
Kurzvorstellung des GIS im NPA & Die Analyse von Vegetationskarten Ein Modellierungsvorhaben am GIS-Wattenmeer

J. Kohlus

1. Allgemeine Einführung

Modellierung wird zur Zeit zumeist als Synonym für Simulationen verstanden. Deshalb habe ich mich erst nach einem Rückruf entschlossen, hier das GIS-Wattenmeer, ein Projekt der Ökosystemforschung Wattenmeer, das im NPA beheimatet ist, vorzustellen. Karten gehören zu den ältesten Modellen der Realität. Die Arbeit mit ihnen, der Versuch ein komplexes Ökosystem durch digitale Karten darzustellen, d.h.. visuell zu vermitteln, stellt ein umfangreiches Modellierungsvorhaben dar. Trotzdem möchte ich den Schwerpunkt meiner Projektvorstellung nicht auf eine allgemeine Darstellung der bisherigen Gesamtkonzeption des GIS-Wattenmeer legen. Dieses würde nur mein Referat vom 2. Wissenschaftlichen Symposium der ÖSF Wattenmeer wiederholen, das ich Ihnen als Tischvorlage mitgebracht habe. Um aber denjenigen, die dort nicht teilnehmen konnten, eine Vorstellung von dem Rahmen unserer Arbeit zu vermitteln, soll hier eine ganz knappe Übersicht nicht fehlen. Den Schwerpunkt möchte ich mit einer für mich sehr wichtigen Frage einführen:

Wozu machen wir uns die Arbeit, zahlreiche Informationen in eine digitale Kartographie zu übertragen ?

Meines Erachtens kann dieser Aufwand nur gerechtfertigt sein, wenn wir in der Lage sind, bisher vom Arbeitsaufwand kaum mögliche Vorhaben nun durch den Einsatz des Computers bewältigen zu können. Das verlangt eine Software, die sehr flexibel auf fachliche Fragen hin die Informationen vorsortiert und möglichst weit aufbereitet. So weit wir damit wissenschaftliche Zwecke verfolgen, ist es auch unabdingbar, daß der Entscheidungsweg nachvollziehbar dokumentiert wird (Sester et al. 1988). Im zweiten Teil möchte ich daher über mein Vorhaben berichten, diesen Anspruch mit der automatische Auswertung von Vegetationskarten der Salzwiesen umzusetzen.

2. Eine kurze Übersicht zum GIS Wattenmeer

2.1. Konzept

Das Projekt GIS-Wattenmeer versteht seine Aufgabe darin, für ein zukünftiges Monitoringsystem des Nationalparks zweckmäßige, d.h.. durchführbare Arbeitsweisen zu entwickeln. Die läßt sich durch drei Fragen formulieren:

- a) Welche Informationen können welche Medien liefern?
- b) Wie können wir die jeweiligen Informationen sinnvoll zur Verfügung stellen?
- c) Welchen Service können und müssen wir für eine zukünftige Dauernutzung aufbauen?

Das kartographische Vektorsystem, oft mit GIS übersetzt, ist nur ein Teilsystem der Konzeption. Denn wir verstehen unter einem geographischen Informationssystem (GIS) eine Verarbeitungs-Plattform für thematische Daten in ihrer räumlichen Ausprägung. So ergibt sich für das GIS-Wattenmeer die folgende Grobstruktur:

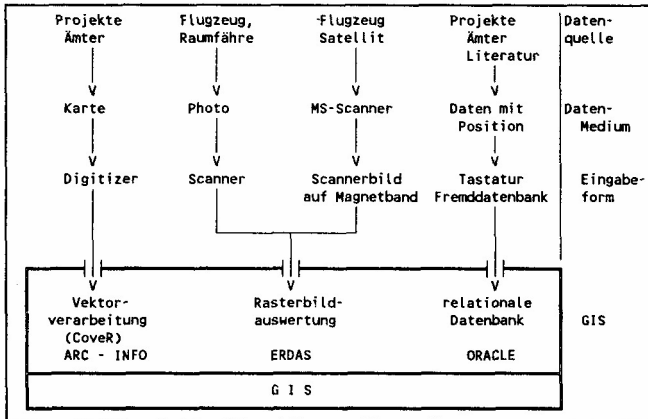


Abb. 1: Konzeption des GIS Wattenmeer

Der Schwerpunkt unserer Arbeiten im letzten Jahr lag im Bereich der Systeminbetriebnahme und der Vektorkartenverarbeitung. In die relationale Datenbank sollen später die Projektdaten der vielen anderen Teilvorhaben der ÖSF einfließen, die mit den Informationen der Karten sowie der Rasterbildauswertung zusammen genutzt werden sollen. Auch wenn ein großer Teil der Projektdaten lokal bereitgehalten werden wird, so soll ein Datenpool für das gesamte Wattenmeer bei der GKSS in der WADABA entstehen. Durch die Mitarbeiter der dortigen Arbeitsgruppe wurde der Hauptanteil des projektorientierten Datenbankmanagements durchgeführt. Auch in Zukunft wird diese Aufgabenteilung bestehen bleiben. Die Datenbank im GIS-Wattenmeer wird als System zur fachlichen Datenauswertung und als Zwischenspeicher für laufende Arbeiten ausgerichtet, die über einen Zugriff auf den Datenpool bei der GKSS jederzeit Zugang zur Gesamtheit der Daten hat.

Das Projekt Rasterbildverarbeitung beginnt dieses Jahr mit drei Teilzielen:

1. Integration von Luftbildinformation
2. Erprobung der Nutzbarkeit von Satelliten-Daten, primär des ERST
3. Aufbereitung und Darstellung von chorologischen Informationen

Nach diesem ersten Jahr können wir einen geregelten Betrieb der Vektorkartographie verzeichnen. Zur Datenein- und -ausgabe wurden umfangreiche Serviceroutinen entwickelt. Für die Themen Vegetation, Wathöhen und Topographie sind bereits ausführliche Konzepte und Bearbeitungsmodulare entstanden. Als Beispiele mögen die fast vollständig automatisierte Erzeugung von Kartenrahmen sowie die Darstellung von Wattkarten entsprechend des Tidestandes dienen.

2.2. Themen im GIS Wattenmeer

Für den Bereich des vektorbasierenden GIS haben wir ein sehr einfaches - so hoffen wir - Modell gewählt. Die thematischen Informationen werden in Kartenschichten verwaltet. Das Cover, d.h. die Kartenschicht, die die Topographie enthält, bezeichnen wir als Urkarte. In den auf ihr basierenden thematischen Schichten sind ihre topographischen Informationen als Fremdinformationen gekennzeichnet. Die thematischen Schichten enthalten zu dieser Urinformation die jeweiligen thematischen Ergänzungen. Für eine Veränderung oder Korrektur der Topographie muß die Urkarte überarbeitet werden und nachfolgend sind die thematischen Schichten zu aktualisieren. Als Dauerinformation, d.h. für das Gesamtgebiet und stetig aktualisiert, wollen wir uns auf wenige Festthemen beschränken (Kohlus, 1989):

2.3. Aktuelle Schwerpunkte der Datenaufnahme

Im Bereich der Digitalisierung entsteht zur Zeit bei uns eine Reliefaufnahme des Wattenmeeres auf Grundlage der Wathhöhenpläne 1:10000 der ÄLW. In Arbeitsteilung mit dem ALW Husum werden an beiden Einrichtungen in diesem Jahr rd. 50% der Fläche aufgenommen, so daß ein Gesamtmodell am Jahresende fertiggestellt sein wird. Diese Daten sollen in ein topologisches Modell 1:5000 des gesamten Nationalparkgebietes einmünden. Der landseitige Bereich auf Basis der DGK 1:5000 wird zur Zeit am FTZ erstellt. In diesem Jahr sollen ca. 70 Karten von rd. 300 fertiggestellt werden. Auf deren topologischer Grundlage sollen parallel am NPA alle Vegetationskarten der Salzwiesenkartierungen in der ÖSF digitalisiert werden. Angestrebt ist für dieses Jahr die Digitalisierung von rd. 20% der Gesamtfläche. Ein viertes Vorhaben der Datenaufnahme ist eine Übersichtskarte 1:100000 als Darstellungshintergrund für Daten aus den anderen Projekten der ÖSF. Die Arbeiten werden noch im Sommer abgeschlossen.

2.4. Schwerpunkte der Software-Entwicklung

Bisher war die Vereinfachung der Dateneingabe und die teilautomatisierte Ausgabe eine Kernaufgabe. Inzwischen arbeiten wir an erweiterten Ausgabefunktionen wie 3D-Darstellungen, Ausgaben von Wattkarten nach Flutständen sowie von Massenbilanzkarten, d.h. einem Verschneidungsprodukt zweier Karten von zeitversetzten Wattmessungen, das Auskunft über Erosion und Sedimentation gibt.

Am Beginn steht die Entwicklung einer komplexen Software, zur Bearbeitung von Vegetationskarten, die ich im zweiten Teil erläutern möchte.

Höher aggregierte Informationen, z.B. Verschneidungen zweier Basisschichten, sollen nur temporäre Gültigkeit und Richtigkeit erlangen. Ziel ist es, hierdurch die notwendigen Aktualisierungen in Grenzen zu halten. Die extrem hohe Dynamik des Raumes wird allein bei den Schichten mit Dauerinformationen einen hohen Aktualisierungsaufwand bzw. das Setzen enger zeitlicher Gültigkeitsgrenzen erfordern. Die Themen der Rasterbildverarbeitung sind nur zum Teil angedeutet. Hierüber können wir sinnvollerweise erst nach der Aufnahme des Betriebes berichten. Die Inhalte der relationalen Datenbank sind sehr umfangreich, bis heute haben wir über 150 Tabellenstrukturen mit Informationen von der Klimatologie über die Geologie bis zur Biologie vorbereitet.

3. Die Untersuchung von Vegetationskarten

3.1. Vegetationskarten

Im Rahmen der ÖSF wurde schon sehr früh eine Vegetationskartierung der gesamten Schleswig-Holsteinischen Salzwiesen unternommen. Das Projekt wurde von Prof. Dr. Diersen (Universität Kiel) geleitet und inhaltlich zum großen Teil durch Fr. Hagge (1988,1989) ausgefüllt. Wie auch in älteren und parallel entstandenen Vegetationskarten wurden Pflanzengesellschaften untersucht und kartiert. In der resultierenden Karte steht die Signatur

Tab. 1:

Schichtthema	einige Quellen	Bearbeitungsstand
Relief: Topographie Morphographie + Dynamik (Morphogenese)	LVM, ALW ALW	X t
Boden und oberflächennaher Untergrund: Geologie Pedos	Geol. LA Geol. LA	- t
Klima u. Atmosphäre (noch nicht kartographisch konzeptioniert)		
Wasser: Bathymetrie (Überflutungshäufigkeiten) Eigenschaften v. Oberflächengewässern) Wasserflächen- temperatur Wasserkörper	DHI, ALW Sateliten, DHI	P P
Biogene Schichten: Benthos Mies+ Herzmuschelverbreitung Seehundzählungen Aktuelle Vegetation (Potentielle Vegetation) Seegraswiesen (Algenverbreitung)	Sens. Kartierung ÖSF ÖSF ÖSF WWF	? P P X P
Nutzung: (Fischerei) Tourismus Landwirtsch. Nutzung Schutzzonen	DWIF+GIS-West GIS-West, NPA, ÖSF NPA, ÖSF	X t X

Thema : < > bisher noch keine konkrete Planung,
 Bearbeitung : P=Planung, t=Test, X=Laufende Arbeiten

für einen jeweiligen Namen einer Pflanzengesellschaft. Eine Pflanzengesellschaft kann als die charakteristische Artenkombination einer Biozönose in einem Biotop definiert werden (Kreeb, 1983). Neben der Artenkombination einer Pflanzengesellschaft geht die anteilige Bodenabdeckung einer Art und die Relation zur Deckung durch andere Arten ein. Bei der Kartierung wird ein weiterer Wert, die Frequenz oder Stetigkeit einer Art, aufgeführt. Sie drückt die relative Häufigkeit der Anwesenheit einer Art in den Testflächen aus, die einer Gesellschaft zugeordnet wurden.

Als Beispiel eine Tabelle eines Salicornietum:

Salicornietum strictae (Schlickqueller-Gesellschaft)

Laufende Nummer	1	2	3	4	5	6	7	Stetig keit
Aufnahme Nummer	160	158	31	24	14	159	163	
Vegetationshöhe (cm)	25	30	35	35	20	20	10	
Deckung (%)	80	50	20	10	10	65	85	
Artenzahl	1	1	1	2	1	3	3	
Aufnahmefläche (m2)	1	1	1	1	1	1	1	
Ch <i>Salicornia stricta</i>	8	5	2	1	1	5	4	5
B <i>Puceinellia maritime</i>	-	-	-	-	-	1	1	2
<i>Suaeda maritima</i>	-	-	-	-	-	p	4	2
<i>Spartina anglica</i>	-	-	-	r	-	-	-	1

(aus Hagge (1989), Tab. 2, ergänzt um die Stetigkeit)

Die hiermit beschriebene Gesellschaft wird auf der Karte einer Fläche zugeordnet. Diese Fläche bestimmt sich, um mit Braun-Blanquet zu sprechen, durch eine annähernd homogene Physionomie (Braun-Blanquet 1964).

In unseren großmaßstäbigen Karten wurden zumeist Gesellschaften der Kategorie von Assoziationen ausgewiesen. Mehrere Assoziationen werden in Verbänden, Ordnungen und Klassen zusammengefaßt. Die Bestimmung der Kategorie erfolgt nach Konventionen, entscheidend bleibt der "Takt" des Bearbeiters, wie Braun-Blanquet (1964) es ausdrückt. Für eine Übersicht der Pflanzengesellschaften Schleswig-Holsteins und deren Definitionen sei an dieser Stelle auf Dierssen (1988) hingewiesen.

Die aus den oben gg. Erläuterungen ersichtliche Weichheit der Definitionen von Pflanzengesellschaften und deren Abgrenzungen wird einer der Gründe der am Anfang scharfen Kritik dieser Methodik sein, die R. Tüxen (1937) veranlaßt haben mag, seine Arbeit mit dem Zitat einzuleiten: "Der Weg vorwärts wird nun allerdings weniger von den Kritikern der Methode gefunden, als von denen, die sich in unbefangener Zwiesprache mit den Objekten um die begriffliche Formel bemühen, für das, was sie sehen. (Rauther)".

In der Literatur werden bis heute immer wieder neue Ansätze für eine objektivierte chorologische Abgrenzung und Datenerhebung genannt (z.B. Kreeb). Letztendlich hat sich aber die ursprüngliche Methodik mit nur geringen Veränderungen bis heute durchgesetzt. Eine Pflanzengesellschaft ist somit als unscharfe Information zu kennzeichnen:

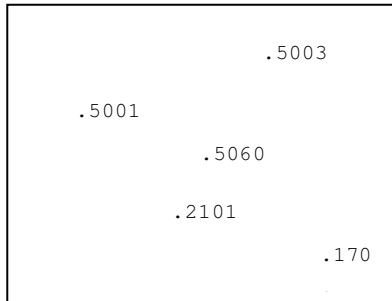
- a) die in ihr vergesellschafteten Arten sind nicht in jedem Fall präsent
- b) der Anteil der anwesenden Arten in der Bodendeckung (usw.) schwankt
- c) die Auswahl der Testflächen sowie die Abgrenzung der Flächen auf den Vegetationskarten unterliegen subjektiver Beurteilung
- d) beurteilende Schlüsse können nicht direkt aus den Gesellschaftsbezeichnungen entnommen werden, sondern benötigen die Interpretation zusätzlicher Fachdaten.

3.2. Datenstruktur

In der Struktur unseres Datenmodells spiegeln sich diese Eigenschaften wider. Im ersten Schritt haben wir alle in den Kartierungen vorkommenden Arten in eine Basisdatei aufgenommen, die einen lautlichen Code und Zeigerwerte nach Ellenberg enthält:

```
veg art
      Lat_Name      Phonem      Zeigerwert
Salicornia europeae sae          9**-887-3
```

Die digitalisierten Vegetationskarten enthalten für jede Fläche einen numerischen Code für die Kartensignatur.



Diese Nummern verweisen auf eine beschreibende Tabelle, die wie folgt gegliedert ist:

```
veg_gsl
Code
Name d. Gesellschaft
Kartierungsprojekt
Code-string
Erfüllungsgrad
```

Der code-string trägt die eigentliche Tabelleninformation. Zur Zeit haben wir alle Arten je Gesellschaft, die mit mindestens 30% Stetigkeit vorkommen, berücksichtigt.

Im Codestring ist nicht nur das Artnamenskürzel enthalten, sondern auch ein linearisierter Deckungs- und Stetigkeitswert. Die Arten mit ihren Zusatzinformationen sind wiederum in Blöcke geordnet, die sie als Charakter- bzw. Begleitart kennzeichnen. Für Mischflächen u.ä. gibt es zudem die Möglichkeit von Verweisen auf bereits definierte Gesellschaften. Hiermit können auch höhere systematische Einheiten knapp dargestellt werden.

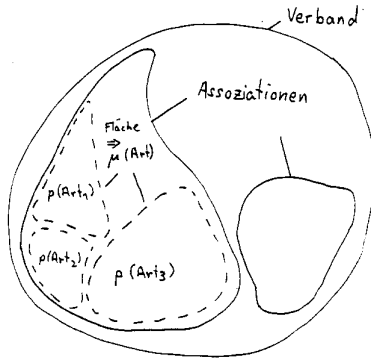
Da in verschiedenen Räumen vorgenommene Kartierungen z.T. deutlich unterschiedliche Ausprägungen einer in der Signatur gleichnamig angegebenen Pflanzengesellschaft zeigen, werden in der Datenbank die Gesellschaften je Projekt definiert.

Ausgehend von dieser Strukturierung ist es nicht mehr weit, die Pflanzengesellschaften als Mengen aufzufassen.

Im folgenden interpretieren wir

die Stetigkeit als Anwesenheitswahrscheinlichkeit einer
 Art : $p(\text{ART})$

und die Deckung als den Mitgliedschaftsgrad einer Art : $\mu(\text{ART})$.



Wie aus der Grafik ersichtlich, können real erhobene Gesellschaften als eine Menge von Mitgliedschaftsfunktionen einzelner Arten anzusehen werden. Es ergeben sich daraus Grade der Mitgliedschaft für die einzelnen Arten.

3.3. Fragen an die Vegetationsbedeckung

Unsere Arbeiten sind auf ein Monitoringsystem für Fragen der Umweltüberwachung und des planerischen Eingriffs ausgerichtet. Aus dieser Aufgaben lassen sich zahlreiche Fragen an eine Vegetationskarte ableiten. Einige Beispiele möchte ich hierfür nennen:

F1: Welcher Grad der Veränderung ist zwischen zwei Kartierungen zu verzeichnen?

F2: Wo gibt es die Pflanzengesellschaft X und gibt es noch ähnliche in der Umgebung?

F3: In welchen Gebieten gehört die Pflanze X zum festen Arteninventar?

F4: Wo sind besonders eutrophe Gesellschaften?

Eine an uns zur Beantwortung herangetragene Frage möchte ich hier zum Abschluß noch zitieren: "Können Sie uns eine Karte mit ca. 7 Empfindlichkeitsstufen des Nationalparks geben?"

Die zitierte Frage hat Mustercharakter. Auch wenn mir die Beantwortung widerstrebt, müssen wir uns in der planerischen Tätigkeit einer solchen Frage stellen. Wir müssen akzeptieren, daß der Planungsträger die verschiedensten ihm zumeist fachlich nicht voll zugänglichen Faktoren einer "Verrechnung" unterziehen muß, um einem als politische Absicht formulierten Ziel gerecht zu werden.

Ist eine solche Anfrage aus wissenschaftlicher Hinsicht nicht, bzw. nur vermindert falsch beantwortbar, verschärft sich die Situation durch die zeitliche und finanzielle Beschränkung, der eine solche Bearbeitung gewöhnlich unterliegt.

Die grundsätzlichen Mängel dieses Verfahrens können wir nicht durch eine automatische Auswertung beheben. Dagegen soll eine automatische Analyse dem Bearbeiter schnell eine Übersicht über große Datenmengen verschaffen und ihm die Möglichkeit zur Überprüfung von Hypothesen liefern.

3.4. Ziele der automatischen Auswertung

Die ersten mit F1 bis F4 gekennzeichneten Fragen sollen hier als Beispiele für solche Teilfragen stehen, deren Beantwortung ich mit einer automatischen Analyse unterstützen will.

Wir müssen dabei beachten, daß älteres Material in die planerische Tätigkeit mit einfließen muß. Bei der Größe der Fläche muß die zugrunde liegende Methode altbewährt und effektiv sein. Daraus folgt, daß das System auf die Bearbeitung fertiger Vegetationskarte auszurichten ist.

Der Anspruch einer automatischen Auswertung kann nicht sein, besser als ein erfahrener Botaniker zu analysieren. Gesucht ist eine Methode der digitalen Vorauswertung, die ihm die Entscheidung erleichtert, in welchem Bereich er seine Arbeitskraft investieren will,

Daraus lassen sich einige Kriterien für das System ableiten:

- die Beantwortung soll grafisch gegeben werden, um eine gute Übersichtlichkeit der Information zu gewährleisten
- bei der Prüfung von Hypothesen muß der Grad der Zustimmung mitgeliefert werden um die Erkennung von Fehlern oder Schwachstellen zu vereinfachen.
- die vom Programm jeweils zugrunde gelegten Entscheidungskriterien müssen nachvollziehbar dokumentiert werden, um in ihrer Plausibilität hinterfragt werden zu können.
- Die Formulierung von Anfragen muß sich eng an die Basisdaten anlehnen, um eine fachliche Vorüberlegung zu erzwingen und die rein bewertende Entscheidung dem Bearbeiter zu überlassen.

3.5. Stand der Methode

Bisher sind bereits eine ganze Anzahl von Verknüpfungsmöglichkeiten zur Untersuchung artlicher Zusammensetzung und abgeleiteter Eigenschaften implementiert. Die Bewertung der Arten in einer jeweiligen Gesellschaft wird entsprechend der Mitgliedschaft vorgenommen (siehe Datenmodell). Die Vorgehensweise entspricht in den Grundzügen der Fuzzy-Theorie von Zadeh (siehe u. a. Jones, 1990).

Die Bearbeitung ist bisher auf eine Datenbankumgebung beschränkt und wird von C-Programmen, die direkten Zugriff auf die Tabellen haben, durchgeführt. Ziel ist es, daß die Zustimmungsggrade zu Anfragen oder auch Auswahlen kartographisch wiedergegeben werden.

Entsprechend den Fragen F1..F4 sollen hier einzelne Ansätze kurz vorgestellt werden:

F1: Unterschiedlichkeit

Ein reales Maß für die Unterschiedlichkeit zweier Pflanzengesellschaften gibt es nicht.

In der Literatur werden hauptsächlich Methoden der Tabellenbearbeitung beschrieben, die die Zuordnung einer Aufnahme zu einer Gesellschaft ermöglichen sollen. Die mir bekannten Ansätze verlaufen eindimensional, d.h. sie berücksichtigen entweder die Deckung oder Frequenz. (Kreeb, 1983 ; Kortekaas et al., 1985)

Ein Teil dieser Ansätze wurde auf die Analyse bestehender, ausgewiesener Gesellschaften übertragen. Deckung und Stetigkeit der Arten werden zu einer Mitgliedschaftsfunktion verknüpft. Bei der Bestimmung des Mitgliedschaftsgrades können die Funktionswerte von Deckung und Stetigkeit gewichtet werden.

$$f(\text{ARTi}) = p(\text{ARTi}) \cdot \mu(\text{ARTi})$$

Später soll eine vorherige Auswahl der zu berücksichtigenden Arten implementiert werden.

Die Auswertung zweier zeitversetzter Aufnahmen erfolgt im ersten Schritt durch eine Verschneidung der Karten im GIS. Für die resultierenden KGG's werden dann die Unterschiede bestimmt.

Als ein Maß für die Unterschiedlichkeit von Gesellschaften kann die Summe der Mitgliedschaftsdifferenzen der Arten der zu vergleichenden Gesellschaften angesehen werden.

$f(\text{ART}_i)$ Mitgliedschaft der Art i in der ersten Aufnahme

$f(\text{art}_i)$ Mitgliedschaft der Art i in der zweiten Aufnahme

$$\text{deltaM} = \sum i..n *f(\text{art}_i) - f(\text{ART}_i)^*$$

n = Anzahl aller Arten,

deltaM = Unterschiedlichkeitsgrad

Wie leicht zu sehen ist, kann dieser Ansatz mit geringen Modifikationen für zahlreiche Spezialfragen angepaßt werden.

F2 Ähnlichkeit

Die Suche nach ähnlichen Gesellschaften entspricht der Problemstellung von FI. Als 'ähnlich' wird ein bestimmter Schwellenwert für die Mitgliedschaftsdifferenzen gesetzt. Auch hier sind verschiedene Modifikationen zu testen z.B.:

'ähnlich' im Sinne von enthalten: Es werden nur die Arten der Ausgangsgesellschaft einbezogen. Die Differenzensumme ist dann der Grad, mit dem die jeweiligen Arten nicht in gleicher Weise in den Gesellschaften enthalten sind.

F3 Festes Arteninventar

Entsprechend der Mitgliedschaft können Schwellenwerte für die Zugehörigkeit einer Art zum festen Arteninventar gesetzt werden. Hier wird im besonderen eine Unterscheidung von Charakter- und Begleitarten durchzuführen sein.

F4 Eutrophe Gesellschaften

Der Rückschluß auf ökologische Kriterien von Pflanzengesellschaften erweist sich gegenüber den obigen Beispielen als deutlich schwieriger.

Arten, die wie oben erläutert, mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in einer Pflanzengesellschaft vorkommen, sind Träger von ökologisch wirksamen Eigenschaften. Diese Eigenschaften werden kaum unter den Bedingungen der Konkurrenz in den verschiedenen Pflanzengesellschaften ermittelt, sondern liegen als autoökologische Werte vor. Als Quelle bediene ich mich der Ausarbeitungen von Ellenberg.

Aus diesen Werten wird dann eine mittlere Ausprägung der Eigenschaft (E) der Gesellschaft bestimmt. Hierzu wird der Einfluß des Grades einer autoökologischen bestimmten Eigenschaft einer Art ($E_{k|\text{ART}_1..k|\text{ART}_m}$) auf die entsprechende Eigenschaft einer Gesellschaft ($E_{k|g_1..k|g_n}$) wird wie folgt definiert:

$$E_{k|g_n} = \sum_m E_{k|\text{ART}_m} \circ P(\text{Art}_m) \circ \mu(\text{ART}_m)$$

Als Ergebnis steht danach eine Matrix je Eigenschaft zur Verfügung:

Gesellschaften ->					
K	Elg1	Eig2	.	.	Eign
l	E2g1	E2g2	.	.	E2gn
a
s
s
e	Eklgn	Eklgn	.	.	Eklgn

Die Bestimmung von "eutroph" erfolgt nun durch eine Regel, die der Bearbeiter bestimmen kann: z.B. wenn mehr als 50% aller Mitgliedschaftsgrade der Arten in der Spalte der Ausprägung "extrem eutroph" summiert sind.

Mit dieser Methode können wir nicht die Fehler, die durch Differenzen von ökologischem und physiologischem Optimum (z.B. Walter, 1979) entstehen umgehen. Allerdings muß ein großer Teil des Bestandes einer Gesellschaft eine gleichgerichtete Abweichung aufweisen, damit sie deutliche Spuren hinterläßt.

Ein weiteres Problem ergibt sich aus der Gesetzlichkeit des ökologischen Minimums: Ein hoher Anteil von Pflanzen mit einer starken Salztoleranz muß nicht zwingend auf einen stark salzhaltigen Standort hinweisen. Theoretisch genügt der Nachweis: eines einzigen gut entwickelten Exemplars einer nicht salzertragenden Art, um eine Umdeutung notwendig zu machen.

Für alle Ansätze gilt, daß sie dem Test einer empirischen Anwendung zu unterziehen sind.

4. Literatur

Arnberger, E. (1977): "Thematische Kartographie", Braunschweig.

Braun-Blanquet, J. (1964): "Pflanzensoziologie", 3. Aufl., Wien, New-York.

Dierssen, K. & et al. (1988): "Rote Liste der Pflanzengesellschaften Schleswig-Holsteins." in: Schriftenreihe d. Landesamt für Naturschutz und Landschaftspflege, Heft 6, 2. Aufl.

Ellenberg, H. (1986): "Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen", Stuttgart.

Hagge, H. (1989): "Die Kartierung der realen Vegetation der Salzwiesen der Festlandsküste (im Maßstab 1 : 5000)", unveröff. Forschungsgutachten der ÖSF - Wattenmeer, Bot. Inst. der CAU Kiel.

Hagge, H. (1989): "Biotopkartierung im Supra- und Epilitoral des Wattenmeeres", unveröff. Forschungsgutachten der ÖSF- Wattenmeer, Bot. Inst. der CAU Kiel.

Jones, Kaufmann & Zimmermann (Eds.) (1990): "Fuzzy-Sets Theorie, and Applikations", NATO ASI-Series C; Dordrecht, Boston, Lancaster, Tokyo.

Kohlus, J. (1989): "Konzeptionierung und Logikplanung einer Kartenbibliotheksowie Anforderungen an die Datenbankstrukturen" Gutachterliche Stellungnahme für das NPA, Marburg.

Kortekaas, W.M. et al. (1985): "A numerical classification of european *Spartina* communities", in: *Vegetatio*, Nr. 33, S. 31-60; Den Haag.

Kreeb, K.H. (1988): "Vegetationskunde", Stuttgart, 1983.

Seseter et al.: "Künstliche Intelligenz in Geo-Informationssystemen ?", in: IPF Karlsruhe, Reihe D, Heft 7, Karlsruhe.

Tüxen, R. (1937): "Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands", in: Mitt: der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft in Niedersachsen, Heft 3, Hannover.

Walter, H. (1979): "Vegetation und Klimazonen" 4. Aufl., Stuttgart.

Adresse:

Jörn Kohlus
Nationalparkamt
Postfach
2253 Tönning