

Geographische Informationssysteme und die künftige Entwicklung ökologischer Theorien

John R. Haslett

Synopsis

Geographical Information Systems have changed the ways in which we use maps, providing ecologists with a new perspective from which to view the environment. The systems are already demonstrating their value as aids to decision-making in land use planning, but their usefulness for addressing more theoretical problems of "pure" ecology is still rather overlooked. Here I draw attention to some of the ways in which GIS may be used to approach issues of spatially orientated ecological theory, including questions of habitat definition and of scaling phenomena such as pattern recognition and fractal geometry.

Geographical Information Systems, habitat definition, habitat heterogeneity, Fractals, Syrphidae

1. Einleitung

Ökologen haben den Wert Geographischer Informationssysteme (GIS) als Werkzeug zum Definieren, Verstehen und Lösen von Landnutzungsproblemen und bei der Entscheidungsfindung von Umweltfragen bereits erkannt (s. z. B. HASLETT 1990 a, sowie andere Arbeiten, die in der gleichen Sektion dieser Tagung vorgestellt wurden). Verständlicherweise konzentrierten sich die ökologischen "Anwender" während der Anfangsphase des GIS-Bewußtseins und dessen Akzeptanz auf diesen "angewandten" Gebrauch. GIS ist jedoch vielseitiger; die Systeme können auch auf dem Gebiet der "reinen" Ökologie äußerst hilfreich sein. In dieser Arbeit möchte ich aufzeigen, wie GIS dazu beitragen kann, Fragen der räumlich orientierten Ökologie, u. a. auf dem Gebiet der Gemeinschaftsökologie in neuem Licht zu sehen. Obwohl ich hauptsächlich auf Tiergemeinschaften verweisen werde, können die betreffenden Prinzipien in gleicher Weise auf Pflanzengesellschaften angewandt werden.

Zu Beginn möchte ich kurz überprüfen, was wir mit dem Begriff "ökologische Gemeinschaft" meinen. In den vergangenen Jahren wurden viele Definitionen aufgestellt (z. B. BEGON & al. 1986, SOUTHWOOD 1988), alle mit dem gleichen Grundgedanken; die Definitionen beziehen sich auf eine Ansammlung von Organismen, die **innerhalb eines vorher definierten Raumes** vorkommen. Dies impliziert, daß die Ergebnisse jeder Gemeinschaftsuntersuchung vom Blickwinkel, aus dem die räumliche Umgebung betrachtet wird, abhängen.

Die hieraus resultierenden theoretischen Probleme sind nicht neu; sie können vielmehr als eine weitere Version der altbekannten Frage "Wie definieren wir ein Habitat?" gesehen werden. Ich schlage vor, daß Geographische Informationssysteme, v. a. diejenigen mit "Vektor-Modellen", einen neuen und gut fundierten Ansatz zur Lösung solcher Probleme darstellen. (Zur Diskussion Vektor- versus Rastersysteme s. HASLETT 1990 a).

Im folgenden zeige ich an zwei spezifischen Beispielen, wie GIS in bezug auf räumliche Habitatprobleme hilfreich sein kann. Beides sind Beispiele aus meiner eigenen Arbeit mit Syrphidengemeinschaften (Diptera) im Nationalpark Berchtesgaden, wo ein vektorbasiertes GIS (ARC/INFO von ESRI, Ringstr. 7, W - 8051 Kranzberg) aufgebaut wurde, das Meereshöhe, Exposition, Hangneigung und Landnutzungstyp als die Hauptvariablen verwendet (SCHALLER & SPANAU 1987).

2. Design der ökologischen Freilandarbeit

Die Auswahl der zur Stichprobennahme oder für experimentelle Zwecke dienenden Freilandflächen war für Ökologen immer problematisch. In welchem Ausmaß haben Vergleiche zwischen verschiedenen Flächen Gültigkeit? In Berchtesgaden wurden 1986 während der Sommermonate auf einer Vielzahl von Wiesen adulte Syrphiden gesammelt. Die Probenahme erfolgte mittels Malaise-Fallen, und die Auswahl "standardisierter" Habitatflächen erfolgte mittels GIS. Somit wurde ermöglicht, daß die Ergebnisse unter der Bedingung einiger weniger, klar definierter Umweltvariablen interpretiert werden konnten. Die getestete Hypothese war, daß die Syrphidengemeinschaften die spezifischen Unterschiede in den ausgewählten Habitaten reflektieren sollten.

Unterzieht man die erhaltenen Daten einer TWINSPLAN-Analyse (HILL 1979, MALLOCH 1988), so zeigt das resultierende Dendrogramm eine klare Gruppierung der Flächen bezüglich Landnutzungstyp und Exposition bei gleicher Meereshöhe (ca. 1.250 m über NN) (HASLETT 1990 b und in Vorbereitung).

Syrphidengemeinschaften sind also tatsächlich Indikatoren für Wiesenhabitatstypen, wie sie durch Geographische Informationssysteme definiert werden können. Solche Ergebnisse sprechen deutlich dafür, daß das Prinzip der Standardisierung der Freilandflächen, die ein GIS bietet, die Verlässlichkeit künftiger ökologischer Freilandarbeiten signifikant erhöhen würde.

3. Messen der Habitat-Heterogenität

Gegenwärtige Messungen der Habitat-Heterogenität (Habitat-Diversität) beinhalten im allgemeinen die Beurteilung des Landschaftsmosaiks aus einem "menschlichen Blickwinkel". Die Aufdeckung der Heterogenität durch den Menschen ist jedoch von der Meßskala abhängig, und diese wiederum unterscheidet sich häufig von der Skala, die von anderen Organismen zur Wahrnehmung ihrer Umwelt angewandt wird (WIENS 1989). Aber nur aus dem Blickwinkel der verschiedenen Organismen kann man brauchbare Informationen darüber erhalten, wieviel "Nischenplatz" für welche Organismen in einem realen Ökosystem zur Verfügung steht.

Geographische Informationssysteme bieten uns die Möglichkeit, in einem Habitatmosaik mit verschiedenen Skalen zu messen, und ermöglichen somit, räumliche Komplexität in einer ökologisch bedeutenderen Weise zu untersuchen. Darüber hinaus bedeutet der Versuch, das Vektorsystem dazu zu verwenden, "Grenzlinien zur Erfassung von Innenflächen" zu erhalten (BERRY 1987), daß auch den Grenzen zwischen den Habitatflächen Bedeutung beigemessen werden kann und daß diese einfach in die Komplexitäts-Analyse mittels der "Fraktal-Geometrie" eingeschlossen werden können.

Die sogenannte Fraktaldimension "D" stellt ein Maß für den Grad der Unregelmäßigkeit einer Linie oder Form dar. Ihr Wert reicht von 1,0, einer geraden Linie, bis zu 2,0, einem "Brownian-Trail" - einer Linie, die so komplex ist, daß sie die Fläche, auf der sie gezogen wird, vollständig ausfüllt. Das gesamte Konzept ist in Beziehung zur "Chaos-Theorie" von GLEICK (1986) leicht verständlich beschrieben worden, während die Relevanz von Fraktalen in der Ökologie formeller in einem ausgezeichneten Review-Artikel von SUGIHARA & MAY (1990) publiziert wurde.

Ohne auf der manchmal äußerst komplizierten Mathematik dieses Themas zu bestehen, kann man "D" als einen nützlichen Index der Habitatkomplexität berechnen, wenn man Vergleiche innerhalb oder zwischen verschiedenen Meßskalen (s. SUGIHARA & MAY 1990) anstellen will. Zur Verdeutlichung möchte ich auf die auf den Wiesen des Nationalparks Berchtesgaden durchgeführte Syrphiden-Studie zurückkehren.

Wenn man davon ausgeht, daß der "trivial range" (lokales Nahrungssuchgebiet) der Mehrzahl der Syrphidenarten nicht mehr als 300 m beträgt (beobachtet in Markierungsexperimenten; HASLETT 1982 sowie nicht publizierte Daten), so ist ein Kreis mit einem Radius von 300 m um jede Malaise-Falle eine angemessene Abschätzung des Habitats, in dem gesammelt wurde. Innerhalb dieses Kreises kann man das Habitatmosaik durch ein Übereinanderlegen aller vier GIS-Variablen definieren, wobei jede einzelne in dem für die Fliegen zur Verfügung stehenden Lebensraum von Bedeutung ist. Ein "Gesamtmaß" der Komplexität des Habitatmosaiks innerhalb jedes Kreises erhält man dann, wenn man den "D"-Wert aller Polygone mittels der von SUGIHARA & MAY (1990) beschriebenen Methode, die Umfang/Fläche erfaßt, berechnet.

Ergebnisse einer solchen Analyse zeigen, daß "D" auf den Berchtesgadener Wiesen von 1,22 (niedriger Komplexitätsgrad) bis 1,64 (höherer Komplexitätsgrad) reicht, in den meisten Fällen

(sechs von zehn Fallen) aber einen Wert zwischen 1,39 und 1,43 hat. Obwohl durch die Fallen Gebiete ähnlichen Habitat-Typs beprobt wurden, variiert somit die Komplexität der Vermischung der Mosaikflächen. Wie diese Schwankung der Mosaikkomplexität die Syrphidengemeinschaften oder andere Organismen, tatsächlich beeinflusst, bleibt abzuwarten. Vielleicht bringen kompliziertere Habitatmosaiken komplexere Gemeinschaften hervor, wenn man das Habitat mit der zutreffenden Skala betrachtet. Vielleicht sind Gemeinschaften in komplizierteren Habitaten besser vorherzusagen, - beständigerweise -, verglichen mit jenen in einfachen Mosaiken, wenn sie wiederum mit der richtigen Skala gesehen werden.

Und hier liegt der Punkt, auf den ich hinsteuere - die Kombination von Fraktal-Theorie mit einer GIS-Datenbasis bietet eine echte Möglichkeit, sich mit dem Habitatproblem auseinanderzusetzen. Damit wird ermöglicht, die Habitatkomplexität mit verschiedenen Skalen zu untersuchen, Skalen, die für die Organismen relevant sind, gleich ob es sich um Rotwild oder Fliegen handelt!

4. Zusammenfassung

Geographische Informationssysteme haben die Art und Weise verändert, in der wir Landkarten verwenden, und sie öffnen damit Ökologen eine neue Perspektive zur Betrachtung der Umwelt. Diese Systeme haben sich bereits als Hilfsmittel im Entscheidungsprozeß bei der Landschafts- und Raumplanung bewährt. Ihre Eignung für die Anwendung bei theoretischen Problemen der "reinen" Ökologie wird bislang aber noch fast gänzlich übersehen. In dieser Arbeit zeige ich Möglichkeiten wie man Geographische Informationssysteme verwenden kann, um sich Themen der räumlich orientierten Ökologie-Theorie anzunähern, die auch Fragen der Habitatdefinition und Skalierungsphänomene einschließt, wie z. B. das Erkennen von Mustern und Fraktal-Geometrie.

Danksagung

Ich danke Helmut Franz und Andreas Unterweger für ihre Hilfe in der Datenverarbeitung. Zahlreiche Diskussionen mit Werner d'Oleire-Oltmanns, Hubert Zierl, Walter Berberich und Norbert Winding haben geholfen, meine Ideen über die Anwendung von GIS in der Ökologie zu formen. Renate Asanger und Margit Palzenberger waren eine wertvolle Hilfe bei der Formulierung des deutschen Textes. Mein Dank gilt auch Prof. Hans Adam für seine Unterstützung am Zoologischen Institut Salzburg. Die Arbeit in Berchtesgaden wurde vom Umweltbundesamt (Berlin) und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unterstützt.

Literatur

- BEGON, M., HARPER, J. L. & C. R. TOWNSEND, 1986: Ecology: Individuals, populations and communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 876 S.
- BERRY, J. K., 1987: Computer-assisted map analysis: Potential and pitfalls. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 53: 1405-1410.
- HASLETT, J. R., 1982: Feeding ecology and behaviour of some adult hoverflies (Diptera: Syrphidae). DPhil thesis, University of Oxford. 201 S.
- HASLETT, J. R., 1990 a: Geographic Information Systems: a new approach to habitat definition and the study of distributions. Trends in Ecology and Evolution 5: 214-218.
- HASLETT, J. R., 1990 b: Berchtesgaden syrphid project: Final report to the Berchtesgaden National Park Administration (unpublished).
- HILL, M. O., 1979: TWINSPAN - a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Section of Ecology and Systematics, Cornell University, Ithaca, New York.
- MALLOCH, A. J. C., 1988: VESPAN II: A computer package to handle and analyse multivariate species data and handle and display species distribution data. University of Lancaster, Lancaster, England: 154 S.
- SCHALLER, J. & L. SPANDAU, 1987: MAB-Projekt 6: Der Einfluß des Menschen auf Hochgebirgs-ökosysteme - Integrierte Methoden und Auswertungsansätze zu den Ergebnissen der Ökosystemforschung Berchtesgaden. Verh. Ges. Ökol. 15: 35-47.

- SOUTHWOOD, T. R. E., 1988: The concept and nature of the community. In: GEE, J. H. R. & P. S. GILLER (eds.): Organisation of communities, past and present. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 576 S.
- SUGIHARA, G. & R. M. MAY, 1990: Applications of fractals in ecology. Trends in Ecology and Evolution 5: 79-86.
- WIENS, J. A., 1989: Spatial scaling in ecology. Functional Ecology 3: 385-397.

Adressen

Dr. John R. Haslett
Zoologisches Institut der Universität Salzburg
Hellbrunner Str. 34

A - 5020 Salzburg

und

Nationalparkverwaltung
Doktorberg 6

W - 8240 Berchtesgaden

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [20_2_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Haslett John R.

Artikel/Article: [Geographische Informationssysteme und die künftige Entwicklung ökologischer Theorien 721-724](#)