

Ökologische Indices zur Bewertung von dynamischen Habitaten als Lebensraum für ausgewählte Carabidenarten im Elbauenbereich

Christine Vogel, Thomas Rickfelder

1 Einleitung

Laufkäfer bewohnen in Mitteleuropa alle terrestrischen Habitate. Neben euryöken Arten, die fast überall vorkommen, gibt es stenöke Arten, deren Vorkommen weitgehend auf Uferbereiche von Bächen, Flüssen und Flussauen beschränkt ist (Nelles und Gerken 1990). Als Auenbewohner reagieren sie auf die natürliche Hochflutdynamik (Bonn und Kleinwächter 1999). Im ufernahen Bereich gibt es aber vielfach nur noch Reliktareale, die ihren speziellen Ansprüchen genügen (Dörfer et al. 1995). Da sie als Imagines sehr rasch auf die Veränderung ihres Lebensraumes reagieren können, wird den ripicolen Laufkäfern eine gute Eignung als Bioindikatoren für diese Habitate zugeschrieben (Zulka 1994).

Die Eignung eines Habitates als Lebensraum für eine bestimmte Art kann mit Habitateignungsmodellen (habitat suitability index, HSI) untersucht werden (Mühlenberg et al. 1991). Biotope unterschiedlicher Art können im Lebenszyklus der Tiere verschiedene Funktionen haben, so z.B. als Fortpflanzungs- oder Nahrungshabitate. Gerade den Juvenilstadien kommt eine fundamentale Bedeutung bei der Habitatwahl der Art zu (Lövei und Sunderland 1996). Als wenig mobile Stadien sind ihre Ansprüche an die biotische und abiotische Umwelt entscheidend für die Habitateignung. Basisdaten zur Biologie einzelner Auenarten sind eine Voraussetzung zur Modellierung von lokalen Populationen.

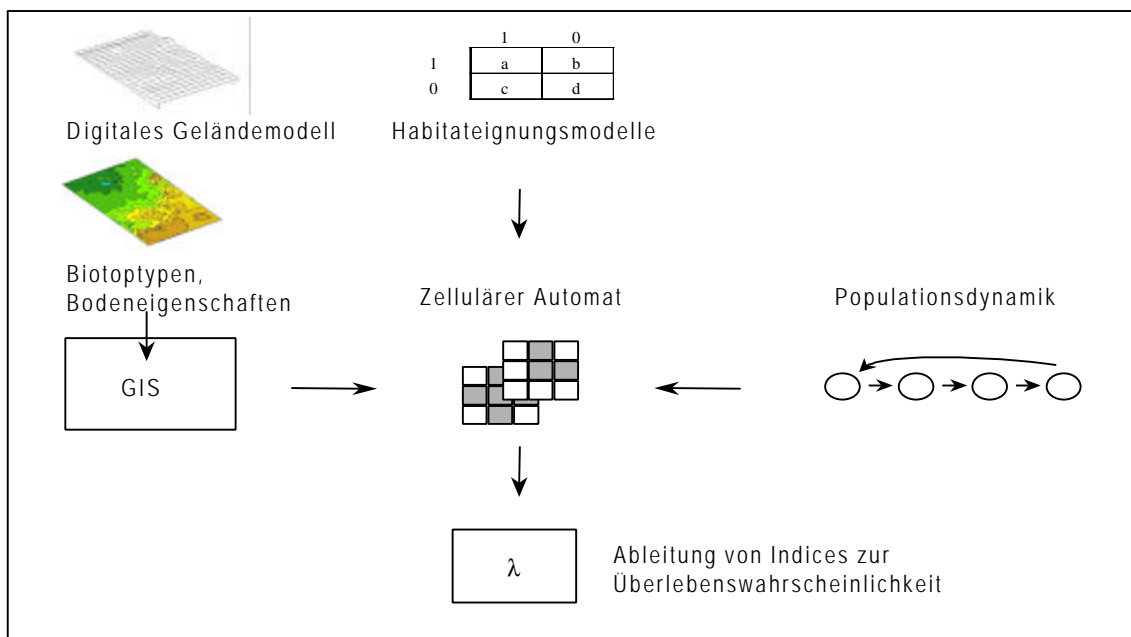


Abb. 1. Modellierungskonzept

Daher soll in diesem Projekt ein Simulationsmodell erstellt werden, mit dem die Habitatbindung und die Populationsentwicklung von auentypischen Carabidenarten untersucht werden kann. Die Populationsdynamik wird mit Hilfe eines GIS und den abgeleiteten Habitateignungsmodellen in eine raum-zeitliche Dynamik eingebettet, wobei die Überlebens- und Fertilitätsraten in Abhängigkeit von der Habitatqualität variieren (siehe Abb. 1). Aus diesen variierenden Überlebens- und Fertilitätsraten lässt sich dann ein Index ableiten, der Aussagen und Prognosen zu den Überlebenswahrscheinlichkeiten von Laufkäfergemeinschaften in Auengebieten zulässt.

2 Modellierung der Habitateignung

Untersuchungsgebiet sind die Fährwiesen bei Sandau (Elbkilometer 417-418). Das langsam ansteigende Deichvorland und der Altarm sind durch eine hohe Überflutungsdynamik geprägt. Daher ist es gut geeignet zur Untersuchung der Verteilungsmuster von Carabiden und der Anpassungsmechanismen ripicol-er Arten.

Mit Hilfe des Laufkäfermonitorings im Freiland wurden Daten erhoben, die einen Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von Laufkäferarten und bestimmten abiotischen bzw. biotischen Parameterausprägungen ermöglichen. Aus diesem Grund ist es wichtig, die im Untersuchungsgebiet vorkommenden, unterschiedlichen Strukturen wie z.B. Substrattypen, Vegetation oder auch Vegetationstypen zu beproben. Zu diesem Zweck wurden durch eine Vorstratifizierung einzelne Strukturen identifiziert, in die randomisiert Barberfallen ausgebracht wurden. Weiterhin wurden für jede Barberfalle abiotische und biotische Parameter aufgenommen, so z.B. eine Vegetationsstrukturkartierung.

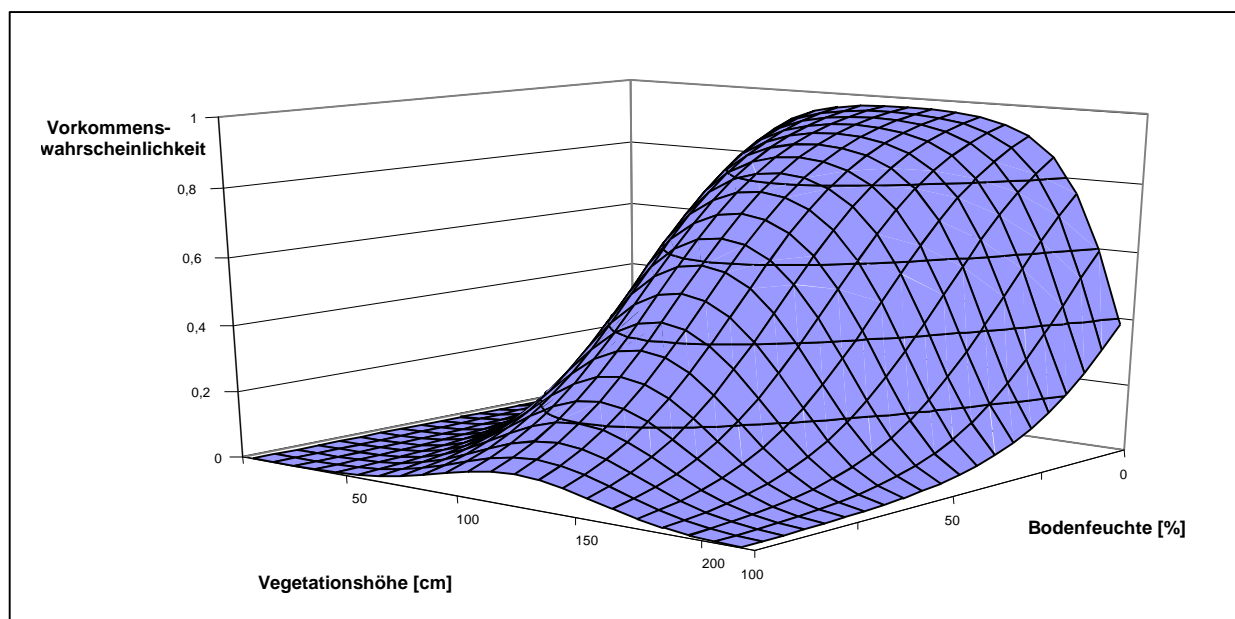


Abb. 2. Bivariates Prognosemodell der Vorkommenswahrscheinlichkeit von *Carabus granulatus* für den Parameterraum Vegetationshöhe/Bodenfeuchte mittels logistischer Regression

Ziel der Habitateignungsmodellierung ist die Ableitung von Vorkommensprognosen (p) aus einer Analyse von Vorkommens- bzw. Nicht-Vorkommensdaten im Verhältnis zur Ausprägung von Habitatfaktoren (x, siehe Gleichung 1, Peeters und Gardeniers 1998). Für die jeweils betrachtete Art wird die Habitatqualität anhand der Präsenz-Absenz-Daten und den biotischen und abiotischen Habitatfaktoren errechnet (Schröder 2000). Die Modellierung beruht auf der Prämisse, dass die ausgewählten Schlüsselfaktoren diejenigen Habitateigenschaften, welche für die Habitatwahl wichtig sind und den Ansprüchen der Arten an ihren Lebensraum entsprechen, hinreichend gut charakterisieren.

$$p = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n)} \quad \text{Gleichung 1}$$

Die logistische Regressionsanalyse ist dafür ein außerordentlich flexibles Verfahren, das sowohl für die Erklärung von Zusammenhängen als auch für die Durchführung von Prognosen große Bedeutung besitzt. Dabei wird der Zusammenhang zwischen einer abhängigen (response variable; hier Vorkommen oder Nichtvorkommen einer Käferart) und unabhängigen Variablen (explanatory variables oder Covariaten; hier die Habitatfaktoren) betrachtet. Dieser kann multivariat im Sinne von Hutchinson (1957) als Volumen im multidimensionalen Hyperraum (Pearce et al. 1994), zum anderen aber auch univariat, d. h. in Bezug auf einen einzelnen Habitatfaktor betrachtet werden. In Abb. 2 ist eine bivariate Responseo-

berfläche der Vorkommenswahrscheinlichkeit für *Carabus granulatus* im Parameterraum Vegetationshöhe/Bodenfeuchte dargestellt.

3 Populationsdynamik

Der populationsdynamische Ansatz basiert auf dem Lebenszyklus von Laufkäfern. Bei Laufkäfern kann ein Ei-, drei Larven-, ein Puppen- und ein Adultstadium unterschieden werden. Für die Modellierung interessant sind zum einen die Überlebensraten von einem Stadium ins nächste und die Fertilitäten der Weibchen. Um diese zu ermitteln, wurden Laboraufzuchten für einige Laufkäferarten durchgeführt. Dabei wurden einerseits Arten aufgezogen, die stenotop hygrophil sind wie zum Beispiel *Agonum marginatum*, aber auch eurytop hygrophile Arten wie *Poecilus cupreus* zum Vergleich. Für jede dieser Arten wurden Aufzuchten bei unterschiedlichen Temperaturen und Feuchtestufen durchgeführt. In Tab. 1 sind die Ergebnisse für *Agonum marginatum* bei einer Substratfeuchte von 60,0% dargestellt. Die ermittelten Parameter dienen als Grundlage für die Modellierung der Populationsdynamik.

Tab. 1. Lebensstafel für *Agonum marginatum* bei einer Substratfeuchte von 60,0 %

Entwicklungsstadium	Anzahl	Standardisierte Anzahl [%]	Mortalitätsrate pro Stadium [%]	Kumulierte Mortalitätsrate
Larve I	32	100,0	25,0	0,250
Larve II	24	75,0	25,0	0,438
Larve III	18	56,3	22,2	0,564
Puppe	14	43,8	21,4	0,656
Imago	11	34,4		

Die Modellierung der Populationsdynamik erfolgt mit Projektionsmatrizen (Leslie 1945, Caswell 1989). Diese sind besonders zur Darstellung der Dynamik von Populationen geeignet, die während ihrer Entwicklung mehrere Stadien durchlaufen (Söndgerath und Richter 1990). Der Ansatz beruht auf einer Projektionsmatrix, in die die Fertilitäten und die Überlebensraten der einzelnen Stadien eingehen und einem Populationsvektor, der die Anzahl an Eiern, Larven etc. beinhaltet. Die Berechnung der Populationsgröße zum nächsten Zeitpunkt (das heißt des Populationsvektors $t+1$) erfolgt über die Multiplikation der Projektionsmatrix mit dem Populationsvektor zum Zeitpunkt t .

Aus der Projektionsmatrix lassen sich ökologische Indices ableiten, beispielsweise über die Berechnung des maximalen Eigenwertes dieser Matrix. Die Bestimmung des Eigenwertes hängt von den in der Projektionsmatrix enthaltenen Überlebensraten und Fertilitäten ab. Je höher die Überlebensraten und Fertilitäten, desto höher ist auch der Eigenwert. Der Eigenwert lässt folgende Aussagen zu: Ist der Eigenwert kleiner eins, nimmt die Populationsgröße ab, ist er gleich eins, bleibt die Populationsgröße konstant, und wird er größer eins, so nimmt die Populationsgröße zu. Dieser Eigenwert hat somit Prognosecharakter und ermöglicht Aussagen über die Entwicklung von Populationen.

4 Synthese

Habitateignungsmodelle und das populationsdynamische Modell werden mit Hilfe eines zellulären Automaten zusammengeführt (Abb. 1). Ein zellulärer Automat besteht aus Rasterzellen, die bestimmte Eigenschaften haben, und in jeder Zelle werden diverse Regeln angewendet. Der zelluläre Automat wird hier zur Konkretisierung eines räumlichen Bezuges verwendet. Dazu werden aus einem Geographischen Informationssystem (GIS) Daten zu Habitateigenschaften wie beispielsweise Bodentyp oder Biotoptyp als Rasterdaten exportiert. Jede Zelle des zellulären Automaten erhält dann diese Habitateigenschaften zugewiesen. Ausgehend von den Ergebnissen aus der Habitatmodellierung kann dann für jede Zelle prognostiziert werden, ob eine bzw. mit welcher Vorkommenswahrscheinlichkeit eine bestimmte Art in einer Zelle vorkommen kann.

In jeder Zelle wird auch eine Populationsdynamik modelliert. Diese wird auf die konkreten räumlichen Habitateigenschaften bezogen. Bestimmte Habitateigenschaften wie beispielsweise Bodenfeuchte

oder Überflutungen beeinflussen dabei die Überlebensraten und Fertilitäten. Veränderbare Überlebensraten haben auch einen Einfluss auf die Bestimmung der ökologischen Indices. Je höher diese Raten, desto höher ist auch der Eigenwert der Projektionsmatrix. Weiterhin können auf der Basis dieser ökologischen Indices Prognosen zur Populationsentwicklung gestellt werden.

Durch die Zusammenführung dieser Modellteile entsteht ein Simulationsmodell, mit dem unterschiedliche Szenarien (beispielsweise unterschiedliche Überflutungsszenarien) und deren Auswirkungen auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Laufkäfergemeinschaften modelliert werden können.

Literatur

- Bonn, A., Kleinwächter, M. (1999) Microhabitat distribution of spider and ground beetle assemblages (Araneae, Carabidae) on frequently inundated river banks of the River Elbe. *Z. Ökologie u. Naturschutz* 8, 109-123
- Caswell, H. (1989) *Matrix Population Models*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. Publishers
- Dörfer, K., Buschmann, M., Gerken, B. (1995) Carabidengemeinschaften (Coleoptera, Carabidae) im Einflusbereich wechselnder Wasserstände an der Oberweser. *Limnol. aktuell* 6, 191-212
- Hutchinson, G.E. (1957) Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 22, 415-427
- Leslie, P.H. (1945) On the use of matrices in certain population mathematics. *Biometrika* 33, 183-212
- Lövei, G.L., Sunderland, K.D. (1996) Ecology and behaviour of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annu. Rev. Entomol.* 41, 231-256
- Mühlenberg, M., Hovestadt, T., Röser J. (1991) Are There Minimal Areas for Animal Populations? In: Seitz, A., Loeschke V. (Eds.) *Species Conservation: A Population-Biological Approach*. 227-264. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser Verlag
- Nelles, U., Gerken, B. (1990) Zur Carabidenfauna einer südostfranzösischen Auenlandschaft - zöologische Charakterisierung hochflut-geprägter Standorte und ihre aktuelle Gefährdung. *Acta Biol. Benrodis* 2, 39-56
- Pearce, J.L., Burgman, M.A., Franklin, D.C. (1994) Habitat Selection by Helmeted Honeyeater. *Wildlife Research* 21, 53-63
- Peeters, E., Gaardeniers, J. (1998) Logistic regression as a tool for defining habitat requirements of two common gammarids. *Freshwat. Biol.* 39, 605-615
- Schröder, B. (2000): Zwischen Naturschutz und theoretischer Ökologie: Modelle zur Habitateignung und räumlicher Populationsdynamik für Heuschrecken im Niedermoor. Dissertation TU Braunschweig
- Söndgerath, D., Richter, O. (1990) An Extension of the Leslie Matrix Model for Describing Population Dynamics of Species with several Development Stages. *Biometrics* 46, 595-607
- Zulka, K.P. (1994) Carabids in a Central European floodplain: species distribution and survival during inundations. In: Desender, K., Dufrêne, M., Loreau, M., Luff, M.L., Maelfait, J.P. (eds.) *Carabid Beetles: Ecology and evolution*. 399-405. Kluwer Academic Publisher

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF-Förderkennzeichen 0339592