kuppige Platte mit Sanden und Tieflehmen ( Fahlerden , Braunerden) den Blick in einen typischen Ausschnitt der Uckermark ab,

*Abb. 1: Blick in eine uckermärkische Landschaft, räumlich in mehrere mikrochorische Einheiten gegliedert*

[1]Fachhochschule Eberswalde, Schicklerstraße 3, 16225 Eberswalde

- ebenso richtet sich die Frage ' was tun wir in dieser Landschaft, wie nutzen wir sie?' zunächst an größere Landschaftsareale, die wir als Ganzes bewerten müssen und nicht an das Areal 'Kuppe', 'Senke' usw.; das kommt auch darin zum Ausdruck, daß Nutzungsgrenzen häufig mit den Grenzen dieser komplexen Standorteinheiten übereinstimmen.

Auf der anderen Seite besteht bei Beibehaltung des Betrachtungsgegenstandes 'landschaftliche Einheit als Ganzes' die Notwendigkeit, in Abhängigkeit von der Aufgabe, für die der Strandort bewertet werden soll, zielbezogen einerseits eine unterschiedliche Anzahl von Parametern zu betrachten, andererseits bzgl. des einzelnen Parameters diesen mit einer unterschiedlichen Schärfe zu analysieren. Im allgemeinen wird die Erhöhung der Komplexität (mehr gleichzeitig zu berücksichtigende Parameter) nur unter Inkaufnahme eines Verlustes an Schärfe und Information bei der Kennzeichnung des Einzelparameters möglich sein.

An 3 Beispielen soll gezeigt werden, daß die Komplexität der Betrachtung eines Standortes und die Schärfe der Betrachtung ökologischer Bodenparameter bei der Bewertung mittelmaßstäbiger Bodeneinheiten sehr unterschiedlich sein können, wobei stets die Beibehaltung der mittleren Maßstabsebene sinnvoll, z.T. zwingend ist.

# 2 Beispiele für die geoökologische Bewertung mikrochorischer Landschaftseinheiten

## 2.1 Nutzungsorientierte, komplexe ökologische Bewertung der Landschaft

An dem Punkt, wo grundsätzlich bewertet wird, ob an einem Standort z.B. die ackerbauliche Nutzung sinnvoll ist und welche Umweltgefährdungen damit auf der anderen Seite evtl. verbunden sind, ist eine komplexe Bewertung mit einer möglichst vollständigen Berücksichtigung aller wichtigen, relevanten ökologischen Parameter gefordert. Der einzelne Parameter kann jedoch nur recht pauschal und grob berücksichtigt werden, d.h., mit nur einem charakteristischen Kennwert, z.B. dem Mittelwert. Dadurch kann z.B. die räumliche Heterogenität von Standorteigenschaften nicht deutlich abgebildet werden.
In der Tab. 1 sind einige Standorteinheiten der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) qualitativ bewertet worden in Bezug auf Parameter ihres Nutzungs- und Gefährdungspotentials.

Eine derartiges Vorgehen hat den Vorteil, daß, bei aller Unschärfe im Detail, relativ einfach eine komplexe Bewertung mit dem Ziel der Abwägung von Nutzungs- und Risikopotentialen stattfinden kann. Hierzu können die Standorte, abgeleitet aus Tab.1, in folgende Bewertungskategorien eingeteilt werden; diese Einteilung kann natürlich verfeinert werden:

- Standorte mit hohem Nutzungspotential (bzgl. Ackernutzung) und nur relativ geringen mit der Ackernutzung verbundenen Umweltgefährdungen: z.B. D5a2-05

Die Konseqenzen, die sich aus einer derartigen Bewertung der Standorte für Nutzungs- und Schutzaspekte ergben, sind von den durch die Gesellschaft gesetzten Prioritäten und Rahmenbedingungen abhängig.

An diesem Beispiel sollte deutlich werden, daß bei einer so grundsätzlichen Fragestellung nach Einordnung der Nutzungsmöglichkeit- und priorität der Standorte die Problematik nicht im Detail des einzelnen Parameters, sondern in der Zusammenfassungsmethodik der Parameter steckt.

## 2.2 Standörtliche und ökologische Kennzeichnung einzelner Landschaftseinheiten

Auf andere Weise müssen die Landschaftseinheiten dann bewertet werden, wenn weniger verschiedene Standorteinheiten wertend zu vergleichen sind, sondern die standörtlichen Beziehungen und Differenzierungen in einer Landschaftseinheit in den Vordergrund der Betrachtung rücken. Das ist der Fall, wenn z.B. bei der Schlaggliederung, der Festlegung der Bewirtschaftungsgrundsätze oder der Fruchtfolge Probleme des Erosionsschutzes, der Stoffaustragsgefährdung, der Venässungsgefährdung und dgl. berücksichtigt werden müssen.

Dazu muß die innere Struktur der Standorte mit in Betracht gezogen werden. Diese innere Struktur ist jedoch in hohem Maß an den Typ der Landschaftseinheit gebunden und wird in entsprechenden Kartierungen (z.B. MMK) erfaßt. Somit stellt der chorische Maßstab auch hier die geeignete Ebene dar, das Prozeßgeschehen in der Landschaft und ihre innere Differenziertheit zu charakterisieren und bei Planungen zu berücksichtigen.

Abb. 2 zeigt die Verteilung von Flächen unterschiedlicher Nitrataustragsgefährdung an MMK-Einheiten, wobei als typische Kennzeichnung der Standorte sowohl die dominierenden, mittleren Verhältnisse als auch die inneren Differenzierungen deutlich werden. Beides hat Konsequenzen für den Umgang mit den Flächen.

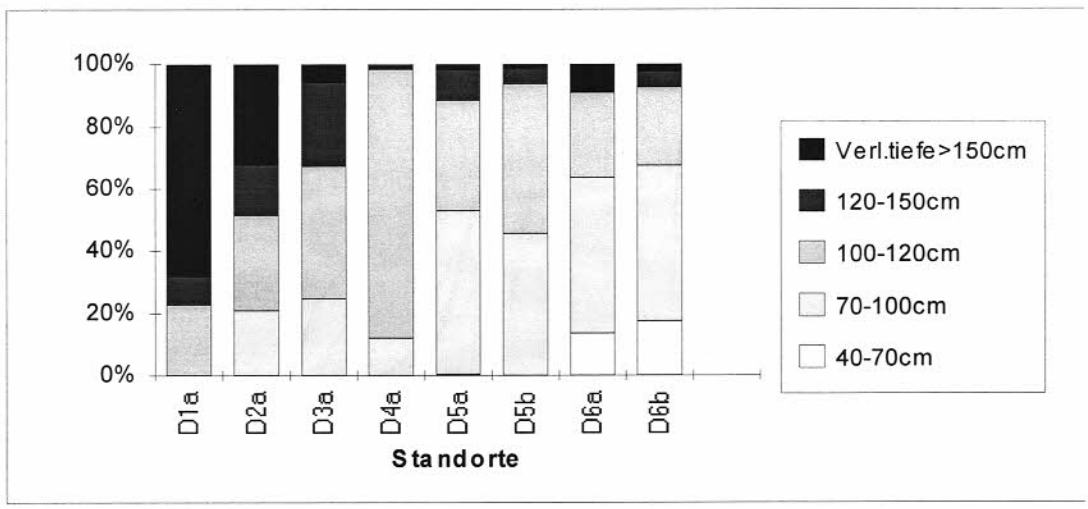



*Abb. 2: Anteil von Böden unterschiedlicher Nitratverlagerungstiefe im Winterhalbjahr an Standorteinheiten der MMK (von armen Sandstandoten=D1a bis zu Lehmstandorten=D6a,b)*

- Standorte mit hohem Nutzungspotential (bzgl. Ackernutzung), jedoch deutlichen mit der Ackernutzung verbundenen Umweltgefährdungen: z.B. D5a1-11
- Standorte mit geringem Nutzungspotential (bzgl. Ackernutzung), aber nur relativ geringen mit der Ackernutzung verbundenen Umweltgefährdungen: keine (am ehesten D1a1-03)
- Standorte mit geringem Nutzungspotential (bzgl. Ackernutzung), jedoch deutlichen mit der Ackernutzung verbundenen Umweltgefährdungen: z.B. D3a2-07.

Zwischen den vorgenannten vier Eckpunkten liegen in unterschiedlichen Abstufungen die anderen in Tab.1 aufgeführten Standorte.

*Tab. 1: Charakteristische Ausprägung von Parametern des Nutzungspotentials (bzgl. Ackernutzung) und des Gefährdungspotentials für mikrochorische Standorteinheiten der südöstlichen Uckermark*

| Standorte | | Parameter des Nutzungspotentials (Acker) | | | Parameter des Gefährdungspotential | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kurzbezeichnung | Symbol | Wasser- und Nährstoff-versorgung der Pflanzen | räumliche Einheitlichkeit der Standortver-hältnisse * | Erhöhung Versicke-rungspoten-tials im Vgl. m. Grünland o. Wald | Stoffein-trags-gefährdun g in das Grundwas-ser | Erosions-gefähr-dung |
| arme Sande, flach geneigt | D1a1-03 | **1** | **3** | **1** | **2+** | **1** |
| Sande mit Tieflehmen, mäßig bis stark geneigt | D2a2-09 | **2-** | **1+** | **1** | **3** | **2** |
| Sande mit Tieflehmen, flach bis mäßig geneigt | D2a2-05 | **1** | **3** | **1** | **3** | **1+** |
| Sande und Tieflehme, flach bis stark geneigt | D3a2-07 | **1** | **2** | **1** | **3+** | **2** |
| Sande und Tieflehme, flach geneigt | D3a1-03 | **2** | **3** | **1** | **3** | **1** |
| Tieflehme, flach bis mäßig geneigt | D4a2-05 | **3** | **2+** | **2** | **1** | **2** |
| Lehme und Tieflehme mit vernäßten Senken, stark geneigt | D5a2-11 | **2+** | **1** | **3** | **1** | **3** |
| Lehme und Tieflehme, stark geneigt | D5a1-11 | **3-** | **1+** | **2** | **2** | **3** |
| Lehm und Tieflehm, schwach staunaß | D5a2-05 | **3** | **3-** | **3** | **1** | **2** |
| Lehm und Tiflehm, stau-und grundnaß | D5b6-03 | **2+** | **2** | **2** | **2-** | **1** |
| Tieflehm, wenig staunaß | D5b1-05 | **3** | **1+** | **2-** | **2** | **1+** |
| Lehme mit z.T.venäßten Hohlformen | D6a1-03 | **3** | **2+** | **2** | **2-** | **1+** |
| Lehme mit z.T vernäßten Hohlformen, flach bis stark geneigt | D6a1-07 | **3** | **2** | **2** | **2-** | **2** |

* ... bzgl. Boden, Relief, Wasserhaushalt

Ausprägung des Parameters

| | |
|---|---|
| **1** | gering |
| **2** | mittel |
| **3** | hoch |

+ , - .... mit Tendenz nach oben bzw. unten

## 2.3 Räumliche statistische Verteilung von ökologischen Bodenparametern in der Landschaft und ihre Berücksichtigung in der Bewertung ökologischer Prozesse

In den oben erläuterten Beispielen wurde darauf eingegangen, daß die mittlere Maßstabsebene (verkörpert durch die MMK- Einheit) sowohl das typisch-prägende einer Landschaftseinheit als, genauso immanent, ihre innere Struktur, ihre innere Differenziertheit erfaßt und entsprechend auf verschiedene Ziele der ökologischen Landschaftsbewertung gerichtete Aussagen zuläßt. Im letzten Beispiel soll gezeigt werden, daß der Bezug auf mikrochorische Einheiten auch folgerichtig und sinnvoll ist, wenn Aussagen zu erbringen sind, bei denen allgemein Kartierungen und Modellierungen im topischen Maßstab erst die geforderte Genauigkeit erreichbar erscheinen lassen.
Abb. 3 zeigt die den typischen Werteverlauf bodenphysikalischer Parameter in einer Catena der MMK- Standorteinheit 'Sickerwasserbestimmte Tieflehme und Sande, Flach- Catenen der mäßig übersandeten Grundmoränen' (D3a(s/lF)P).

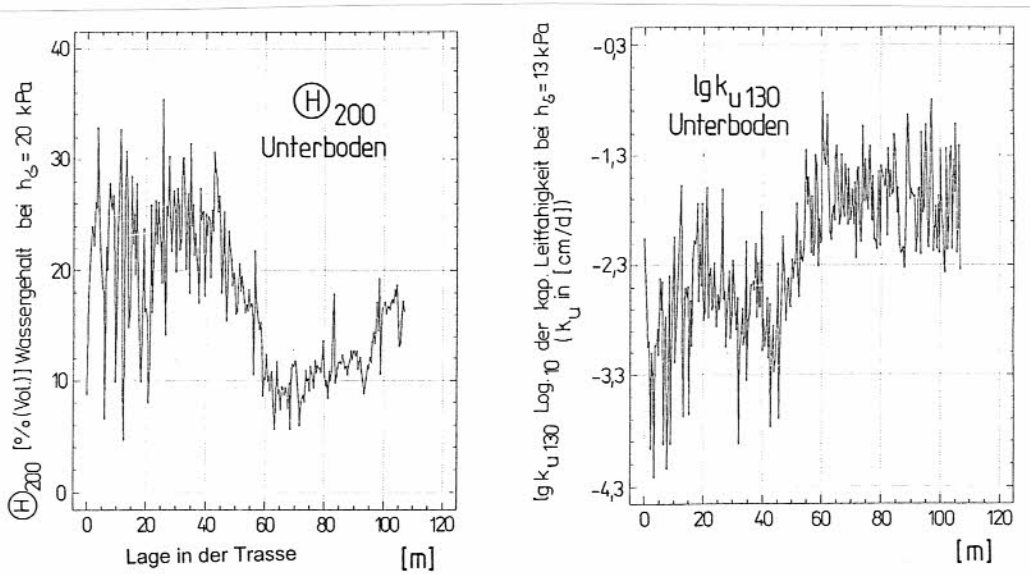



*Abb.3: Beispiele für Verlauf bodenphysikalischer Parameter entlang einer Catena (Standort s.Text, Kuppe links bei 0 m, Senke rechts bei 120 m)*

Aussagen zur Verteilung der Parameter im Untersuchungsgebiet wären über eine topische Katierung möglich, jedoch erlaubt ein Ansatz, der die Gesetzmäßigkeiten der Parameterverteilung in der Gesamtcatena kennzeichnet, es wesentlich besser, die wirkliche Struktur des Gebietes zu beschreiben. Das ist nur möglich bei Betrachtung der Catena als Ganzes, also unter Beibehaltung der Mikrochore als zu beschreibende räumliche Einheit.
Zu diesem Zweck erbringt die geostatistische Analyse der Parameterverläufe Aussagen zu den statistischen Komponenten, die die Parameterverteilung kennzeichnen (systematisch determinierte, systematisch korrelierte und zufällige Anteile). Damit ist die Verteilung der erhobenen Parameter im Gebiet statistisch voll beschrieben ist. Abb. 4 zeigt die Anteile der genannten Komponenten am untersuchten Gebiet für einige Parameter.

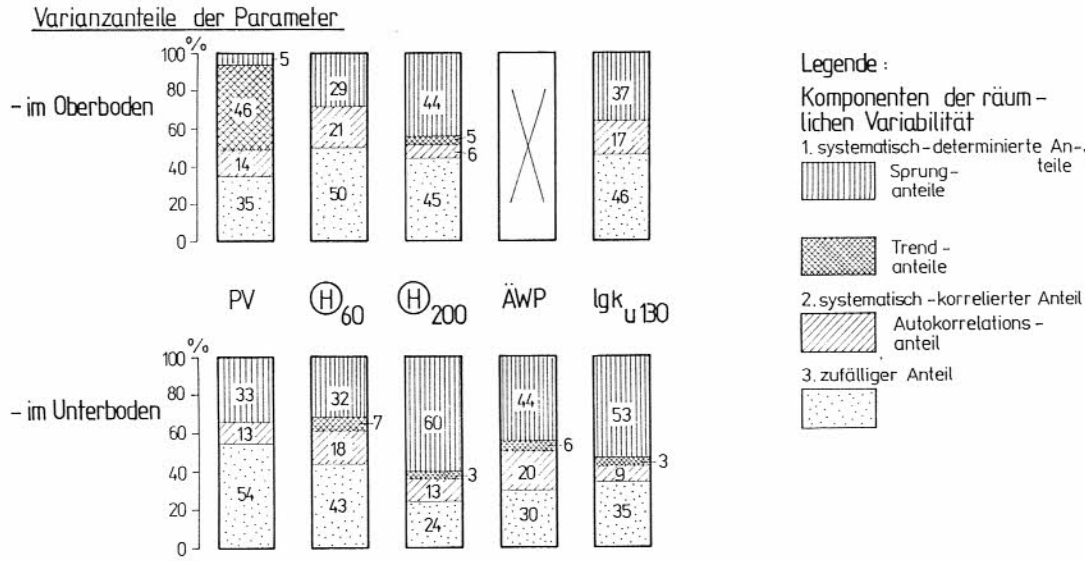



*Abb 4.: Prozentualer Anteil der verschiedenen Komponenten der räumlichen Variabilität bodenhydrologischer Parameter an deren Gesamtvarianz (Standort wie Abb. 3)*

Dabei darf nicht verschwiegen werden, daß der Bezug auf den konkreten Untersuchungspunkt oder das topische Areal verlorengeht. Der Vorteil liegt im Zugewinn an Informationskraft über die Struktur der Landschaft und in der Möglichkeit, einmal gewonnene Kenntnisse auf weitere, landschaftlich vergleichbare Gebiete zu übertragen.

Voraussetzung zur Modellierung ökologischer Prozesse unter Berücksichtigung der statistischen Verteilung von Parametern ist die Bildung eines Parametermodells, das alle im Prozeßmodell relevanten Parameter einschließlich der zwischen ihnen vorhandenen Korrelationen berücksichtigt (Abb. 5). Dabei steigt die Komplexität und Kompliziertheit mit der Menge der Parameter stark an, so daß diesem Ansatz praktische Grenzen gesetzt sind.

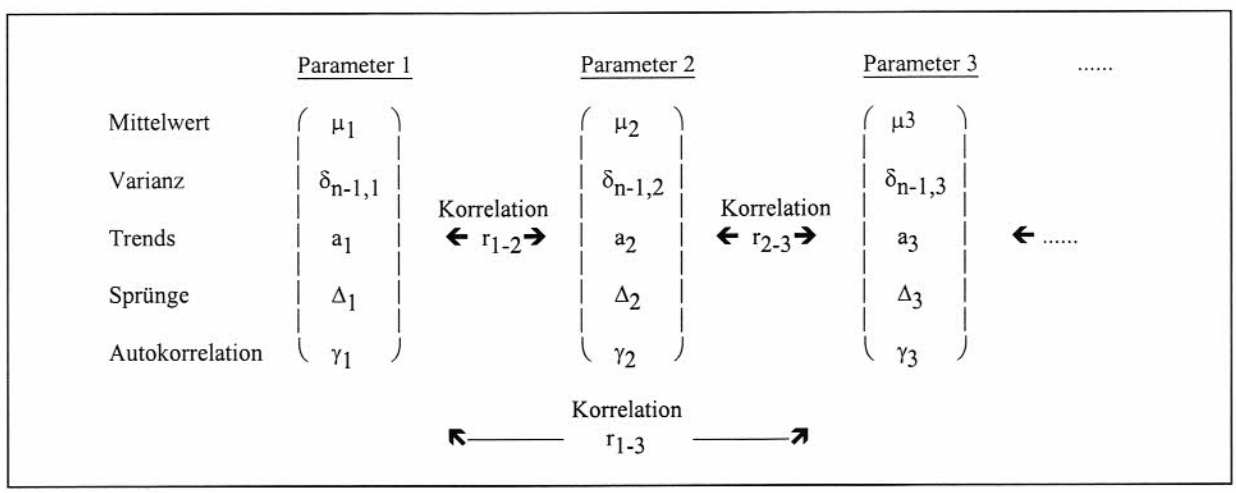
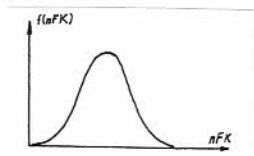
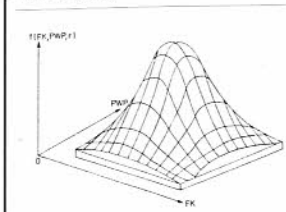



*Abb.5: Modellansatz zur Kennzeichnung der räumlichen Verteilung von Bodenparametern in einer mikrochorischen Landschaftseinheit*

Tab. 2 zeigt stark vereinfacht für einen, zwei und mehr Parameter, in welcher Weise die statistische Verteilung der Parameter im Gelände in der Prozeßmodellierung ihren Ausdruck findet. Im Ergebnis dieser Modellierung werden aus der Kenntnis der statistischen Verteilung von Bodenparametern und der notwendigen Randbedingungen die Modellergebnisse (z.B. Wassergehalt zu verschiedenen Zeitpunkten, Stoffverlagerungstiefe, Grundwasserneubildung) ebenfalls einschließlich in ihrer statistischen Verteilung im Gebiet berechnet.

*Tab. 2: Modellierung ökologischer Parameter und Prozesse auf der Grundlage der Kenntnis der räumlichen Verteiung von Bodenparametern für mikrochorische Landschaftseinheiten*

| **Anzahl der Bodenparameter** | **1** | **2** | **3 usw.** |
|---|---|---|---|
| **wesentlicher Ansatz zur Beschreibung der räumlichen Verteilung der Bodenparameter** | Dichtefunktion des Parameters   | zweidimensionale Dichtefkt. d. Parameter einschließlich Korrelation   | drei- und mehrdimensionale Dichtefunktionen;<br><br>modellierbar über Verfahren der Monte-Carlo-Simulations-methoden |
| **Beispiele** | räumliche Verteilung der Nitratverlagerungsgefährdung, Grundwasserneubildung nach RENGER et al., (1991) | Aussagen zur räumlichen Verteilung der Wasserversorgung von Pflanzen/ Versickerung<br><br>auf der Basis einfacher Modelle des Bodenwasserhaushaltes MICHEL (1990) | Stoffeintragsgefährdung bei aquatischen Systemen (z.B. Grundwasser)<br><br>auf der Basis komplexer Modelle von Wasser- und Stofftransport im Boden (z.B. auf Basis von Richards- und Dispers.-Diffusions-Gleichung) |
| **Bodenparameter (statistisch verteilt)** | nFK | FK und PWP oder FK und $\lambda$ | Skalierungsfaktoren der $k(\Theta)$ und $h\psi(\Theta)$ Funktion usw. |
| **Randbedingungen** | mittlere jährl. Verdunstung (pot.) und Niederschlag, Hauptnutzungsart | zeitlicher Verlauf von Niederschlag und pot. Verdunstung, Pflanzenbestand | zeitlicher Verlauf von Niederschlag, pot. Verdunstung, Stoffeintrag, Pflanzenbestand |

## 3 Schluß

In der ökologischen, bodenbezogenen Bewertung der Landschaft erfordert jede Fragestellung den Bezug auf eine geeignete räumliche Maßstabsebene. Es wurde hier versucht darzustellen, in welcher Weise der mittlere (hier mikrochorische) Maßstab für die Bewertung unterschiedlicher ökologischer Probleme effektiv genutzt werden kann. Es kann davon ausgegangen werden, daß die mittlere Maßstabsebene die Komplexität der Landschaft sehr gut erfaßt und geeignet ist, sowohl für sehr allge-

meine, komplexe Bewertungen , aber auch für ökologische Fragestellungen, die eine sehr detaillierte Berücksichtigung der inneren Struktur der Landschaft erfodern, den geeigneten Raumbezug darzustellen.

Durch das mit der MMK flächendeckende Vorliegen einer auf Mikrochoren gerichteten bodenkundlichen Kartenebene der landwirtschaftlichen Flächen der neuen Bundesländer ist die breite Anwendbarkeit dieser Maßstabsebene in der Bewertung der Landschaft auch vor dem Hintergrund der Vorteile in der räumlichen Übertragbarkeit von Bewertungsergebnissen zu sehen.

## 4 Literaturverzeichnis

**RENGER, M. et al.(1989)**: Modell zur Ermittlung und Bewertung von Wasserhaushalt, Stoffdynamik und Schadstoffbelastung in Abhängigkeit von Klima, Bodeneigenschaften und Nutzung. - FZ Jülich GmbH, Projektträger BEO

**MICHEL, R.J.(1990)**: Zur stochastischen Modellierung der räumlichen Verteilung der Bodenfeuchte.- Arch. Acker- und Pflanzenbau Bodenkd., Berlin 34, S. 513-521