

# **Eine Methode zur quantitativen Beschreibung von Mikrorelief und Rauigkeit der Bodenoberfläche als Komponente des Raumwiderstandes für epigäische Tiere**

VOLKMAR KUSCHKA; FRIEDER TONN

## **Abstract**

KUSCHKA, V. et TONN, F.: A Method for the quantitative Description of the Microrelief and Roughness of Soil Surface as a Part of the Spatial Resistance against epigaeic Animals. - Hercynia N.F. **30** (1997): 303-319.

The spatial resistance is defined as the environmental resistance which counteracts against the locomotional activity of animals in their habitat. Roughness and microrelief of the soil surface demands an additional energetical expense from epigaeic animals forcing them to walk a roundabout way compared to the linear distance between two points (partial relative detour  $q_p$ ). In the procedure introduced for the measurement of partial relative detour on soil surface, black and white photographs of soil surface profiles are converted into two-dimensional graphs and analyzed by geostatistical methods. Here the step-width of the animal is used as a scale for the measurement of the partial relative detour on the profile graph. Using geostatistical simulation, more profiles with the same statistical attributes could be generated from the original profile graphs, which reduces the expense of sample-taking. It is demonstrated that these simulated profiles are suitable for the measurement of the partial relative detour of certain animals.

**Keywords:** spatial resistance; epigaeic animals; soil surface roughness and microrelief; geostatistical analysis and simulation

## **1. Einführung:**

### **1.1. Problemstellung**

Die Existenz von Populationen mobiler Tiere hängt wesentlich davon ab, ob deren Individuen mit einem physiologisch vertretbaren Energieaufwand bestimmte Räume durchqueren können. Als Auslöser der dazu erforderlichen Lokomotion sind vor allem die Nahrungssuche, das Aufsuchen von Verstecken und das Auffinden des Geschlechtspartners von existentieller Bedeutung. So ist es z.B. für aktiv jagende und sammelnde Tiere lebenswichtig, in einer vorgegebenen Zeiteinheit eine bestimmte Fläche zu überstreichen, um ausreichend Nahrungsobjekte aufzufinden. Auf diesen Sachverhalt und die Tatsache, daß die Raumstruktur der Lokomotion von Tieren einen Widerstand entgegensetzt, wies bereits HEYDEMANN (1956) hin, der den Begriff des „**Raumwiderstandes**“ prägte: „... der Umweltwiderstand, der der Aktivität der Tierwelt in den verschiedenen Schichten der Lebensräume hemmend entgegenwirkt und von der Struktur des gedachten Quer- oder Längsschnittes der geologischen und floristischen Aufbauelemente eines Biotops verursacht wird.“ (S. 332).

Diese Definition muß etwas geschärft werden, um zu einem quantifizierbaren Begriff zu kommen: **Der Raumwiderstand ist der Umweltwiderstand, der der lokomotorischen Aktivität von Tieren in ihrem Lebensraum entgegenwirkt.** Er verlangt den Tieren einen **energetischen Mehraufwand** für die Lokomotion ab. Darin liegt seine biologische Bedeutung, denn auf diese Weise wird die lokomotorische Leistung eines Tieres begrenzt. Überschreitet der Lokomotionsbedarf einer Tierart dieses Limit, dann kann der betreffende Lebensraum nicht von der Art besiedelt werden (WEISS et MURPHY 1988).

Abundanz und Aktivitätsdichte sind wesentliche Parameter von Tierpopulationen. Letztere ist besonders geeignet, die produktionsökologische Bedeutung lokomotorisch aktiver Semaphoronten einzuschätzen (HEYDEMANN 1958, SCHAEFER 1972). Sie wird mittels automatischer Fangmethoden, z.B. Bodenfallen, gemessen. Da die Aktivitätsdichte aus der Abundanz und der lokomotorischen Aktivität der Tiere resultiert, wird sie im besonderen Maße vom Raumwiderstand beeinflusst. Es ist daher für die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse automatischer Fangmethoden von großem Interesse, den Raumwiderstand quantifizieren zu können.

## 1.2. Ableitung einer quantifizierbaren Größe

Zur Quantifizierung des **energetischen Mehraufwandes** für die Lokomotion, als entscheidende Auswirkung des Raumwiderstandes, muß ein Bezugszustand definiert werden. Im Bezugszustand sei der Raumwiderstand gleich Null. Dabei ist die Fortbewegungsweise des untersuchten Tieres zu beachten. Für Läufer soll der Bezugszustand als „**ideale Laufebene**“ bezeichnet werden. Diese „ideale Laufebene“ sei orthogonal zu den Erdschwerkraftlinien aufgespannt und biete optimale Beinhaftung für die Tiere; Luftwiderstand und Reibung seien gleich Null. Ein energetischer Mehraufwand gegenüber dem Lauf auf der „idealen Laufebene“ kann einerseits durch physikalische Abweichungen vom Bezugszustand und andererseits durch raumstrukturell bedingte Hinderniseffekte entstehen. Die physikalischen Faktoren sollen nicht näher betrachtet werden. Luftwiderstand und Reibung können wahrscheinlich zumindest bei kleineren epigäischen Tieren vernachlässigt werden. Auf eine Betrachtung des Mehraufwandes, der dem Tier durch Einsinken im Untergrund oder durch Wegrollen von Bodenteilen entsteht, muß in der vorliegenden Untersuchung ebenfalls verzichtet werden. Von gewisser Bedeutung ist sicher der Mehraufwand durch feste Strukturelemente, die vom Tier beiseite geschoben werden können. Zur Messung dieser Komponente des Raumwiderstandes fehlen noch methodische Ansätze.

Die Bodenoberfläche verlangt laufenden Tieren im wesentlichen in zweifacher Hinsicht einen energetischen Mehraufwand ab: Strukturen (Unebenheiten) wirken als Hindernisse auf das laufende Tier, wenn sie dieses bei der Überwindung einer Distanz zu einem Umweg zwingen. Dieser Umwegeffekt kann auch als „Raumwiderstand im engeren Sinne“ entsprechend der Definition von HEYDEMANN (1956) betrachtet werden. Wird das laufende Tier vertikal ausgelenkt, dann kommt die Hubarbeit hinzu. Wie Modellrechnungen zeigen, trägt diese aber erst bei Tieren mit einer Körpermasse > 500 mg nennenswert ( $\geq 10\%$ ) zum Energieaufwand der Lokomotion bei, wenn die Bodenstruktur eine Neigung von  $\geq 50^\circ$  gegen die Ebene aufweist. Es erscheint daher für die meisten epigäischen Tiere als gerechtfertigt, die Methode auf den hindernisbedingten Umwegeffekt als Hauptfaktor des Raumwiderstandes zu konzentrieren.

Der Umweg, den ein laufendes Tier auf der Bodenoberfläche im Vergleich zur linearen Distanz zurücklegen muß, wird wesentlich durch die Art und Weise der Bewältigung von Hindernissen bestimmt. Hin-

dernisse können durchlaufen/überklettert oder umgangen werden. Trifft das Tier auf ein Hindernis, dann wird es in jedem Fall vor der Entscheidung für eine der beiden Bewältigungsstrategien stehen. Welche es wählt, hängt neben den Eigenschaften des Hindernisses auch vom Verhaltensmuster des Tieres ab (POUNDS 1991). Dieser subjektive Faktor der Interaktion Tier - Raumstruktur ist nicht quantitativ erfaßbar und auch nicht Inhalt des Raumwiderstand-Begriffes. Deshalb wird postuliert: **Jedes Tier laufe so, daß sein Energieaufwand zur Überwindung einer Distanz minimal sei.** Mit Hilfe dieses Postulats kann die Entscheidung für eine Bewältigungsstrategie weitgehend normiert werden.

Aus voranstehenden Ausführungen geht bereits hervor, daß der Raumwiderstand nicht nur ein abiotischer Faktor der Raumstruktur ist, sondern sich über die Interaktion zwischen einem konkreten Tier und dessen Lokotionsraum definiert. Es ist deshalb nicht möglich, eine Kenngröße des Raumwiderstandes ohne Bezug zum Tier zu definieren. Der Raumwiderstand, der durch die Bewältigung von Hindernissen hervorgerufen wird, kann als **relativer Umweg** ( $Q_u$ ) (bei KAEMMERER et al. 1995: „relative Länge“) quantifiziert werden:

Der Bezug zum Tier wird hergestellt, indem seine Schrittweite als Maßstab für die lineare und reale Distanz zwischen einem angenommenen Start- und Zielpunkt (A, B) auf der Bodenoberfläche gewählt wird. Dabei wird unter der Schrittweite die Länge verstanden, die das Tier mit einem normalen (durchschnittlichen) Schritt überwindet bzw. überspannt.

$$Q_u = \frac{S_r}{S_l} \quad \begin{array}{ll} S_r & \dots \text{reale Schrittzahl von A nach B} \\ S_l & \dots \text{Schrittzahl zur Überwindung der} \\ & \text{linearen Distanz von A nach B} \end{array} \quad (1)$$

## 2. Methodik der Probennahme:

### 2.1. Rauigkeit und Mikrorelief der Bodenoberfläche als Komponenten des Raumwiderstandes

Die Bodenoberfläche ist eine komplexe räumliche Struktur, deren quantitative Beschreibung naturgemäß mit großen methodischen Schwierigkeiten verbunden ist. Daher ist die Aufspaltung dieses weitgehend dreidimensionalen Gebildes in orthogonale zweidimensionale Betrachtungsebenen notwendig.

Hindernisse, die unter Zugrundelegung des eingangs getroffenen Postulats vom Tier zu umgehen sind, werden in der horizontalen Ebene (Draufsicht) untersucht. Strukturen, die das Tier energieökonomischer über bzw. durchlaufen kann, werden an vertikalen Schnittebenen (Profilen) der Bodenoberfläche vermessen (Rauigkeit und Mikrorelief der Bodenoberfläche; HELMING 1992). In der vorliegenden Arbeit sollen nur letztere betrachtet werden, erstere sind Gegenstand einer separaten Publikation.

Für beide Betrachtungsebenen kann jeweils der partielle relative Umweg ( $q_v$ ;  $q_H$ ) konkreter Tiere analog Formel (1) berechnet werden. Der relative Umweg des Tieres auf der gesamten Bodenoberfläche ( $Q_U$ ) ergibt sich aus beiden partiellen Werten:

$$Q_U = \sqrt{q_v^2 + q_H^2} \quad (2)$$

$q_v$  ... partieller relativer Umweg in der vertikalen Ebene

$q_H$  ... partieller relativer Umweg in der horizontalen Ebene

## 2.2. Aufnahme der Oberflächenprofile

Die Oberflächenprofile stellen Proben dar, die für die gesamte Bodenoberfläche repräsentativ sein sollen. Sie müssen hinsichtlich der Merkmale Mittelwert und Standardabweichung des partiellen relativen Umweges definierter Schrittweiten den zu untersuchenden Abschnitt repräsentieren. Wie viele dieser Proben dazu benötigt werden, hängt wesentlich von der Homogenität der Oberflächenstruktur ab. Der relativ hohe Arbeitsaufwand der Probenahme und die mit der Probe verbundenen Eingriffe in das Untersuchungsgebiet zwingen zu einer Minimierung der Profillanzahl. Die Lage der Profile wird zweckmäßigerweise so ausgewählt, daß jeweils typische Teilstrukturen des Untersuchungsgebietes adäquat repräsentiert sind.

Die Oberflächenprofile müssen eine ausreichende Auflösung bieten, um alle Strukturen, die als Hindernisse auf die untersuchten Tiere wirken, abzubilden. Diese begrenzt die Maximallänge der Profile, die mit einer Probenahme abgebildet werden können. Als Faustregel kann man annehmen, daß Oberflächenstrukturen in der Größenordnung von 1/10 der Schrittweite der untersuchten Tiere noch einen nennenswerten Einfluß auf den partiellen relativen Umweg ausüben. Um diese ohne größere Fehler abbilden zu können, muß die Auflösung des Profils nochmals etwa um den Faktor 2 erhöht werden. Bei epigäischen Insekten und Spinnen ist beispielsweise mit minimalen Schrittweiten von 1 mm zu rechnen. In der Regel kann die erforderliche Auflösung von 0,05 mm noch bei einer Profillänge von 25 - 30 cm garantiert werden. Die geostatistische Analyse der Originalprofile (Proben) erfordert eine Profillänge, bei der die Profilgraphenpunkte am Ende des Profils ausreichend unkorreliert mit denen am Profilanfang sind (vgl. Abschnitt 3, Abb. 3). Erfahrungsgemäß tritt dieser Fall bei Bodenoberflächen zumeist nach etwa 5 - 10 cm ein.

Ziel der Profilaufnahme ist die Abbildung einer scharfen Grenzlinie Boden/Luft (Abb. 1). Dazu muß der Hintergrund aus dem Bild entfernt werden. Dies erreicht man mit einer gleichmäßig beleuchteten Fläche, zweckmäßigerweise einem Leuchtpult, das so in den Boden eingelassen wird, daß die Oberflächen-grenzlinie vor dem weißen Hintergrund erscheint. Der dazu notwendige Eingriff in die Struktur des Untersuchungsgebietes ist unvermeidlich, sollte aber so gering sein, daß das Ergebnis nicht beeinflußt wird. Sehr lockerer Boden kann schonend verfestigt werden, indem er vor dem Leuchtpult mit Vereisungs-Spray behandelt wird. Das so entstandene Bodenoberflächenprofil wird auf Schwarzweiß-Negativfilm

mit einer Empfindlichkeit von maximal 400 ASA (27° DIN) fotografiert. Durch Erzeugung eines Positivs, möglichst im Maßstab 1:1 zum Originalprofil, auf extra hartem Fotopapier (am besten Dokumentenpapier) entsteht das Rohprofil (Abb. 1, 2a).

Die Methode soll im folgenden an einer Fichtenstreu-Oberfläche exemplarisch erläutert werden. In einem Fichtenhochwald bei Augustusburg/Sachsen wurden insgesamt 10 Oberflächenprofile aufgenommen. Ein typisches Rohprofil ist in Abb. 2a dargestellt.

Mit Hilfe eines Flachbett-Scanners liest man das Rohprofil mit einer Auflösung von 500 dpi als Grauwertgrafik ein. An dieser sind Retuschen unter Verwendung einschlägiger Bildverarbeitungsprogramme möglich (Abb. 1). Dies betrifft insbesondere die Entfernung von vertikalen Hindernissen, die in der Draufsicht ausgewertet werden sollen, und die Behebung von Bildfehlern. Danach wird der Kontrast des Bildes so weit als möglich erhöht. Über die Helligkeitsregelung ist darauf Einfluß zu nehmen, daß keine wesentlichen Elemente des Bildes verschwinden. Als letzter Schritt wird das so bearbeitete Bild in eine Schwarz-Weiß-Gratik umgewandelt.

### 2.3. Umwandlung in einen zweidimensionalen Graphen

Die digitale Schwarz-Weiß-Gratik muß nun in einen x,y-Graphen konvertiert werden (Abb. 1). Dieser Schritt wurde mit Hilfe eines speziellen Computerprogrammes gelöst. Das Programm ermittelt für jede Bildzeile wahlweise die Anzahl aufeinanderfolgender Schwarz- oder Weißpixel-Sequenzen und legt diese in einer ASCII-Datenbank ab. Ausgehend von den Schwarz-Sequenzen, wird nunmehr das Profil in einen zweidimensionalen Grenzlinien-Graphen übergeführt. Dazu ist es aber notwendig, Zweideutigkeiten, d.h. Stellen, an denen einem x-Wert (einer Zeilennummer) mehrere y-Werte (Schwarz-Sequenzen) zugeordnet sind, zu entfernen. Zu diesem Zweck werden die betreffenden Strukturelemente quasi an die Grenzlinie „angelegt“, indem die Summe der y-Werte der Zeile gebildet wird. So entsteht eine x-y-Wertetabelle (Abb. 1), die einen Oberflächenprofilgraphen (Abb. 2b) repräsentiert.

Nach der Bearbeitung und Digitalisierung des Fichtenstreuprofils (Abb. 2a) entstand der, in Abb. 2b abgebildete, Oberflächenprofilgraph. Er unterscheidet sich vom Rohprofil vor allem dadurch, daß alle Zweideutigkeiten entfernt wurden.

### 2.4. Bestimmung des partiellen relativen Umweges für konkrete Tiere

Als Maß des Raumwiderstandes, dem konkrete Tiere durch Rauigkeit und Mikrorelief der Bodenoberfläche ausgesetzt sind, ist der partielle relative Umweg zu bestimmen (vgl. 1.2.). Ausgangspunkt (A) ist der linke Rand des Oberflächenprofilgraphen, Zielpunkt (B) der rechte Rand (Abb. 2b). Die Schrittzahl zur Überwindung der linearen Distanz berechnet sich dann als Quotient aus Profillänge und der Schrittweite des Tieres. Diese Schrittweite fungiert auch als Maßstab für die Bestimmung der realen Schrittzahl auf dem Graphen. Beginnend am Schnittpunkt des linken Profilrandes mit dem Oberflächengraphen werden Zirkelbögen ( $r=1$ ) auf das Profil geschlagen. Jeder Schnittpunkt des Schrittbogens mit dem Graphen ist der Ausgangspunkt für den nächsten Schritt. Die Lage dieser Schnittpunkte und damit der partielle relative Umweg konkreter Tiere sind von deren Schrittweite abhängig. Deshalb werden auf dem gleichen Profilgraphen für verschiedene Tiere unterschiedliche Ergebnisse erzielt. Das Abschreiten des Profils mit Schritten vorgegebener Länge wird mit Hilfe des Programms „sgs“ am Computer simuliert.

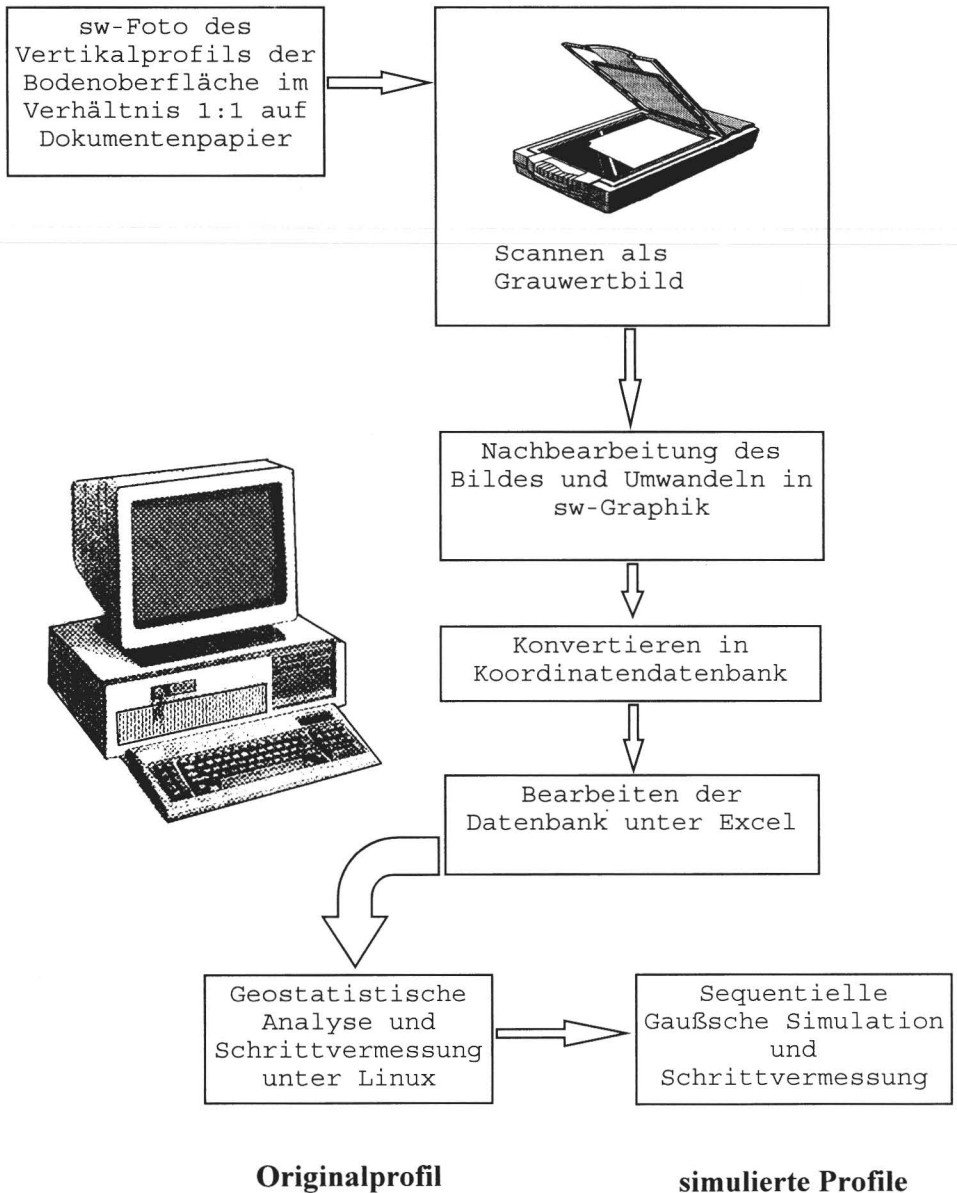


Abb. 1: Überblick über die Methode zur Bestimmung des partiellen relativen Umweges epigäischer Tiere infolge der Rauigkeit und des Mikroreliefs der Bodenoberfläche anhand von Profilschnitten und deren Simulation

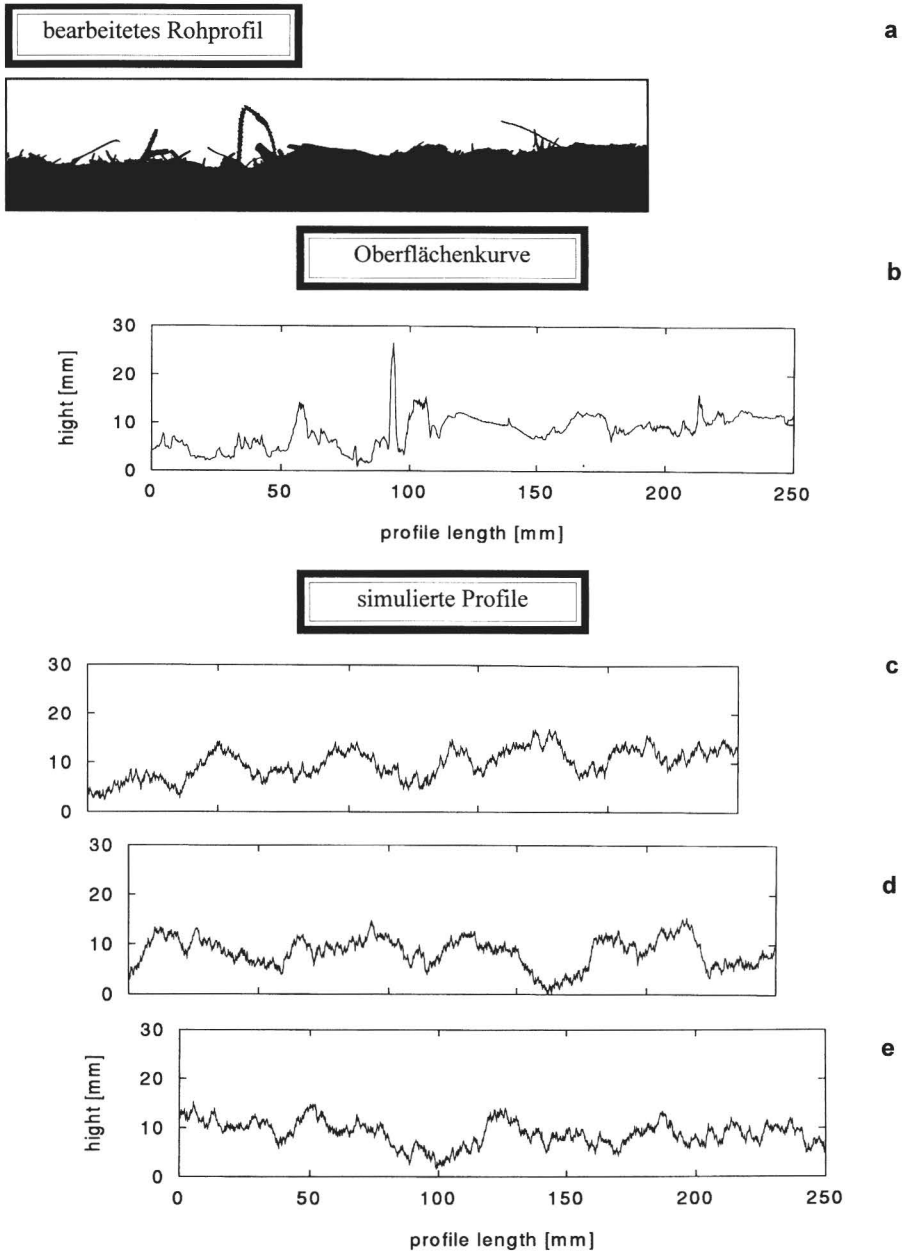


Abb. 2: Bearbeitung und Simulation von Oberflächenprofilen am Beispiel einer Fichtenstreu

### 3. Geostatistische Bearbeitung der Profildaten

Die Methodik der Geostatistik, welche von MATHERON (1962) begründet wurde, befaßt sich mit der (mathematischen) Modellierung des zeitlichen und räumlichen Verhaltens von Geo-Variablen. In der Bodenkunde werden Mikorelief und Rauigkeit der Bodenoberfläche vielfach mittels Semivariogrammfunktionen geostatistisch charakterisiert (LINDEN et VAN DOREN 1986; HELMING 1992). Ziel der geostatistischen Analyse ist die Aufstellung eines stochastischen Modells, welches den Profilschnitt in seiner räumlichen Veränderlichkeit beschreibt. Das Modell soll insbesondere:

- den Erwartungswert  $E[Y]$
- die Varianz  $D^2[Y]$  sowie
- die räumliche Erhaltungsneigung (Autokorrelation)

des digitalisierten Oberflächenprofils mit den Werten  $(x_i, y_i = Y(x_i))$  repräsentieren. Eine Berücksichtigung vorgegebener Werte  $(x_i, y_i)$  als Fixpunkte ist möglich, hierauf wurde bei den nachfolgenden Betrachtungen jedoch verzichtet. Der Modellansatz soll ausschließlich Rauigkeit und Mikorelief der Bodenoberfläche, unabhängig von der konkreten Profillinie, widerspiegeln. An die Ausgangsdaten für das Modell werden folgende Anforderungen gestellt:

- Der Stichprobenumfang muß so gewählt werden, daß die statistischen Merkmale mit hinreichender Genauigkeit geschätzt werden können.
- Die räumliche Ausdehnung der Probenahme muß im Verhältnis zum Abstand von Stichprobenelementen, bei denen sich eine Korrelation signifikant nachweisen läßt, groß sein. Damit wird eine verzerrungsfreie Schätzung des räumlichen Mittelwertes und der Varianz der Stichprobenelemente gewährleistet.
- Die Stichprobenelemente müssen der Bedingung der Stationarität 2. Ordnung genügen, d. h. deren statistische Momente bis zur 2. Ordnung müssen endliche Werte aufweisen, die translationsinvariant sind. Weiterhin wird für die vorliegende Modellierung gefordert, daß die Stichprobenelemente eine geringe Variabilität aufweisen und Ausreißer eliminiert wurden.
- Da der nachfolgend verwendete Simulationsalgorithmus normalverteilte Werte erzeugt, sollten die Ausgangsdaten ebenfalls in einer Normalverteilung vorliegen. Andernfalls sind sie in eine Normalverteilung zu überführen. (Die simulierten Werte werden dann abschließend wieder in die ursprüngliche Verteilung zurücktransformiert.)

Für die hier beispielhaft analysierte Fichtenstreu sind die oben genannten Bedingungen erfüllt. Sollte die Einhaltung der Stationarität 2. Ordnung nicht gewährleistet sein, so ist zu prüfen, ob durch die Abspaltung eines Trends der gewünschte Effekt erzielt werden kann.

Zur geostatistischen Analyse von Daten aus der Natur stehen eine Reihe von Softwarelösungen zur Verfügung, die zum Teil als Public-Domain-Software erhältlich sind, z. B. GSLIB (DEUTSCH et JOURNAL 1992) GeoEAS (ENGLUND et SPARKS 1991). Diese gestatten neben einer Überprüfung der oben beschriebenen Anforderungen die Schätzung der benötigten statistischen Parameter

- Stichprobenmittelwert,
- Stichprobenvarianz sowie
- Autokorrelationsfunktion (zur Beschreibung der Erhaltungsneigung).

Die Autokorrelationsfunktion beschreibt die Korreliertheit der betrachteten Stichprobenelemente in Abhängigkeit von ihrem Abstandsvektor  $\vec{h}$  Hinsichtlich der verwendeten Schätzverfahren sei auf CHATFIELD (1982) verwiesen.

An die geschätzte Autokorrelationsfunktion ist eine (positiv definite) Modellfunktion anzupassen, welche die numerische Lösbarkeit bei der nachfolgenden Modellierung sicherstellt und zudem algorithmisch leichter zu handhaben ist.

Abbildung 3 zeigt die aus den Stichprobenwerten einer Fichtenstreu geschätzten statistischen Parameter sowie die parametrische Beschreibung der Erhaltungsneigung in Form einer Modellfunktion.

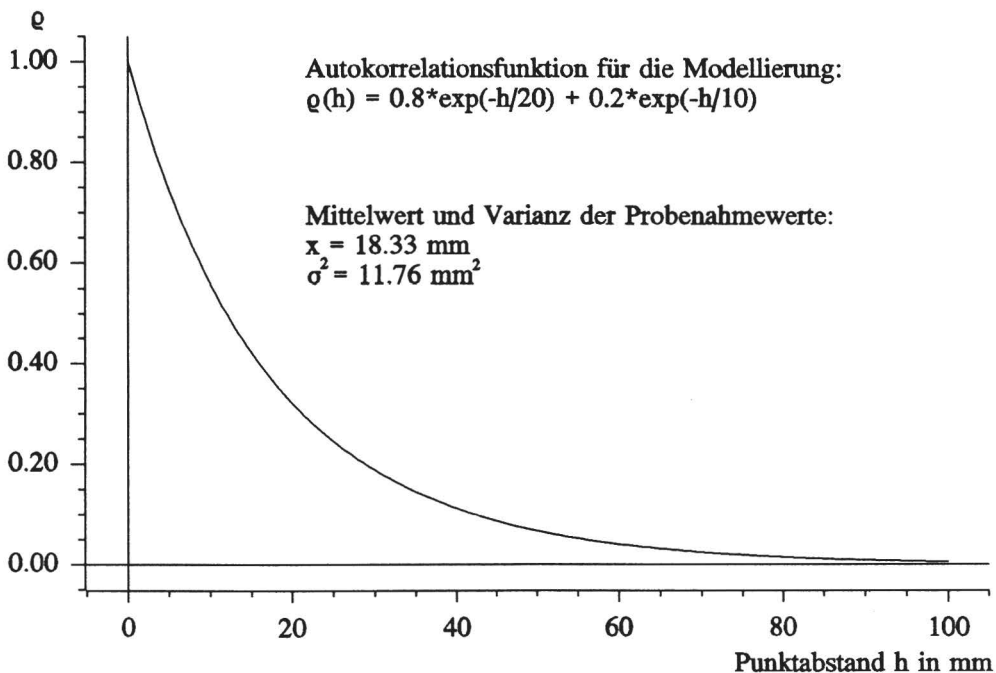


Abb. 3: Geschätzte Autokorrelationsfunktion einer Fichtenstreu und Anpassung einer Modellfunktion

Für verschiedene Profilschnitte geschätzte Autokorrelationsfunktionen mit gleicher Gestalt lassen auf ähnliche Rauigkeit/Mikrorelief der Bodenoberflächen schließen.

#### 4. Durchführung von Profilsimulationen

Ziel der nachfolgend angewandten Verfahren ist die Generierung von Oberflächenprofilen auf der Grundlage des, aus dem Originalprofilgraphen abgeleiteten, stochastischen Modells (Abschnitt 3.). Dadurch kann die Zahl der benötigten Originalprofile wesentlich vermindert und der Eingriff in das Untersuchungsgebiet stark verringert werden.

Die geostatistische Simulation berücksichtigt dabei insbesondere die Variabilität der Parameter. Für das vorliegende Projekt wurde die Methode der sequentiellen Gaußschen Simulation gewählt, die Werte für eine ortsabhängige Variable erzeugt. Dieses Verfahren zeichnet sich durch seine geradlinige Vorgehensweise aus. Die Simulation eines Punktes erfolgt unter Berücksichtigung der Nachbarschaftsbeziehungen zu bisher simulierten Punkten und vorgegebenen Probenahmewerten:

$$\hat{Z}_n = \sum_{i=1}^{n-1} w_i \hat{Z}_i + e \mu_n; \quad \mu_n \in N(0,1) \quad (3)$$

Die  $\hat{Z}_i$  sind dabei alle berücksichtigten Ausgangsdaten und bereits simulierte Werte. Die Gewichtungskoeffizienten  $w_i$  und  $e$  werden so bestimmt, daß  $E[\hat{Z}_n] = 0$  und  $D^2[\hat{Z}_n] = 1$  ist sowie die Korrelationskoeffizienten  $\rho(\hat{Z}_n, \hat{Z}_i)$  für  $i=1 \dots n-1$  einer vorgegebenen Autokorrelationsfunktion entsprechen:

$$\vec{w} = K^{-1} \vec{c}_0 \quad (4)$$

$$e = \sqrt{1 - \vec{w}^T K \vec{w}}. \quad (5)$$

$K$  bezeichnet die Korrelationsmatrix der Ausgangsdaten ( $\hat{Z}_1, \hat{Z}_2, \dots, \hat{Z}_{n-1}$ ) und der Vektor  $\vec{c}_0$  enthält die Korrelationskoeffizienten zwischen den Ausgangsdaten und dem zu simulierenden Punkt  $\hat{Z}_n$ .

$$K = \begin{bmatrix} 1 & \rho(\hat{Z}_1, \hat{Z}_2) & \cdots & \rho(\hat{Z}_1, \hat{Z}_{n-1}) \\ \rho(\hat{Z}_2, \hat{Z}_1) & 1 & \cdots & \rho(\hat{Z}_2, \hat{Z}_{n-1}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho(\hat{Z}_{n-1}, \hat{Z}_1) & \rho(\hat{Z}_{n-1}, \hat{Z}_2) & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\vec{c}_0 = \begin{bmatrix} \rho(\hat{Z}_n, \hat{Z}_1) \\ \rho(\hat{Z}_n, \hat{Z}_2) \\ \vdots \\ \rho(\hat{Z}_n, \hat{Z}_{n-1}) \end{bmatrix}$$

Die Korrelationskoeffizienten für  $K$  und  $\hat{c}_0^A$  werden, ausgehend von der Lage der  $\hat{Z}$  im Punktfeld, unter Berücksichtigung einer vorzugebenden Autokorrelationsfunktion festgelegt. Nach der Durchführung der Simulation werden die Ausgangsdaten und die simulierten Werte wieder in ihre ursprüngliche Verteilung zurücktransformiert. Eine ausführliche Beschreibung dieses Verfahrens ist in TONN (1996) zu finden.

In Bezug auf den vorliegenden Anwendungsfall weist die sequentielle Gaußsche Simulation gegenüber anderen geostatistischen Simulationsverfahren folgende Vorteile auf:

- Die Geschwindigkeit der Simulation ist verhältnismäßig hoch.
- Für die Modellierung der Nachbarschaftsbeeinflussung können beliebige (positiv definite) Autokorrelationsfunktionen verwendet werden.
- Das Simulationsmodul arbeitet bei Verwendung positiv definiter Autokorrelationsfunktionen robust.
- Der Simulationsalgorithmus eignet sich ebenfalls zur Durchführung von Simulationen im zwei- und mehrdimensionalen Raum. Auf diese Möglichkeiten wird jedoch nicht näher eingegangen.

Für die Durchführung der Simulation werden folgende Angaben benötigt:

- Mittelwert, Varianz und Modellfunktion (Autokorrelationsfunktion) der analysierten Profildaten (Abb. 3)
- Koordinaten der Stellen, für die simulierte Werte gefordert werden.

Die Simulation erfolgt unter Verwendung des Programmes SGS, welches an der TU Bergakademie Freiberg zur Modellierung von Lagerstättenparametern entwickelt wurde (TONN 1996). Die Software, welche neben der Simulation auch geostatistische Vorhersageverfahren, ein umfangreiches Preprocessing und verschiedene Möglichkeiten zur Visualisierung der erzielten Ergebnisse beinhaltet, kann im Internet unter <http://zappa.mabb.tu-freiberg.de/~tonn/sgs.html> abgerufen werden.

Die Abbildungen 2c-e zeigen simulierte Profile mit den statistischen Parametern der Fichtenstreu. Die gegenüber dem Original (Abb. 2b) stärkeren Oszillationen des Graphen der simulierten Profile im Feinbereich sind eine Folge der begrenzten Auflösung des Originals.

Eine Neuinitialisierung des bei der Simulation verwendeten Zufallszahlengenerators führt jeweils zu einer weiteren (möglichen) Realisierung der Bodenoberfläche (Abbildung 2c-e).

Die Gegenüberstellung des Originalprofils und der simulierten Fichtenstreu zeigt keine Übereinstimmung simulierter Werte mit den Stichprobenwerten. Rauigkeit und Mikrorelief der simulierten Profile im betrachteten Maßstab (1/10 Schrittweite des Tieres) entsprechen jedoch etwa den Originaldaten (vgl. Tab. 1).

## 5. Ergebnisse:

### 5.1. Die partiellen relativen Umwege ausgewählter Tierarten

Sowohl auf dem ausgewählten Originalprofil als auch auf 10 simulierten Oberflächenprofilen der Fichtenstreu wurde der partielle relative Umweg für vier typische Käfer- und Spinnenarten, die sich deutlich hinsichtlich ihrer Schrittweite unterscheiden, bestimmt (Tabelle 1). Es zeigt sich, daß die Ergebnisse auf den simulierten Profilen recht gut mit dem Original übereinstimmen. Dabei ist eine gewisse Streuung durchaus erwünscht, denn die simulierten Profile sollen die natürliche Variabilität widerspiegeln. Die Grenzen der Simulation natür-

lich variabler Profile sind aber bei inhomogenen Bodenoberflächen erreicht. In diesem Fall müssen die einzelnen Strukturbausteine separat untersucht und simuliert werden.

Tabelle 1: Der partielle relative Umweg ( $q_v$ ), der durch Rauhgigkeit und Mikrorelief der Bodenoberfläche verursacht wird, für typische epigäische Arten in Fichtenforsten

| Art                            | $l_s$ | Original | Simulation      |
|--------------------------------|-------|----------|-----------------|
|                                |       | $q_v$    | $q_v$           |
| <i>Carabus nemoralis</i>       | 20 mm | 1,0258   | 1,0212 ± 0,0039 |
| <i>Pterostichus melanarius</i> | 10 mm | 1,0507   | 1,0522 ± 0,0087 |
| <i>Ceratinella brevis</i>      | 5 mm  | 1,1131   | 1,1050 ± 0,0125 |
| <i>Erigonidae, inad.</i>       | 1 mm  | 1,4442   | 1,3948 ± 0,0118 |

$l_s$  ... Schrittweite bei normalem Lauf

Der Vergleich der Original- und Simulationsprofile unterschiedlicher Ausschnitte der Fichtenstreu zeigt, daß das Auftreten von Drahtschmiele-Polstern, veränderter Zweiganteil und Beimengungen von Laub deutliche Veränderungen des partiellen relativen Umweges nach sich ziehen (Tabelle 2). Von der Fichtenstreu mit größeren Ästen lagen ausreichend Daten für eine statistische Prüfung der Differenz der Mittelwerte des partiellen relativen Umweges der Original- (n=6) und simulierten Profile (n=60) vor (t-Test). In keinem Fall konnten signifikante Unterschiede zwischen Original- und simulierten Profilen nachgewiesen werden (Tab. 2).

Tabelle 2: Partielle relative Umwege ( $q_v$ ) von Tieren mit verschiedener Schrittweite auf unterschiedlich strukturierten Fichtenstreuprofilen

| Profilmerkmale                 |   | Schrittweite ( $l_s$ ) |                 |                 |                 |
|--------------------------------|---|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                |   | 20 mm                  | 10 mm           | 5 mm            | 1 mm            |
| Fichtenstreu m. feinen Zweigen | O | 1,0042 ± 0,0010        | 1,0191 ± 0,0111 | 1,0468 ± 0,0078 | 1,2493 ± 0,0509 |
|                                | S | 1,0040 ± 0,0026        | 1,0187 ± 0,0061 | 1,0440 ± 0,0152 | 1,2199 ± 0,0773 |
| Fichtenstreu m. größeren Ästen | O | 1,0238 ± 0,0060        | 1,0483 ± 0,0271 | 1,0957 ± 0,0455 | 1,3424 ± 0,1071 |
|                                | S | 1,0183 ± 0,0085        | 1,0429 ± 0,0208 | 1,0875 ± 0,0443 | 1,3343 ± 0,1370 |
|                                | t | 0,4772                 | 0,4621          | 0,4203          | 0,1709          |
| Fichtenstreu m. Laub           | O | 1,0302                 | 1,0705          | 1,1598          | 1,5135          |
|                                | S | 1,0426 ± 0,0117        | 1,0827 ± 0,0110 | 1,1572 ± 0,0165 | 1,5628 ± 0,0326 |
| Fichtenstreu m. Drahtschmiele  | O | 1,0411                 | 1,0894          | 1,1337          | 1,5344          |
|                                | S | 1,0488 ± 0,0126        | 1,0841 ± 0,0178 | 1,1513 ± 0,0135 | 1,4878 ± 0,0205 |

O ... auf den Originalprofilen

S ... auf den simulierten Profilen

t ... t-Test der Mittelwerte der Originale und simulierten Profile

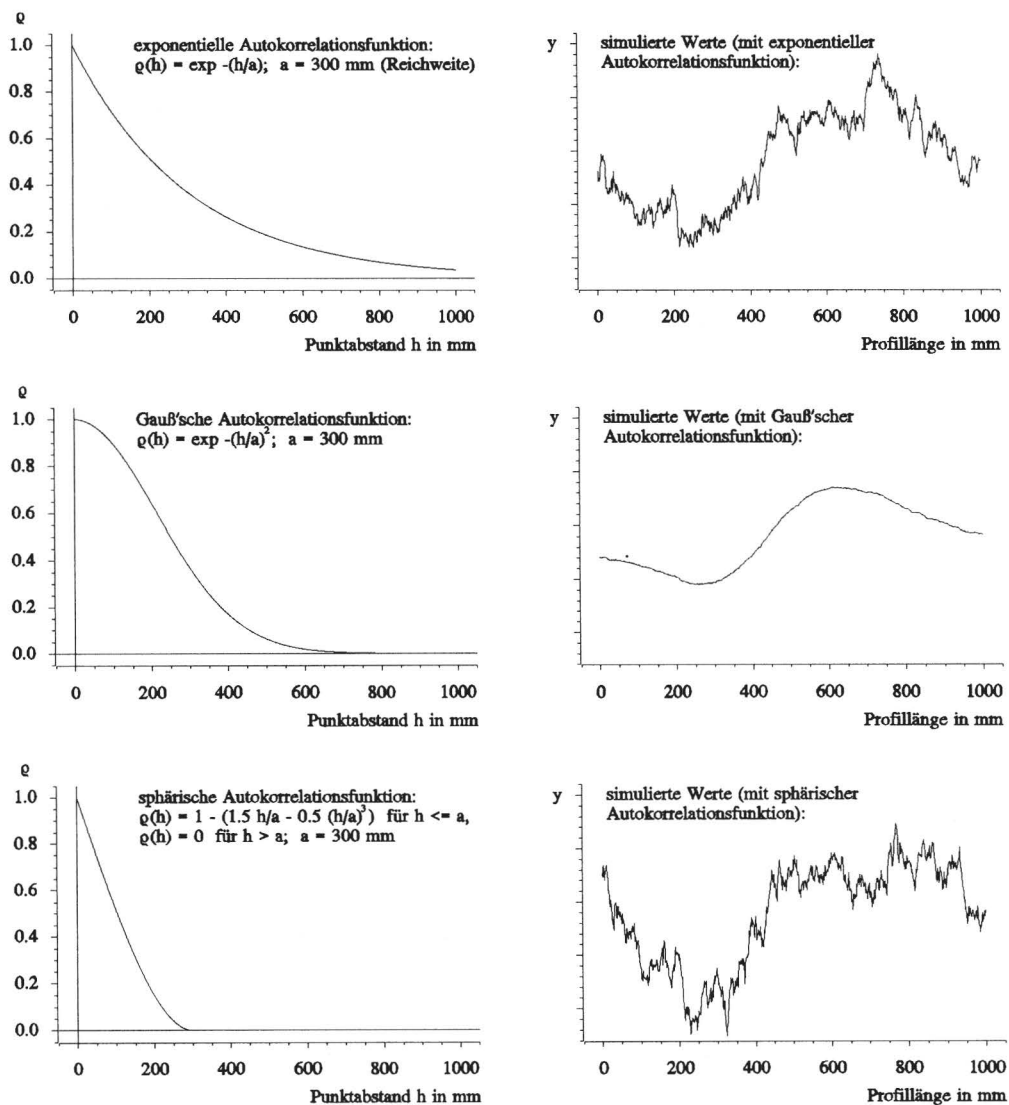


Abb. 4: In der Geostatistik gebräuchliche Autokorrelations-Funktionstypen und deren Einfluß auf simulierte Werte

## 5.2. Auswirkungen verschiedener Autokorrelationsfunktionen auf die reale Schrittzahl

Rauhigkeit und Mikrorelief der untersuchten Bodenoberfläche werden im wesentlichen durch die Erhaltungseignung in Form der Autokorrelationsfunktion beschrieben. In der Geostatistik sind vor allem drei Autokorrelationsfunktionen zur Beschreibung von Nachbarschaftsbeeinflussungen üblich (Abb. 4), weitere Funktionstypen sind in LANTUÉJOUL (1994) zu finden.

Eine Überlagerung verschiedener Funktionstypen ist zulässig, zusätzlich kann ein Nuggeteffekt vorgegeben werden, welcher den unkorrelierten (also rein zufälligen) Anteil beschreibt. Die Abbildungen 4d-f zeigen Realisierungen geostatistischer Simulationen, bei denen jeweils der exponentielle, Gaußsche und sphärische Funktionstyp zur Beschreibung der Erhaltungseignung verwendet wurde. Hierbei ist charakteristisch, daß die Verwendung der Gaußschen Autokorrelationsfunktion aufgrund ihres minimalen negativen Anstiegs nahe dem Ursprung (siehe hierzu Abbildung 4b) zu geglätteten Reliefs führt. Die Realisierungen mit exponentieller und sphärischer Autokorrelationsfunktion weisen dagegen eine größere Rauhigkeit auf. Ein vorgegebener Nuggeteffekt erhöht die Rauhigkeit des simulierten Profils. Messungen der realen Schrittzahl (bei vorgegebener konstanter Schrittweite) an diesen Profilen zeigen, daß diese in bezug auf die linear zurückgelegte Entfernung

- mit kürzer werdender Reichweite der Autokorrelationsfunktion,
- beim Übergang von Gaußscher zu sphärischer bzw. exponentieller Autokorrelationsfunktion und
- bei der Einführung bzw. Erhöhung des Nuggeteffekts

zunimmt. Hieraus geht hervor, daß der Schätzung der Modellparameter für die Simulation hinsichtlich der späteren Analyse realer Schrittzahlen auf simulierten Profilen eine hohe Bedeutung zukommt. Die Bestimmung des Nugget-Effekts bedarf besonderer Aufmerksamkeit, da sich dieser Parameter am empfindlichsten auf die Rauhigkeit simulierter Oberflächen auswirkt.

## 6. Diskussion

Das Mikrorelief der Bodenoberfläche war bisher vorwiegend für die Bodenkunde von Interesse. Seit den 50'er Jahren wurden verschiedene Meßmethoden zur Quantifizierung von Mikrorelief und Rauhigkeit des Bodens entwickelt (Zusammenstellung bei HELMING 1992). Erst seit jüngerer Zeit werden diese auch in Bezug auf den Raumwiderstand gegenüber lauffaktiven epigäischen Tieren angewandt (KAEMMERER et al. 1995). Große Hoffnungen wurden von einigen Autoren in die Anwendung der fraktalen Geometrie als Modell komplexer Oberflächen (der Vegetation bzw. der Bodenoberfläche) und die Charakterisierung der Rauhigkeit durch die fraktale Dimension gesetzt (MORSE et al. 1985; ARMSTRONG 1986; WILLIAMSON et LAWTON 1991). In der Praxis zeigt sich aber, daß sich nicht alle Bodenoberflächen befriedigend als Fraktal beschreiben lassen und diese teilweise nicht ausreichend durch die fraktale Dimension charakterisiert werden (ANDRLE et ABRAHAM 1989). Dies trifft auch auf die beispielhaft hier beschriebene Fichtestreue zu, die sich eher als Konglomerat relativ gleichförmiger Bausteine (Fichtennadeln und Zweige) manifestiert.

Einen wesentlichen Fortschritt auf dem Gebiet der Messung von Rauhigkeit und Mikrorelief der Bodenoberfläche stellt sicher die Methode von HELMING (1992) dar, bei der durch Lasertriangulation die Bodenoberflä-

che vermessen wird. So kann ohne direkten Eingriff in die Struktur für einen größeren Ausschnitt (1 m) das Mikrorelief des Bodens erfaßt werden. Allerdings ist dazu ein relativ hoher apparativer Aufwand notwendig. Die Lasertriangulation ist auch nur für harte Oberflächen, z.B. Ackerböden, geeignet. Eine Untersuchung von Streuoberflächen, wie in unserem Beispiel geschehen, kann damit nicht vorgenommen werden, da die Reflexion des Lasers dann einer zu starken Streuung unterliegt (SOMMER, mdl. Mitt.).

Die vorgestellte Methode ist mit einem vergleichsweise geringen apparativen Aufwand praktisch überall nachvollziehbar. Ein Nachteil bei der Aufnahme der Bodenprofile besteht in der möglichen Beeinträchtigung des Profils durch das Eingraben der Leuchtplatte. Auch die Lasertriangulation (HELMING 1992; KAEMMERER et al. 1995) setzt allerdings die Befreiung der Bodenoberfläche von der Vegetation voraus. Für kleinere epigäische Tiere mit einer Schrittweite  $< 1$  mm erreicht diese Methode mit einer Auflösung von 0,1 mm ihre Grenzen.

Wie inzwischen zahlreiche Anwendungen der hier vorgestellten Methode u.a. in Heidegebieten, Halbtrockenrasen und auf Brachen gezeigt haben, lassen sich vergleichsweise einfach auch in komplizierteren und dichten Vegetationsstrukturen brauchbare Profile erzeugen. Deren Auswertung ergibt partielle relative Umwege epigäischer Käfer und Spinnen, die in logischem Zusammenhang mit der Textur der Bodenoberfläche stehen (Tab. 2). Dabei sind sowohl der Arbeitsaufwand der Untersuchung als auch der Eingriff in die Probestfläche so gering, daß die Methode für größere Probenzahlen geeignet ist. Sie erfordert nur einen mäßigen technischen Aufwand, der wohl von allen strukturell arbeitenden Feldökologen aufgebracht werden kann.

## 7. Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde teilweise aus Mitteln des Leibnitz-Programmes der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. An dieser Stelle möchten wir den Herren Prof. STOYAN und Prof. MENZ (TU Bergakademie Freiberg), die die durchgeführten Untersuchungen befürworteten und mit vielen Hinweisen unterstützten, unseren Dank aussprechen. Herrn M. BRANDT (Freiberg) danken wir für die Programmierung der Konvertierungs-Software zur Erstellung der digitalen Profillinien.

## 8. Zusammenfassung

KUSCHKA, V.; TONN, F.: Eine Methode zur quantitativen Beschreibung von Mikrorelief und Rauigkeit der Bodenoberfläche als Komponente des Raumwiderstandes für epigäische Tiere. *Hercynia N.F.* 30 (1997): 303-319.

Der Raumwiderstand wird als Umweltwiderstand, der der lokomotorischen Aktivität von Tieren in ihrem Lebensraum entgegenwirkt, definiert. Rauigkeit und Mikrorelief der Bodenoberfläche fordern epigäischen Tieren einen energetischen Mehraufwand ab, indem diese zu einem Umweg relativ zur linearen Distanz zweier Punkte gezwungen werden (partieller relativer Umweg  $q_r$ ). In dem vorgestellten Verfahren zur Messung des partiellen relativen Umweges auf der Bodenoberfläche werden Schwarz-Weiß-Fotos von Bodenprofilen in zweidimensionale Graphen konvertiert und geostatistisch analysiert. Dabei dient die Schrittweite des Tieres als Maßstab für die Messung des relativen Umweges am Profilgraphen. Mit Hilfe der geostatistischen Simulation können, ausgehend vom Originalprofil, weitere Profile mit denselben statistischen Eigenschaften generiert, und so der Beprobungsaufwand reduziert werden. Es wird gezeigt, daß diese simulierten Profile für die Messung des partiellen relativen Umweges konkreter Tiere geeignet sind.

## 9. Literatur

- ANDRLE, R. et A.D. ABRAHAMS (1989): Fractal techniques and the surface roughness of talus slopes. - *Earth Surface Processes and Landforms* **14**: 197-209.
- ARMSTRONG, A.C. (1986): On the fractal dimensions of some transient soil properties. - *J. of Soil Science* **37**: 641-652.
- CHAIFIELD, C. (1982): Analyse von Zeitreihen. BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- DEUTSCH, C.; JOURNAL, A. (1992): GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide. - Oxford University Press, New York.
- ENGLUND, E.; SPARKS, A. (1991): Geo-EAS 1.2.1, Geostatistical Environmental Assessment Software, Users Guide.
- HELMING, K. (1992): Die Bedeutung des Mikroreliefs für die Regentropfenerosion. - *Bodenökologie und Bodengenese* **7** TU Berlin, Inst. f. Ökologie, Selbstverlag, Berlin.
- HEYDEMANN, B. (1956): Die Biotopstruktur als Raumwiderstand und Raumfülle für die Tierwelt. - *Verh. Deut. Zool. Ges. Hamburg*: 332-347.
- HEYDEMANN, B. (1958): Erfassungsmethoden für die Biozönosen der Kulturbiotope. - In: BALOGH, J. (ed.): *Lebensgemeinschaften der Landtiere*. - Akademie-Verlag, Berlin & Verlag d. Ungarischen Akademie d. Wissenschaften, Budapest: 453-507.
- KAEMMERER, A.; AUERSWALD, K.; SOMMER, H.; FILSER, J. (1995): Die Rauigkeit der Bodenoberfläche als steuerbare und steuernde Größe in Habitaten der epigäischen Fauna landwirtschaftlicher Flächen. - *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* **76**: 631-632.
- LANTUÉJOL, C. (1994): Non Conditional Simulation of Stationary Isotropic Multigaussian Random Functions. - In: ARMSTRONG, M. et P. A. DOWD (Eds): *Geostatistical Simulations*. - Vol. 7 of *Quantitative Geology and Geostatistics*: 147-177. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- LINDEN, D.R.; VAN DOREN, D.M. (1986): Parameters for characterization tillage induced soil surface roughness. - *Soil Sci. Soc. Am. J.* **50**: 1560-1565.
- MATHERON, G. (1962): *Traite de Geostatistique Appliquée*. Tome I. - *Memoires du Bureau de Recherches Geologiques et Mineres* No. 14. Editions Technip, Paris.
- MORSE, D.R.; LAWTON, J.H.; DODSON, M.M.; WILLIAMSON, M.H. (1985): Fractal dimension of vegetation and the distribution of arthropod body lengths. - *Nature* **314**: 731-733.
- POUNDS, J. A. (1991): Habitat structure and morphological patterns in arboreal vertebrates. - In: BELL, S.S.; MCCOY, E.D.; MUSHINSKI, H.R. (Eds.): *Habitat Structure*. - Chapman & Hall, London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: 109-119.
- TONN, F. (1996): Anwendung der geostatistischen Simulation zur computergestützten Generierung praxisnaher Erkundungsdaten. - Diss., Technische Universität Bergakademie Freiberg, Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau.
- SCHAEFER, M. (1972): Ökologische Isolation und die Bedeutung des Konkurrenzfaktors am Beispiel des Verteilungsmusters der Lycosiden einer Küstenlandschaft. - *Oecologia* **9**: 171-202.

WEISS, S.B.; MURPHY, D.D. (1988): Fractal geometry and caterpillar dispersal: or how many inches can inchworms inch? - *Functional Ecol.* 2: 116-118.

WILLIAMSON, M.H.; LAWTON, J.H. (1991): Fractal geometry of ecological habitats. - In: BELL, S.S.; MCCOY, E.D.; MUSHINSKI, H.R. (Eds): *Habitat Structure*. - Chapman & Hall: London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: 69-86.

*Manuskript angenommen: 26. Juni 1997*

*Anschrift der Verfasser: Volkmar Kuschka, Museum f. Jagdtier- & Vogelkunde, Schloß Augustusburg, 09573 Augustusburg; Dr. Frieder Tonn, Sächsisches Oberbergamt, Kirchgasse 11, 09599 Freiberg*

## Rezension

Novellierung des Bundesnaturschutzgesetzes - naturschutzfachliche Anforderungen. Laufener Seminarbeiträge 1/96. 73 S. Hrsg.: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege. ISSN: 0175-0852; ISBN: 3-931175-12-X.

Der Band enthält 11 Referate eines Seminars, das im September 1995 stattfand. Zu Wort kommen vier Vertreter der Umweltministerien, der Präsident des Bundesamtes für Naturschutz, ein Verwaltungsspezialist, ein Wissenschaftler mit Spezialgebiet Umweltrecht, Prof. B. HEYDEMANN als umsetzungsorientierter Ökologe, je eine Sprecherin der SPD und von Bündnis 90/Die Grünen und ein Vertreter des Deutschen Naturschutzringes. Der Vergleich zwischen Seminarprogramm und Inhalt des Heftes zeigt, daß zwar ein Vortrag zum Thema "Positionen der Landwirtschaft" gehalten wurde, dieser jedoch in der Veröffentlichung fehlt. Über die Gründe dafür darf man spekulieren. Im folgenden werden Kernpunkte einzelner Beiträge angeführt.

U. KLINKERT, Staatssekretär aus dem Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, eröffnete das Seminar mit einem Grußwort, in dem er die Notwendigkeit einer Novellierung des 1976 in Kraft getretenen und seither nur wenig veränderten Bundesnaturschutzgesetzes betonte. Der Staat hat sich im Grundgesetz in einer neuen Staatszielbestimmung (§20a) dem umfassenden Umweltschutz verpflichtet: "Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen...". Bisher konnte das Bundesnaturschutzgesetz die zunehmende Verschlechterung des Zustandes von Natur und Landschaft nicht verhindern. Klinkert weist aber darauf hin, daß die Misere des Naturschutzes nur zum Teil unzureichenden gesetzlichen Regelungen anzulasten ist und eine große Rolle die fehlende Aufgeschlossenheit der Entscheidungsträger und daraus resultierend die aus organisatorischen, personellen und finanziellen Gründen geringe Durchsetzungskraft der Naturschutzbehörden spielt. KLINKERT beendet seinen Beitrag mit dem Hinweis auf die Beschränkung der Kompetenz des Bundes auf eine Rahmengesetzgebung für den Naturschutz, während die Vollkompetenz für diesen Bereich bei den Ländern liegt.

Letzteres wird auch im zweiten Beitrag von Dr. TH. GOMPEL, dem Bayerischen Staatsminister für Landesentwicklung und Umweltfragen betont, wobei er zusätzlich darauf verweist, daß nach einer Grundgesetzänderung ab 15.11.94 "Rahmenvorschriften nur noch in Ausnahmefällen in Einzelheiten gehende Regelungen enthalten" dürfen. Während er also einerseits die geringen gesetzgeberischen Kompetenzen des Bundes im Naturschutz hervorhebt, fordert er aber andererseits ein verstärktes finanzielles Engagement des Bundes bei den als Folge von Auflagen notwendigen Ausgleichszahlungen für Landwirte. An dieser Frage seien bisherige Novellierungsversuche gescheitert.

Prof. Dr. B. HEYDEMANN, Wissenschaftler am Institut für Ökosystemforschung der Uni Kiel und ehemaliger Umweltminister des Landes Schleswig-Holstein, hat mit 10 Seiten einen der umfangreichsten Beiträge geliefert. Generell verwahrt er sich gegen anthropozentrische Formulierungen im derzeitigen Gesetz, die naturwissenschaftlich gesehen z.T. unsinnig seien. Er formuliert 10 "ökologische Strategien der Natur" und leitet davon seine Vorschläge für die Novellierung ab. Dabei wird er sehr konkret: so macht er z.B. einen Vorschlag für einen stark veränderten Wortlaut des § 1, der ja die Ziele des Naturschutzes vorgibt. Die stark umstrittene Landwirtschaftsklausel wird von ihm quasi umgekehrt: statt der pauschalen "Entpflichtung" der Nutzer werden "Betreiberpflichten" festgelegt. HEYDEMANN argumentiert zielorientiert, nicht orientiert an dem politisch derzeit Durchsetzbaren.

Sehr nüchtern wirkt dagegen das Statement von Ministerialdirektor Dr. H. GLATZEL, der die "Vorstellung von Novellierungspositionen des Bundesumweltministeriums" übernahm: Die Einführung der Verbandsklage wird abgelehnt, die "Land- und Forstwirtschaftsklauseln" sollen modifiziert werden, der finanzielle Ausgleich für Auflagen ist zu regeln.

Dr. A. FISAHN von der Forschungsstelle Umweltrecht der Uni Bremen setzt sich detailliert mit den Anforderungen auseinander, die sich aus internationalen Verpflichtungen (vor allem der FFH-Richtlinie der EG) für die Novellierung des Bundesnaturschutzgesetzes ergeben.

Dr. A. SCHINK vertritt die Positionen der Kommunen, die auf Ortsebene die Verantwortung für den amtlichen Naturschutz tragen. Er sieht auf kommunaler Ebene Interessenkonflikte bei der Erholungerschließung und der Bauleitplanung vorgezeichnet. Als großes Manko nennt er den "schleppenden und unvollkommenen Vollzug des Naturschutzrechts", woraus er folgert: "die finanzielle und personelle Ausstattung des Naturschutzes muß verbessert werden". Eingehend beschäftigt er sich mit dem Thema der Eingriffsregelung. So fordert er eine bundesweit einheitliche Festlegung, was als Eingriff zu beurteilen ist. Zudem schlägt er vor, daß die tatsächliche und sachgerechte Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen von privaten Sachverständigen auf Kosten des Eingriffsträgers attestiert werden sollte (bisher ist keinerlei Erfolgskontrolle vorgeschrieben). Als Anreiz für langfristig umweltgerechtes Handeln der Kommunen empfiehlt er die Einführung des "Ökokontos".

Die Sicht der Bundesländer stellt Dr. D. ROHLF als Vorsitzender der Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz dar. Er betont, daß die Novelle nicht hinter dem inzwischen von den Ländern erreichten Stand zurückbleiben darf. Hinsichtlich der FFH-Richtlinie sei die bestehende Rechtsunsicherheit der Länder möglichst rasch zu beheben; dabei plädiert er für ein eigenständiges FFH-Gesetz. Er spricht sich für eine Streichung der Abwägungsklausel im Naturschutzgesetz aus, die eine doppelte Abwägung zu ungunsten des Naturschutzes bedeute. Bezüglich der "Landwirtschaftsklauseln" sieht er die Lösung in einer Festlegung, wie ordnungsgemäße Land- und Forstwirtschaft im Sinne des Naturschutzes zu verstehen ist.

Einen sehr wichtigen Aspekt betont H. RÖSCHEISEN als Vertreter der Naturschutzverbände. Er hebt hervor, daß es nicht ausreicht, das Naturschutzgesetz zu novellieren! Sämtliche Gesetze, die die Landnutzung betreffen, müßten so überarbeitet werden, daß eine Kohärenz mit dem Naturschutzgesetz entsteht.

Die besprochene Referatesammlung stellt eine streckenweise durchaus trockene und mühsame Lektüre dar. Es wiederholen sich notwendigerweise auch viele Aussagen. Als Lohn des "Durchbeißen" ergibt sich jedoch ein guter Überblick über den Stand der Diskussion zur Novellierung des Bundesnaturschutzgesetzes (wenn auch nur von Seiten der dem Naturschutzanliegen prinzipiell Nahestehenden).

Mittlerweile wurde nun von Ministerin MERKEL ein Novellierungsentwurf vorgestellt, welcher sich derzeit im Abstimmungsverfahren befindet. Eine Bewertung dieses Entwurfes dürfte durch einen Vergleich mit den Beiträgen des besprochenen Bandes erleichtert werden.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Hercynia](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [30](#)

Autor(en)/Author(s): Kuschka Volkmar, Tonn Frieder

Artikel/Article: [Eine Methode zur quantitativen Beschreibung von Mikrorelief und Rauigkeit der Bodenoberfläche als Komponente des Raumwiderstandes für epigäische Tiere 303-319](#)