

# Sukzession im Niedermoor-Grünland nach Wiedervernässung - Ergebnisse des Prognosemodells

Maren Belde

Lehrstuhl für Vegetationsökologie, TU München, Am Hochanger 6,  
D-85350 Freising-Weihenstephan

## Einleitung

Seit etwa drei Jahrzehnten sind Bemühungen im Gange, einige der vom Menschen stark geschädigten oder zerstörten, aber noch nicht ganz verlorenen Ökosysteme zu renaturieren. Während zunächst den vom Torfabbau betroffenen Hochmooren besonderes Interesse entgegengebracht wurde, sind seit einigen Jahren auch Niedermoore Ziel von Naturschutzmaßnahmen und einer intensiven Forschung. Von 1992 bis 1998 wurden innerhalb des BMBF-Verbundvorhabens „Ökosystemmanagement für Niedermoore“ die Auswirkungen unterschiedlicher Managementmaßnahmen in vier Niedermooren Norddeutschlands untersucht. Die beiden Leitbilder waren Torfwachstum oder Minimierung des Torfverlustes durch ganzjährige Wiedervernässung und Aufbau von Feuchtwiesen mit einer für sie typischen Flora und Fauna durch winterliche Vernässung (KRATZ & PFADENHAUER 1996).

Die Erfahrungen und Ergebnisse aus den botanischen Untersuchungen bildeten die Basis für das Sukzessionsmodell, das die Vegetationsentwicklung bei bestimmten Managementmaßnahmen prognostizieren und somit Entscheidungsträger bei der Planung solcher Maßnahmen unterstützen soll. Zur Modellierung wurde ein spezieller rasterbasierter Ansatz gewählt. Mit diesem sogenannten Zellulären Automaten wird das Vorkommen und die Ausbreitung von bestimmten Pflanzenarten simuliert. In der ökologischen Modellierung werden seit vielen Jahren raster- bzw. gitterbasierte Modelle entwickelt, da mit ihnen ein räumlicher Bezug hergestellt wird und z. B. das Ausbreitungsverhalten oder natürliche Wachstumsvorgänge beschrieben werden können. WISSEL (1991) verwendet für ein Modellbeispiel des Mosaik-Zyklus Konzeptes einen rasterbasierten Ansatz. Ebenso untersuchen JELTSCH et al. (1998) den Mechanismus der Koexistenz von Bäumen und Gräsern in Savannen.

## Modelleigenschaften

Die Rasterzellen des Zellulären Automaten sind quadratisch und haben die Größe  $4 \times 4 \text{ m}^2$ . Ihr Zustand ist durch das Vorkommen bestimmter Pflanzenarten (s. Tab. 1), die in den Untersuchungsgebieten Dominanzbestände ausbilden können, mit drei Ausprägungen (dominant, nicht dominant und nicht vorkommend) sowie durch die für sie relevanten Einflussfaktoren definiert. Das sind die Feuchtestufe (s. Tab. 2) und die Nutzung.

**Tab. 1: Arten bzw. Artenpaare oder hydrophile Arten einer Gattung, die im Modell berücksichtigt werden.**

| Pflanzenarten                               |                                |   |
|---|--------------------------------|---|
| <i>Agrostis stolonifera</i> ,               | <i>Cirsium oleraceum</i> ,     | <i>Phalaris arundinacea</i> ,               |
| <i>Alopecurus geniculatus</i> ,             | <i>Deschampsia cespitosa</i> , | <i>Phragmites australis</i> ,               |
| <i>Alopecurus pratense</i> ,                | <i>Elymus repens</i> ,         | <i>Poa pratensis</i> und <i>trivialis</i> , |
| <i>Calamagrostis canescens</i> ,            | <i>Glyceria fluitans</i> ,     | <i>Ranunculus repens</i> ,                  |
| <i>Calamagrostis epigejos</i> ,             | <i>Glyceria maxima</i> ,       | <i>Salix spec.</i> (hydrophile Arten),      |
| <i>Carex acuta</i> und <i>acutiformis</i> , | <i>Holcus lanatus</i> ,        | <i>Typha latifolia</i> ,                    |
| <i>Carex disticha</i> ,                     | <i>Juncus effusus</i> ,        | <i>Urtica dioica</i> .                      |
| <i>Cirsium arvense</i> ,                    |                                |   |

**Tab. 2: Einteilung der Feuchtestufen.**

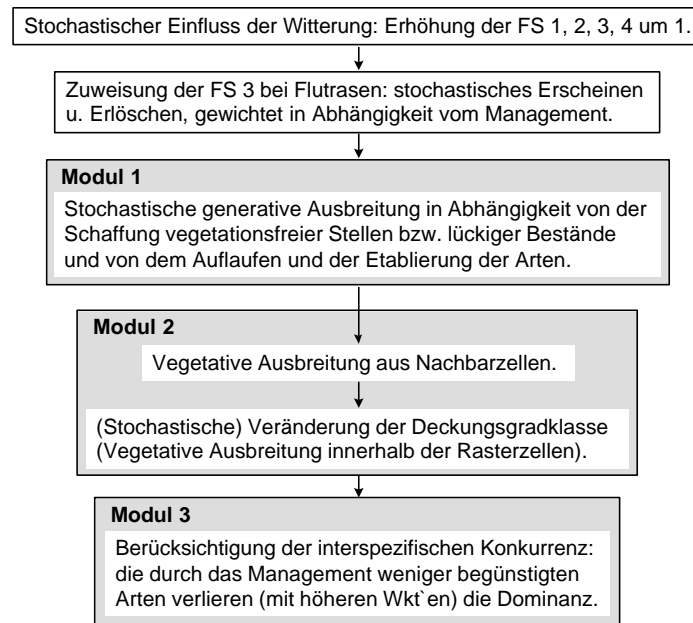
| Feuchtestufe |  |  |                        |
|--------------|--|--|------------------------|
| Bezeichnung  | Feuchtigkeitsgrad                            | Wasserstand                                  | Dauer/Zeit             |
| FS 1         | frisch<br><i>oder</i>                        | im Mittel > 4 dm unter Flur                  | im Winterhalbjahr      |
|              |  | im Mittel tiefer als 7 dm unter Flur         | im Sommerhalbjahr      |
| FS 2         | mäßig feucht<br><i>wenn</i><br><i>sonst</i>  | im Mittel 2 - 4 dm unter Flur                | im Winterhalbjahr      |
|              |  | im Mittel nicht tiefer als 7 dm unter Flur   | im Sommerhalbjahr      |
| FS 3         | feucht<br><i>wenn</i><br><i>sonst</i>        | im Mittel 0 - 2 dm unter Flur                | im Winterhalbjahr      |
|              |  | im Mittel nicht tiefer als 4,5 dm unter Flur | im Sommerhalbjahr      |
| FS 4         | sehr feucht<br><i>wenn</i><br><i>sonst</i>   | über Flur                                    | kurz (1-3 Monate)      |
|              |  | im Mittel nicht tiefer als 2,5 dm unter Flur | im Sommerhalbjahr      |
| FS 5         | extrem feucht<br><i>wenn</i><br><i>sonst</i> | über Flur                                    | lang (4-9 Monate)      |
|              |  | im Mittel nicht tiefer als 2,5 dm unter Flur | im Sommerhalbjahr      |
| FS 6         | nass (lang überstaut)                        | über Flur                                    | sehr lang (> 9 Monate) |
| FS 7         | dauernass (ständig flach überstaut)          | (im Mittel nicht mehr als 1,5 dm) über Flur  | ständig                |
| FS 8         | dauernass (ständig hoch überstaut)           | (im Mittel 1,5 dm und mehr) über Flur        | ständig                |

In dem Modell können folgende Nutzungsarten ausgewählt werden: Beweidung, zwei- und einschürige Mahd und keine Bewirtschaftung (freie Sukzession). Der neue Zustand, der nach einem Zeitschritt von einem Jahr erreicht wird, ergibt sich durch die Berechnung mittels eines komplexen Regelwerkes. Zur Reduktion der Übergangsregeln wurde das komplette Regelwerk in einzelne Module zerlegt, die hintereinander abgearbeitet werden. Da für bestimmte Anfangszustände ein neuer Zustand nicht genau vorhergesagt werden kann, sondern mehrere neue Zustände denkbar sind, wurden den Regeln Übergangswahrscheinlichkeiten zugeordnet.

### Regelwerk

In Abhängigkeit von äußeren Umweltfaktoren, dem Einfluss des Menschen und den biotischen Wechselwirkungen verändert sich in den einzelnen Rasterzellen die Artenzusammensetzung. Einzelne Arten können von Veränderungen profitieren und möglicherweise bislang dominante Arten verdrängen oder zumindest in ihrer Deckung einschränken. Diese Veränderung, die sowohl auf vegetative als auch generative Ausbreitung einschließlich der Etablierung der Arten zurückzuführen ist, wird auf unterschiedliche Weise im Regelwerk des Modells berücksichtigt. Das Regelwerk gliedert sich hauptsächlich in die drei Module „Generative Ausbreitung“ (Modul 1), „Vegetative Ausbreitung“ (Modul 2) und „Interspezifische Konkurrenz“ (Modul 3). In Abbildung 1 ist das Modellablaufschema, das für jeden Zeitschritt und jede Rasterzelle gilt, dargestellt. Witterungseinflüsse und Bodenverdichtungen werden durch eine Veränderung der Feuchtestufe im Modell berücksichtigt. Gegebenenfalls erfolgt eine Zustandsänderung bevor die Module abgearbeitet werden.

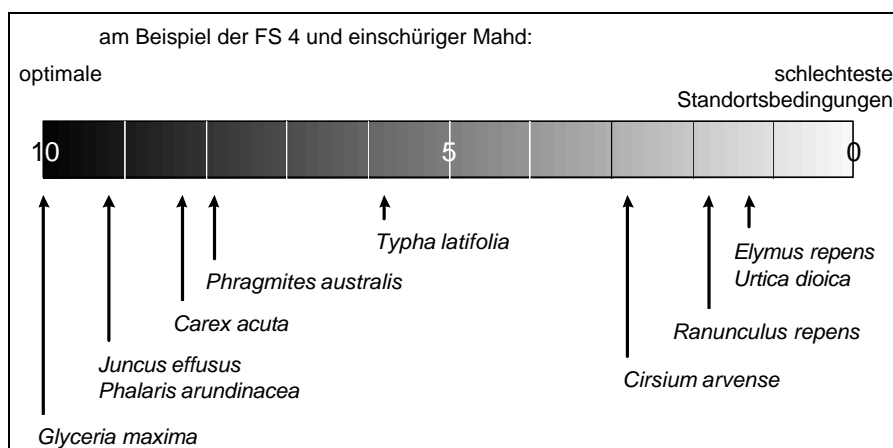
Modul 1: Die generative Ausbreitung spielt im Vergleich zur vegetativen Ausbreitung auf Niedermoor-Grünland nur eine untergeordnete Rolle. Ursache hierfür ist in erster Linie die geschlossene Vegetationsdecke, die eine Etablierung 'neuer' Individuen aufgrund der hohen Konkurrenzkraft der vorhandenen Vegetation erheblich erschwert. Deshalb wird im Modell angenommen, dass eine generative Ausbreitung nur dort stattfinden kann, wo in den dichten Beständen vegetationsfreie Stellen entstehen. Dies hängt vor allem vom Management ab. Aber auch durch weitere Faktoren können die Bestände lückig werden, z. B. durch die Wühltätigkeit von Wildschweinen. Für das Auftreten vegetationsfreier Stellen wurden demnach Wahrscheinlichkeiten in Abhängigkeit vom Management und für die Etablierung neuer Pflanzenarten art- und gebietsspezifische Wahrscheinlichkeiten vergeben.



**Abb. 1: Modellablaufschemata für jeden Zeitschritt und jede Rasterzelle.**

Modul 2: Die vegetative Ausbreitung gliedert sich entsprechend des Modells in die Ausbreitung aus Nachbarzellen in eine nicht besetzte Rasterzelle und in die Ausbreitung innerhalb einer Rasterzelle, wenn die Pflanzenart dort schon vorkommt. Neben dem Management sind folgende Einflussfaktoren für die vegetative Ausbreitung maßgeblich: Anzahl belegter Nachbarzellen, Deckung in belegten Nachbarzellen, Art der Nachbarschaft (von Neumann oder Moore/von Neumann), maximale Ausbreitungsgeschwindigkeit, Wuchsform (Guerilla oder Phalanx) und Hauptwindrichtung.

Modul 3 berücksichtigt die Konkurrenz der Pflanzenarten untereinander. Dafür wird die aus dem Expertenwissen zusammengeführte Reihung der Arten hinsichtlich ihrer Begünstigung bzw. Benachteiligung bei den jeweils vorliegenden Standortsbedingungen herangezogen. Ein Beispiel für die Reihung eines Experten ist in Abbildung 2 dargestellt.



**Abb. 2: Beispiel einer Reihung einiger Modellarten hinsichtlich ihrer Ansprüche an Standortsbedingungen, hier für die Feuchtestufe 4 und einschürige Mahd.**

### Einsatz in der Praxis

Der Zelluläre Automat ist mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) gekoppelt, aus dem die Anfangsdaten entnommen werden. Das Vorkommen der Pflanzenarten wurde im Zuge einer Strukturkartierung mit Luftbildauswertung für Teile des Drömlings und Rhinluchs

erhoben. Die Managementmaßnahmen können durch Auswahl bestimmter Flächen oder Schläge im GIS vorgegeben werden. Liegen Szenarien aus hydrologischen Modellen für die untersuchten Gebiete im GIS vor, können diese dazu genutzt werden, den Rasterzellen die jeweilige Feuchtestufe großflächig zuzuordnen. Nach der Simulation, für die die Dauer in Jahren vorgegeben werden muss, werden die einzelnen Ergebnisse wieder dem GIS übergeben und können so visualisiert werden.

Durch eine einfache Handhabung der Parameter, die in Tabellen abgelegt sind, ist es möglich, weitere Arten in das Modell aufzunehmen und die gebietspezifischen Parameter zu verändern, so dass das Modell auch auf andere Gebiete übertragen werden kann.

### **Danksagung**

Die Arbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) aus dem Schwerpunkt „Biotop- und Artenschutz“ (Projektträger BEO, Förderungskennziffer 0339559) gefördert. Viel Dank gilt auch allen Expertinnen und Experten, die zur Modellentwicklung und der Aufstellung der Regeln beitrugen.

### **Literatur**

- JELTSCH, F., MILTON, S. J., DEAN, W. R. J., VAN ROOYEN, N. & K. A., MDLONEY (1998): Modelling the impact of small-scale heterogeneities on tree-grass coexistence semi-arid savannas. - *Journal of Ecology*, **86**: 780-793.
- KRATZ, R. & J. PFADENHAUER (1996): Research project „Management of Fenland Ecosystems“. - In: LÜTTIG, G. W.: 10<sup>th</sup> International Peat Congress: Peatlands Use - Present, Past and Future. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 407-416.
- WISSEL, C. (1991): A model for the mosaic-cycle concept. - In: REMMERT, H.: The mosaic-cycle concept in ecosystems. Berlin, Heidelberg: Springer. - *Ecological Studies*, **85**: 22-45.