

# Zerlegen, verschneiden, verbessern

## WIE DISAGGREGIERUNGSMODELLE BESSER AUFGELOSTE EINGANGS-DATEN FÜR SIMULATIONSMODELLE LIEFERN

Da Prozesse in Landschaften – wie etwa der Transport von Wasser und Stoffen im Boden – nicht sichtbar sind, gibt es eine Vielzahl von Simulationsmodellen, die mit Hilfe von Bodendaten diese Prozesse simulieren. Bei einer mageren Datengrundlage tun sich aber auch die besten Simulationsmodelle schwer, realistische Aussagen zu treffen. Mitarbeiter des Geografischen Instituts haben einen Weg gefunden, die vorhandenen Daten miteinander zu kombinieren und zu verbessern: Disaggregation heißt das Zauberwort.

Im Bereich der Prozessmodellierung in Landschaften existiert eine kaum mehr überblickbare Fülle von verschiedensten Simulationsmodellen.

Bereits im Jahr 1994 wurden im Katalog des International Groundwater Modelling Center (IGWMC, 1994) allein 159 Modelle zur Simulation von Wasser- und Stofftransporten im Boden genannt.

Auf den ersten Blick scheint die Problematik für den Anwender in der Modellauswahl beziehungsweise in der Überprüfung der verwendeten Modellalgorithmen zu bestehen. Dies ist aber in der Praxis nicht der Fall.

Es gibt mittlerweile eine Vielzahl von Modellen, die über einen sehr hohen Entwicklungsstand verfügen und sich in der Anwendung bewährt haben.

Das Problem liegt viel mehr in der mangelnden Verfügbarkeit beziehungsweise der ungenügenden Auflösung der Modelleingangsdaten. Dies hat zur Folge, dass hochkomplexe Simulationen auf eine unzulängliche Datenstruktur aufgesetzt werden und dem Empfänger eine Sicherheit der Modellaussage vortäuschen, die nicht existiert.

WENKEL UND SCHULZ räumten bereits 1998 ein, dass eine »starke Diskrepanz zwischen der gewünschten inhaltlichen, räumlichen und zeitlichen Modellauflösung und den zur Verfügung stehenden Daten« besteht.

Für die Ableitung und Simulation landschaftshaushaltlicher Größen auf der mittleren Maßstabsebene ist die Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:50.000 (BÜK50) von besonderer Bedeutung, da sie für weite Teile der Bundesrepublik und einige andere Länder (digital) zur Verfügung steht und aufgrund des Fehlens höher aufgelöster Bodenkarten auch längerfristig als Eingangsdatengrundlage für die Modellierung dienen wird. Aufgrund der schon starken Generalisierung dieser Bodeneinheiten können relief- oder substratbedingte Unterschiede der Bodendaten nicht berücksichtigt werden.

Diese Datengrundlage ist also ziemlich unscharf, zumal fehlende Angaben zu Spanneiten und Auftretenswahrscheinlichkeiten der Bodendaten (unbekannte Heterogenität dieser »Basisdaten«) eine Fehlerabschätzung für modellierte Größen (»Kennwerte«) unmöglich machen.

Die hier angeführten Probleme machen deutlich, dass die Entwicklung GIS-gestützter Disaggregierungsverfahren (Algorithmen zur Übertragung mittlerer in große Maßstäbe) unumgänglich ist.

### Aufbau eines Disaggregierungsmodells

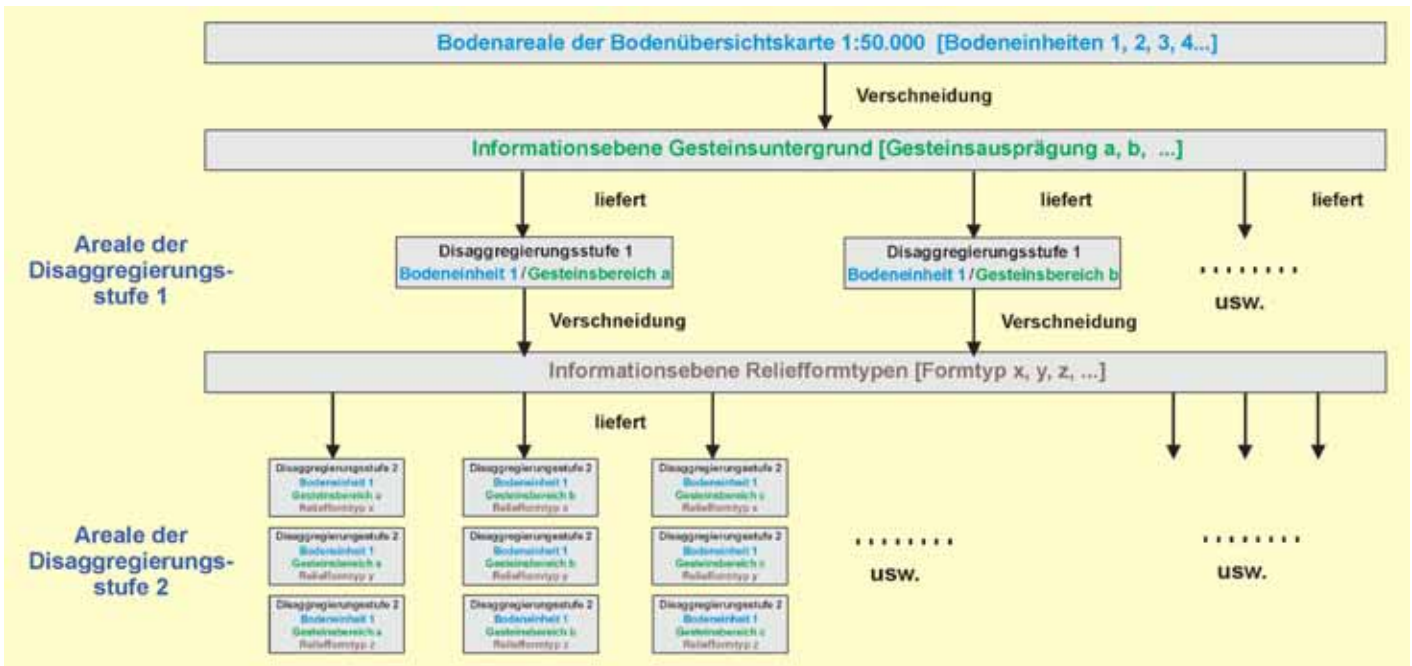
Ein Disaggregierungsmodell »zerlegt« größere Areale – hier Bodeneinheiten – durch Berücksichtigung von Substrat- und Reliefunterschieden in kleinere Areale mit geringerer Heterogenität der Eigenschaften.

Die Bodeneinheiten der Bodenübersichtskarte (BÜK50) werden GIS-gestützt mit der Informationsschicht Gesteinsuntergrund (Geologie) verschneiden. Hierbei entstehen in der ersten Disaggregierungsstufe (DISAG 1) kleinste gemeinsame Faktorkombinationen aus den Informationsschichten Boden und Gestein.

Auf der Grundlage eines hoch aufgelösten Datensatzes (»reale«, bekannte Verteilung auf Basis der Bodenschätzung, Maßstab etwa 1:5.000) werden diese Faktorkombinationen mit neuen Bodeninformationen hinterlegt.

In einem zweiten Schritt [Disaggregierungsstufe 2] werden Reliefinformationen wie etwa: Bergkuppe, Hanglage oder Tiefenlinie in die DISAG 1 integriert, um die Heterogenität der Verschneidungsflächen weiter zu minimieren (siehe hierzu Abbildung 1).

Für jede Verschneidungseinheit wird anhand von Histogrammverläufen die Ursprungsheterogenität (Kartiereinheiten der BÜK50) mit der nun vorliegenden Heterogenität (DISAG-Stufe 1/2) an-



hand eigens entwickelter Homogenitätsindizes verglichen.

Dies geschieht sowohl für die bodenkundlichen Basisdaten wie etwa Korngrößenzusammensetzung, Humusgehalt, Skelettgehalt oder Gründigkeit, als auch für abgeleitete, ökologische Größen wie Erosionsabträge oder Grundwasserneubildung.

Gleiches gilt für Einzelfaktoren wie zum Beispiel den K-Faktor als ein Maß für die Erosionsanfälligkeit des Bodens, die in diese modellierten Größen einfließen.

Die Merkmalsunterschiede werden durch statistische Testverfahren (zum Beispiel Mann-Whitney U-Test) untermauert.

**Beispiel für einen optimierten Modelleingangsparameter**

Wie stark lassen sich durch Disaggregierungsmodelle die Merkmalsvarianzen reduzieren? Dies wird am Beispiel des für die Erosions- und Transportmodellierung wichtigen Modellparameters K gezeigt. Der K-Faktor ist das international gebräuchliche Maß für die Erosionsanfälligkeit des Bodens.

Abbildung 2 zeigt den ermittelten K-Faktor für eine Bodeneinheit der BÜK50 (Braunerde auf Silikatstein) sowie die »reale« Verteilung der K-Faktoren innerhalb dieses BodenaREALs, welche anhand der Bodenschätzungsdaten berechnet wurde.

Die Abbildungen 2b und 2c präsentieren die optimierte räumliche Modellierung in den einzelnen Disaggregierungsstufen. Diese zeigen deutlich, dass die Merkmalsvarianz der K-Faktoren durch die Anwendung eines Disaggregierungsmodells sehr viel differenzierter wiedergegeben werden kann.

Wie lassen sich die erzielten Reduzierungen der Merkmalsvarianz in Zahlen ausdrücken?

Für die vorgestellte Bodeneinheit der Bodenübersichtskarte werden nur auf 14% der Fläche korrekte K-Faktoren ausgewiesen (K-Faktor der Bodenübersichtskarte stimmt mit realem K-Faktor überein).

In der Disaggregierungsstufe 1 liegen auf 52% und in der Disaggregierungsstufe 2 auf 67% der Fläche identische K-Faktoren vor, das heißt die Fläche korrekter K-Faktoren konnte durch die Anwendung der ersten Modellstufe um das

3,7-fache und in der zweiten Stufe um das 4,8-fache gesteigert werden.

Karte 1 zeigt einen etwa 5,5 x 5,5 km großen Ausschnitt aus einem Untersuchungsgebiet (11,5 x 11,5 km) im Niedersächsischen Berg- und Hügelland.

In den Teilkarten 1.1 bis 1.4 werden die berechneten K-Faktoren für die einzelnen Datengrundlagen visualisiert. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden für alle Datengrundlagen die Grenzverläufe der Kartiereinheiten der BÜK50 visualisiert.

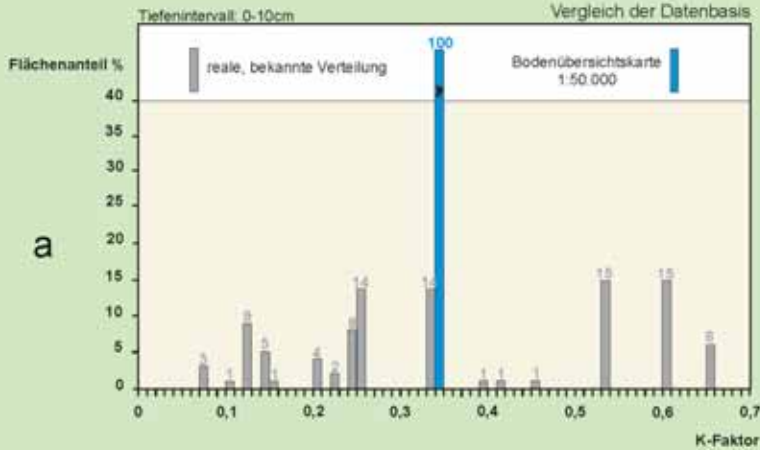
Die Teilkarte 1.1 zeigt die Ausprägungen des K-Faktors für die BÜK50. Karte 1.4 zeigt die »Realität«, das heißt die berechneten Modellparameter für die höchste zur Verfügung stehende Auflösung der Bodendaten.

Der Generalisierungsgrad der Maßstabsebene 1:50.000 gegenüber der realen Verteilung wird vor allem im Westteil der Karte deutlich.

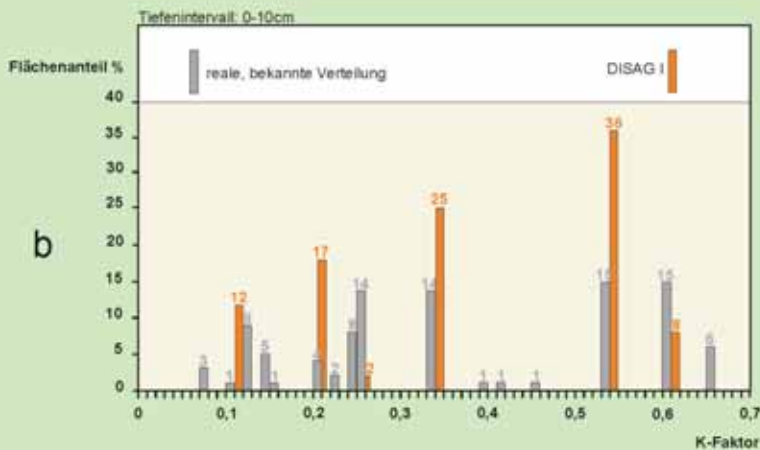
Abbildung 1  
Aufbau des Disaggregierungsmodells

### Erosionsanfälligkeit des Bodens (K-Faktor) für eine ausgewählte Bodeneinheit

Vergleich: Bodenübersichtskarte - Realität



Vergleich: Modellierte Verteilung nach Disaggregierungsstufe 1



Vergleich: Modellierte Verteilung nach Disaggregierungsstufe 2

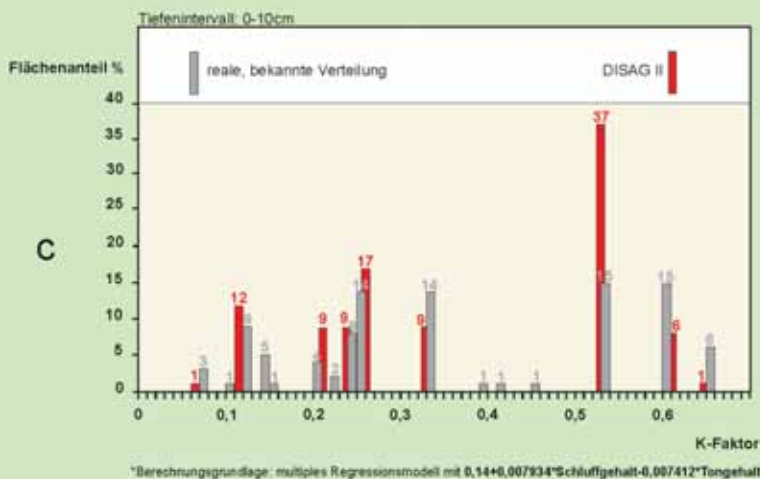


Abbildung 2  
a-c:  
Vergleich der Histogrammverläufe für die Erosionsanfälligkeit des Bodens in einer ausgewählten Bodeneinheit

Die Teilkarten 1.2 und 1.3 zeigen die Ausprägungen nach Anwendung des Disaggregierungsansatzes.

Der gesamte Westteil des Ausschnittes wird zunehmend differenzierter dargestellt und nähert sich den berechneten Werten der realen Verteilung an. Zudem wird an dieser Stelle deutlich, dass nicht alle Bereiche der BÜK50 als heterogen zu bezeichnen sind. Im südwestlichen Teil des Kartenblattes ist das Ausgangssubstrat für die Bodenbildung von Lössen, einem sehr homogenen äolischen Sediment, geprägt.

Was bedeutet dies in Zahlen für das Gesamtblatt?

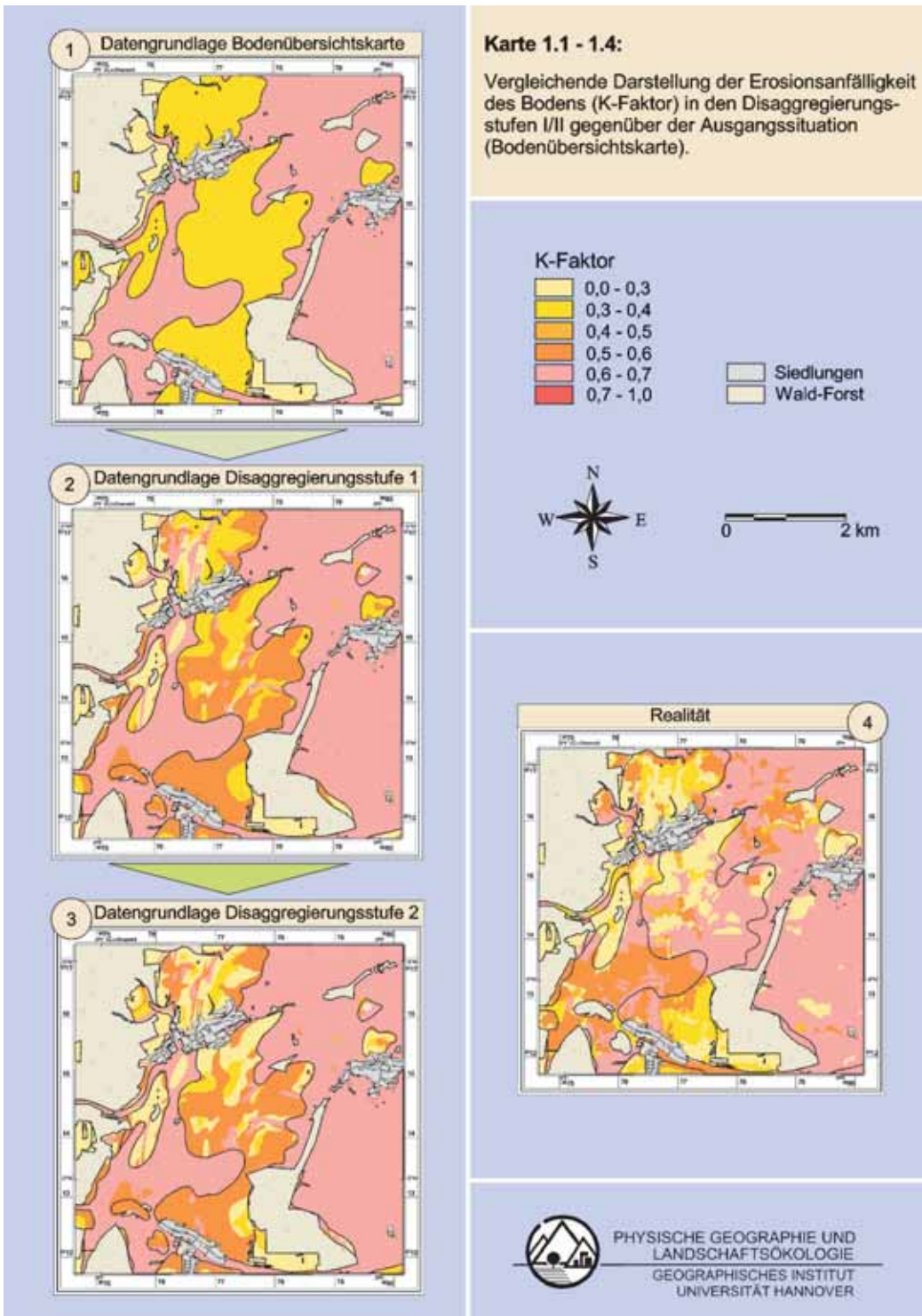
Die K-Faktoren der Bodenübersichtskarte weichen im Mittel um 40% von der Realität ab. Diese Abweichung wird durch Anwendung des Disaggregierungsmodells auf 27% reduziert. In den heterogenen (lössfreien) Bereichen ist die Fehlerreduktion mit 20% natürlich viel größer als in den homogenen (löss geprägten) Bereichen (circa 3%).

Im Rahmen der Erosionsmodellierung kann also mit Hilfe eines solchen Disaggregierungsmodells der Fehler durch den K-Faktor um fast die Hälfte reduziert werden.

#### Ausblick

Die Nachfrage nach Bodeninformationen als Planungs- oder Entscheidungshilfe steigt (BÖHNER & KÖTHE, 2003).

Gründe dafür sind neue Umweltauflagen wie das Bundesbodenschutzgesetz und die Entwicklung computergestützter Bewirtschaftungstechnologien wie Precision Farming. Disaggregierungsansätze versetzen den Modellanwender in die Lage, einen großen Beitrag zu mehr Planungssicherheit zu leisten. Räumlich höher aufgelöste Eingangsdaten verringern den Fehlerbereich räumlich differenzierter Simulationen von Wasser- und Stoffhaushaltsprozessen erheblich.



**Diplom-Geograf Uwe Meer**  
Jahrgang 1967, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geographischen Institut, Abteilung Physische Geografie und Landschaftsökologie.



**Prof. Dr. Thomas Mosimann**  
Jahrgang 1951, ist Leiter der Abteilung Physische Geografie und Landschaftsökologie.

Es wird in Zukunft möglich sein, bodenkundliche Standardwerke wie etwa die BÜK50 mit Angaben zur Varianz der bodenkundlichen Basisdaten auszustatten und somit die Abschätzung eines Fehlers für modellierte Größen zu ermöglichen.

Somit wäre der Anwender auch bei einer niedrigen Auflösung der Bodendaten in der Lage, eine hinreichend genaue Abschätzung von Modellgrößen zu liefern.

#### Literatur

- BÖHNER & KÖTHE (2003): Bodenregionalisierung und Prozessmodellierung: Instrumente für den Bodenschutz. In Petermanns Geographische Mitteilungen 2003/3, S. 72-82
- INTERNATIONAL GROUNDWATER MODELLING CENTER (IGWMC) (1994): Ground-Water-Software Catalog Fall 1994. Colorado School of Mines, Golden, USA