# Bewertung von Landschaften hinsichtlich der Habitatansprüche ausgewählter Leittierarten

Andreas Baumann, Müncheberg
Ralf Wieland, Müncheberg

**Abstract**

The paper deals with the modelling of the habitat demands of biotic components in agricuture landscape. The general approach will be illustrated by the example of the barn own. Instead of modelling the population process directly, the habitat of animals will be modelled. The calculation of the habitat quality is based on the subjective biological knowlegde of the expert.The main idea is combination of of modelling with neural nets and the analysis of space with the grid component of GIS.

**Zusammenfassung**

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Modellierung von Habitatanforderungen biotischer Komponenten in Agarlandschaften. Der allgemeine Zugang wird am Beispiel der Schleiereule demonstriert. Anstelle einer direkten Modellierung der Population wurde eine Modellierung der Habitatqualität vorgezogen. Die Bewertung der Habitatqualität erfolgt auf der Basis biologischen Fachwissens des Experten. Die grundlegende Idee der Modellierung liegt in einer Kopplung von Neuronalen Netzen zur Wissensrepräsentation und in der Analyse räumlicher Strukturen mit Hilfe der GRID-Komponente des GIS.

## 1 Einleitung

Vor dem Hintergrund einer schleichenden Veränderung des Klimas, der Luftverschmutzung, der Verunreinigung des Wassers und des Bodens, aber auch großer struktureller Wandlungen in der Landwirtschaft und veränderter Landnutzungsformen, ist es wichtig, über zuverlässige Modelle zu verfügen, die eine Vorhersage und Bewertung dieser Veränderungen bzgl. der Umwelt erlauben. In diesem Kontext ist auch die vorgestellte Modellierung von Wachstums- und Entwicklungsprozessen ausgewählter Pflanzen und von Lebensräumen ausgewählter Tierarten zu verstehen.
Für eine ganzheitliche Bewertung der Landnutzung spielen die mit dem Wachstum von Kulturpflanzen und die Haltung von Nutztieren verbundenen Stoff-, Wasser- und Energiehaushaltprobleme als wesentlicher Teil der landwirtschaftlichen Produktion, aber auch Wildpflanzen und Tiere eine wichtige Rolle. Wachstums- und Entwicklungsprozesse von Kulturpflanzen sind sehr wichtig für die Bewertung der stofflichen Belastungen von Wasser und Boden und der Energiebilanz in der Landwirtschaft. Die Veränderung im Auftreten von wildlebenden Pflanzen und Tieren haben sich als zuverlässige Indikatoren für Umweltschäden gezeigt,

die in der Regel vor dem Sichtbarwerden anderer makroskopischer Schäden beobachtbar sind.
In fachspezifischen biologischen Untersuchungen werden die Prozesse des Aussterbens von Arten häufig nur qualitativ erfaßt, für eine prognostische Bewertung der Konsequenzen aus veränderter Landnutzung ist jedoch die quantitative Seite wichtiger. Es ist deshalb notwendig, quantitativen Auswirkungen oben genannter Veränderungen abschätzen zu können. Das Wissen der Biologen liegt oft nur in beschreibender Form als Expertenwissen, oder in Form von Beobachtungsreihen vor, ist somit einer mathematischen Behandlung nicht direkt zugänglich. Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich aus der Tatsache, daß Modelle herkömmlicher Art, also z.B. Systeme von Differentialgleichungen oder umfangreiche algorithmische Modelle, für eine Modellierung obiger Prozesse kaum geeignet erscheinen, da die für solche Modelle notwendigen Parameter in der Regel nicht mit genügender Genauigkeit bestimmbar sind. Diese Parameter ergeben sich aus Beobachtungsdaten, die aufgrund ihrer Erhebung mit einem hohen Fehler behaftet sind. In vielen Fällen liegen nicht einmal Meßreihen vor, so daß sich auf subjektive Bewertungen gestützt werden muß. Diese Gründe schränken die Eignung herkömmlicher Modelle auf meist nur kleine, homogene und mit zum Teil sehr großem Aufwand untersuchte Gebiete ein. Eine Ausdehnung dieser Modelle auf größere Flächen stößt daher auf sehr große Schwierigkeiten bzw. erscheint unmöglich.
Ähnliche Probleme sind auch aus anderen Gebieten, wie z.B. der Steuerung industrieller Prozesse, bekannt. Hier wurden Lösungen durch die Einbeziehung von Methoden der künstlichen Intelligenz und neuerdings der Neuro/Fuzzy-Technologie erarbeitet und mit gutem Erfolg eingesetzt. Diese Methoden basieren auf der Möglichkeit , das Wissen des Experten für die Modellierung oder Steuerung direkt zugänglich zu machen und damit den Umweg über ein Modell in Form von Differentialgleichung zu vermeiden. Gegenüber den anfänglich favorisierten Expertensystemen gewinnen heute die Neuro/Fuzzy-Technologien zunehmend an Bedeutung. Diese Systeme sind für die Modellierung biologischer Systeme besonders gut geeignet, da sie mit Unschärfen sowohl in den Parametern als auch mit Unschärfen in der Strukturbeschreibung gut zurechtkommen. Damit ergibt sich eine Äquivalenz der Sprachebenen des Biologen und des Modellierungssystems.
Ein weiterer großer Vorteil der Neuro/Fuzzyansätze liegt in der Möglichkeit, aus dem verfügbaren Wissen kleine, schnell ablaufende Programme zu generieren, die im Laufzeitverhalten auch für die Behandlung großer Flächen geeignet sind. Hier liegt aber zugleich ein Mangel dieser Modellierung begründet. Da die Programme in der Regel compilierter Quellcode sind, ist eine nachträgliche Verifikation anhand eines Traceprotokolls gewönhlich nicht möglich. Wie schwerwiegend dieser Mangel ist, muß im Einzelfall entschieden werden. Ein wichtiger Vorteil speziell der Neuronalen Netze liegt in ihrer Fähigkeit zur Adaption begründet. D.h. es ist leicht möglich, durch genauere Beobachtungen und neues Datenmaterial die Leistungsfähigkeit der generierten Struktur weiter verbessern zu können, ohne die Struktur verändern zu müssen. Eine oft unterschätzte Eigenschaft Neuronaler Netze ist ihre Fähigkeit zur Generalisierung. Diese Fähigkeit kann sehr gut zur Abbildung partieller Beobachtungsreihen des Biologen in eine genäherte Modellstruktur genutzt werden. Voraussetzung ist aber, daß die Netze nicht mit dem unvollständigen Wissen übertrainiert werden, da in diesem Fall die Netze außerhalb der trainierten Datenpunkte keine zuverlässigen Aussagen liefern.

## 2 Habitatmodellierung

Ein Beispiel des Einsatzes von Neuro/Fuzzy-Technologien bilden die Habitatmodellierung ausgewählter Tierarten. Traditionell werden Populationsdynamiken mittels Populationsmodellen, die die Geburts- und Sterberaten in Abhängigkeit von der aktuellen Populationsgröße unter Beachtung begrenzter Ressourcen und exogener Einflußgrößen, wie z.B. dem Wetter, beschrieben. Diese Ansätze sind, wie oben beschrieben, nur für kleine, homogene Untersuchungsgebiete geeignet. Der hier vorgestellte Ansatz geht von einer direkten Modellierung der Population ab und versucht, die Einflußfaktoren die den Lebensraum - das Habitat - beschreiben, über einen GIS gestützten Neuro/Fuzzy-Ansatz zu erfassen.
Die in diesem Ansatz realisierte Form der Habitatmodellierung beschreibt die Habitatqualität für eine ausgewählte Tierart als komplexe Funktion einer zu bewertenden Landschaft, d.h., die vielfältigen Aspekte einer Landschaft, ihr geologischer Ursprung, die anzutreffenden Nutzungsarten, die Art der Strukturierung mit speziellen Landschaftselementen, dem Vorkommen von bestimmten Biotoptypen, sowie deren Kombination zu charakteristischen Landschaftsmustern werden bezüglich des Nahrungsangebotes, der Möglichkeiten zur Fortpflanzung und dem Vorkommen von Feinden und Konkurrenten analysiert und entsprechend bewertet. Habitatmodelle sollen für folgende ausgewählte Tierarten: Schleiereule, Rotbauchunke, Kranich und Großtrappe erstellt werden. Diese Tierarten fungieren als Leitarten, die Methoden der Modellierung sind aber ebenso auf andere Tierarten übertragbar.

### 2.1 Modellierung räumlicher Aspekte habitatbestimmender Faktoren

Ein wichtiger Aspekt des Habitatmodells ist der Raumbezug der oben bereits erwähnten elementaren Faktoren. Die räumliche Verteilung dieser Faktoren stellt selbst eine wichtige Kategorie der Eigenschaften eines Habitates dar. Die räumliche Verteilung kann in zwei Richtungen untersucht und im Habitatmodell erfaßt werden. Eine Form der Erfassung und Bewertung der räumlichen Verteilung habitatbestimmender Faktoren ergibt sich aus einer *vertikalen* Sicht, die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Kombination *verschiedener* Faktoren an einem bestimmten Ort im Vordergrund steht ( z.B. Kombination aus Landnutzung und Strukturelementen ). Eine *horizontale* Sicht der räumlichen Verteilung beschreibt die räumliche Verteilung *eines* Faktors.
Da sich die Erstellung der Habitatmodelle auf konkrete Testgebiete beziehen soll, wird die Datenhaltung der habitatrelevanten Informationen zum großen Teil mit Hilfe eines GIS realisiert. Im GIS sind die elementaren Faktoren, wie die Flächennutzung, Biotoptype, Kleinstrukturen, Verkehrswege usw. gespeichert und können mittels erstellter Analyse u. Bewertungsfunktionen zur Erzeugung einer habitatorientierten Beschreibung der Landschaft verarbeitet werden. Zur Realisierung der angesprochenen Analyse u. Bewertungsfunktionen wurde die rasterorientierte ARC/INFO Komponente GRID gewählt, siehe (ESRI, 1992), da diese viele Grundfunktionen für eine räumliche Modellierung bereitstellt und eine einfache Form der Darstellung von räumlich sich kontinuierlich verändernden Faktoren ermöglicht. Die Darstellbarkeit von sich räumlich kontinuierlich verändernden Größen, ist im Rahmen einer raumbezogenen Habitatmodellkomponente von besonderer Wichtigkeit, da sich die Raumnutzung natürlicher Systeme nicht durch feste Grenzen untergliedern läßt. Ein wesentlicher methodischer Ansatz besteht in der multifunktionellen Bewertung von Landschaftselementen einschließlich ihrer Potentialfunktionen. Unter der multifunktionellen Bewertung ist zu verstehen, daß z.B. die Strukturelemente einer Landschaft ( einzelne Bäume, Baumgruppen,

Büsche usw. ) für verschiedene Tierarten ganz unterschiedliche Funktionen besitzen. Ein wichtiger Aspekt der zu modellierenden *Funktionsweise* von Landschaftselementen besteht in der räumlichen Ausprägung ihrer Funktion, die in Form von Potentialfeldern beschrieben werden kann. Potentialfelder definieren das Maß, in welchem die Funktion des betrachteten Landschaftselementes in seiner Umgebung wirksam wird. Als Beispiel sei hier eine kleine Baumgruppe angeführt, die als Anstand für eine Schleiereule dienen kann. Diese Baumgruppe erfüllt dann eine wichtige Funktion für den Jagderfolg, wobei der Jagderfolg nicht nur am unmittelbaren Standort der Baumgruppe realisiert werden kann, sondern auch in einer bestimmten Umgebung der Baumgruppe ( z.B. in einer Umgebung von 50 - 80 m ), wobei der Jagderfolg mit zunehmender Entfernung vom Ansitz tendentiell abnimmt.
Im erstellten Modellprototyp wurde in Anlehnung an (Nijkamp, Reggiani, 1992) folgende Potentialfunktion zur Beschreibung der räumlichen Ausprägung eines Habitatqualitätsaspektes bezüglich des *i*- ten Landschaftselementes verwendet :

$$Hq_i(x,y) = a_i \, e^{-b_i((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

$Hq_i(x,y)$ Habitatqualität des abgebildeten Habitatqualitätsaspektes am Punkt *(x,y)* bezüglich des Landschaftselementes *i*, welches sich an der Position $(x_i,y_i)$ befindet

$a_i$ Koeffizient, dessen Wert in Abhängigkeit von der quantitativen Ausprägung des abgebildeten Habitatqualitätsaspektes gewählt wird

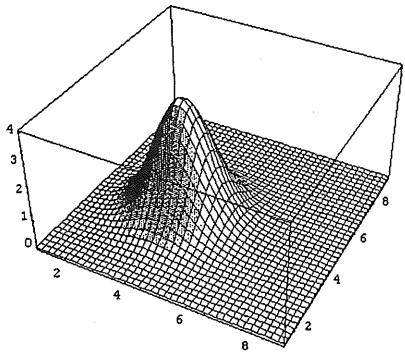


Abbildung 1: Darstellung des Potentialfeldes eines Landschaftselements

$b_i$ Koeffizient, der als Gradient bestimmt, nach welcher Entfernung die Habitatqualität des abgebildeten Habitatqualitätsaspektes gegen 0 geht

Da die Gestalt der Potentialfunktionen sich in der Regel nicht analytisch herleiten läßt, sondern eher auf der Grundlage von empirischen Regeln und Expertenwissen herleitet, führt die Anwendung von Potentialfunktionen auch zu Unschärfen. Die Berücksichtigung dieses Aspektes ist durch die Art der Realisierung der *vertikal* orientierten Verarbeitungsoperationen, Verknüpfung mehrerer Faktoren mit Hilfe belehrter Neuronaler Netze, gewährleistet. Mit Hilfe der Potentialfelder, die sich bei benachbarten Landschaftselementen überlagern können, ist es möglich, funktionelle räumliche Interaktionen zwischen gleichartigen und andersartigen Landschaftselementen zu beschreiben, und damit den Vernetzungsgrad der Landschaftselemente abzubilden.

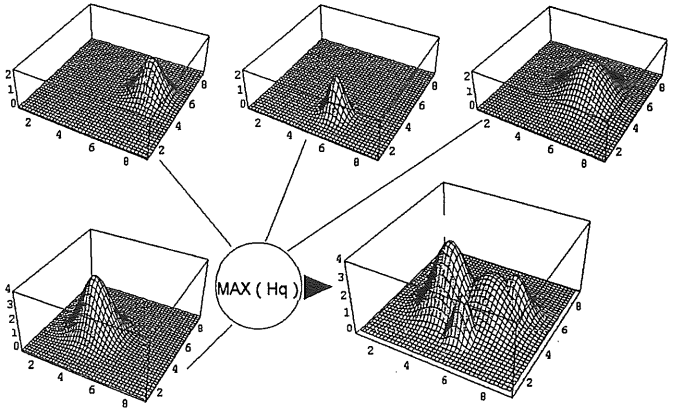


Abbildung 2: Darstellung der Überlagerung räumlich benachbarter Potentialfelder

## 2.2 Prototyp eines Habitatmodells

Die Entwicklung des Prototyps erfolgte mit dem Ziel, eine methodische Lösung für die rechentechnische Umsetzung eines Habitatmodells zu finden, welches die Modellierungsmethodik auf der Grundlage Neuronaler Netze mit der GIS gestützten raumbezogenen Modellierungsmethodik verbindet. Die nachfolgende Abbildung zeigt die allgemeine Grobstruktur des Prototyps:

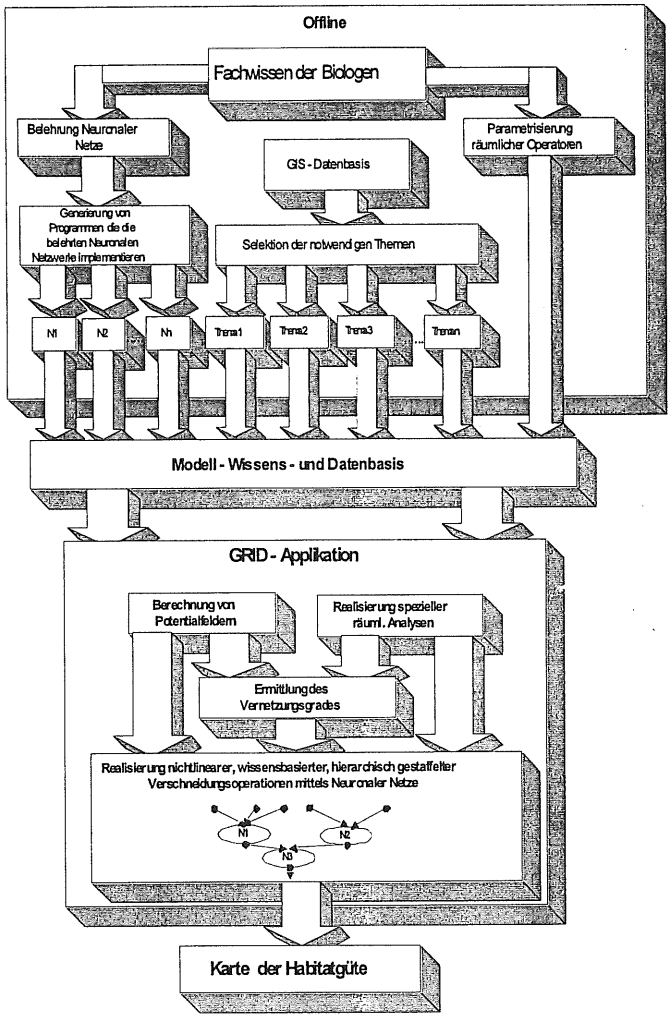


Abbildung 3: Darstellung eines Habitatmodell - Prototyps

Habitatgüteorientierte Beschreibung der Landschaft als Kombination aus räumlichen Analyseverfahren und belehrten Neuronalen Netzen am Beispiel des Prototyps eines Habitatmodells für die Schleiereule

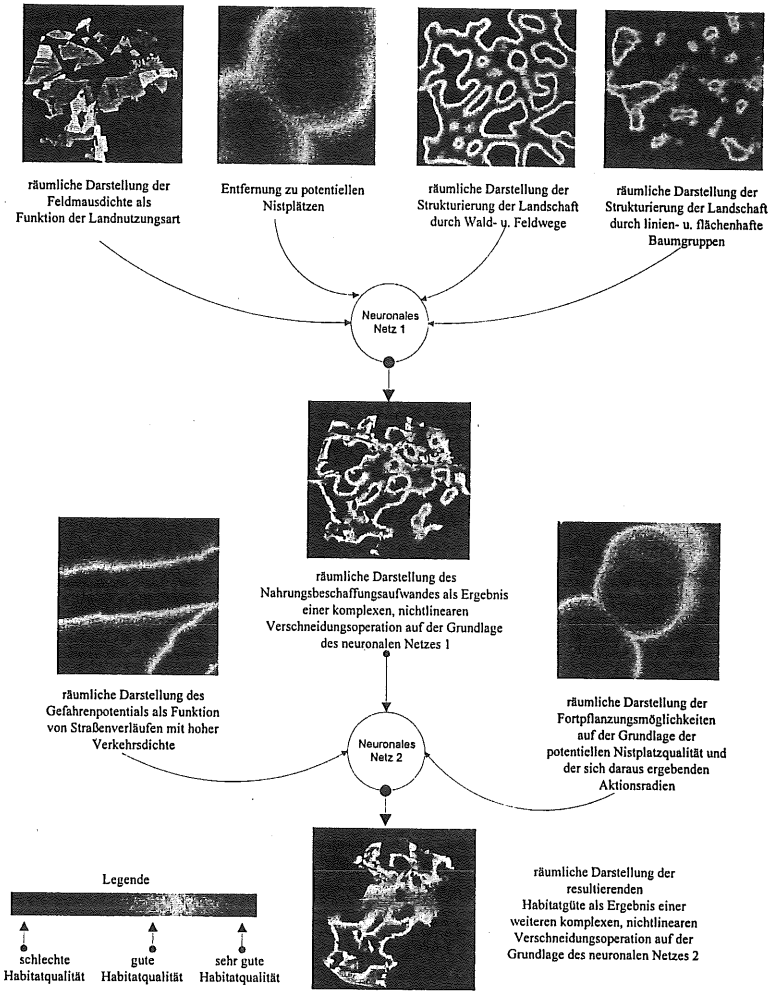


Abbildung 4: Darstellung der Erzeugung einer habitatgüteorientierten Beschreibung einer Landschaft

## 3 Ergebnisse

In der Abbildung 4 wird gezeigt, wie mit Hilfe des erstellten Prototyps die Bewertung eines Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Habitatgüte der Schleiereule erfolgt. Mittels spezieller GIS - Algorithmen inklusive der weiter oben beschriebenen Erzeugung von Potentialfeldern, wurden die geographischen Ausgangsdaten in eine leitartenorientierte Beschreibung der Landschaft überführt. Die komplexen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Faktoren werden mittels der belehrten Neuronalen Netze nachgebildet und für die Realisierung einer habitatgüteorientierten Beschreibung der Landschaft verwendet . Die so erhaltenen Karten beschreiben in einer von Nichtfachleuten gut interpretierbaren Art Habitatstrukturen. Mittels dieser Karten ist es möglich, geplante Eingriffe in die Landschaft z.B. neue Verkehrswege, touristische Nutzung usw. auf ihre Wirkung bezüglich der Lebensräume der Leittierarten zu betrachten. In Form von Szenarien können mit dem entwickelten Modell recht schnell verschiedene Varianten der Landnutzung visualisiert werden und gegebenenfalls als Grundlage einer Entscheidung herangezogen werden.

## 4 Danksagung

Ganz herzlich möchten wir uns bei Frau Dr. Beatrice Wuntke, Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Biologie für die Unterstützung bei der Modellierung des Schleiereulenhabitats bedanken.
Diese Arbeit wurde gefördert vom BMFT, Förderkennzeichen Nr.: 0339539, vom BML und vom MELF des Landes Brandenburg.

## 5 Literatur

ESRI (1992). Cellbased Modeling with GRID.
Nijkamp, P.; Reggiani A. (1992). Interaction, Evolution and Chaos in Space, Berlin Heidelberg: Springer Verlag.