

sem Hintergrund wurde eine zweistufige Methode entwickelt. Bei der ersten Stufe handelt es sich um eine GIS-Geodaten-Analyse (I.), die eine fundierte und schnelle Erfassung grundwasserabhängiger Lebensräume ermöglicht. Durch die Schaffung einer digitalen Datenbasis des Ist-Zustandes und die Implementierung in ein Geoinformationssystem können darüber hinaus integrierte Untersuchungen mit anderen wasserwirtschaftlichen Themenbereichen durchgeführt werden. Ziel ist es, mit verträglichem Aufwand anhand möglichst flächendeckender Analysen den Ist-Zustand der grundwasserabhängigen Biotope zu ermitteln, naturschutzfachlich zu bewerten und die besonders sensiblen bzw. gefährdeten Bereiche zu identifizieren. Dort, wo sich ökologisch sensible Gebiete mit dem Einflussbereich von Grundwasserentnahmen überschneiden, stellt sich die Frage, wie die Auswirkungen der Nutzung auf die grundwasserabhängigen Biotope zu bewerten sind.

Zur Bewertung der Auswirkungen sowie zur Durchführung von Naturschutzmaßnahmen und eines Biomoni-

rings dient die zweite Stufe der Methode, das Feuchteklassen-System. Die wissenschaftlich fundierten Grundlagen hierfür sind in einem interdisziplinären Forschungsprojekt erarbeitet worden. Im Rahmen dieses Projektes wurden vegetationsökologische, hydrogeologische und sozioökonomische Faktoren im Kontext ausgewertet (Petersen et al. 2003). Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wurde ein Feuchteklassen-System entwickelt, welches konkrete, anwendbare Richtwerte („critical-level“) für eine umweltverträgliche Grundwasserbewirtschaftung liefert und damit auch die Basis für eine praxisorientierte Methode innerhalb offizieller Verfahren sowie zur Umsetzung der EU-Wasser-rahmenrichtlinie bildet.

2 GIS-Geodaten-Analyse (I. Stufe)

Grundlage der ökologischen Bestandsaufnahme und Bewertung ist die GIS-gestützte Auswertung und Aufarbeitung

Tabelle 1 Darstellung wichtiger Geobasisdaten und Fachdaten am Beispiel von Niedersachsen mit Bezug auf deren Quelle, Verfügbarkeit, Aufbereitung und der dabei auftretenden Probleme

Table 1 Listing of the important data background, with reference to the source, the availability, the refinement and to the problems, for the example of Lower Saxony

Nr.	Datensatz	Quelle	Verfügbarkeit	Aufbereitung	Probleme
01	01 000 000 00 0000000000 00 00	00 0000	00 00 00		00 00 0000000000 00 00 00 000 000 00 00 000000 00 00000000
02	0000 00 000000 00 0000000 000 00 000000 00 000000 00 00000000 00 00 00 00 00000	00 00 00 00000 00 00 00 0000 00 00 0000000	00 00 00000 000000 00 00 00 00	00 00 00	00 0000 0000
03	00 0000 00 000000 00 00 000 0000 0000000 00			00000 0000000 00 00 0000	00 00 00
04	0000 00 00 00 00000 00 00 0000 00 000 0000000000 00 00000 00 00000 00 00 0000 00	00 00	00 0000 0000 0000 00 0000000000 00 00 0000 0000 00 00 00 00 0000 00 00000000 000000 00	0000 00 00 00 00000000 00 00 00 00 00000 00	
05	00 00 00 000	00 0000 00			
06	0000 00 00 0000 00 00 000000 00		000 00000000000	00 00 00	
07	00 00 00 0000 00 00 00 00000	0000 00	00 00 0000 00 0000 00000000 0000 00 00 00 00 000000000 0000 00 0000000000 00 00 00 00 00 00		00 00 00000 00 0000 0000 0000 00
08	00 00 00 0000 00 00 00 00 000000 00 000 0000 0000 00 00000 00 00 00		00 00 00 0000 00 00 00 00 000000 00 00 00 0000 00		
09	00 0000 000 00 00 00 00 000	00 00 000000000000 00 00 00 00	00 0000000 0000 00 0000 00 00 00 00 00 00 0000 00 00 00 000000 000 000000 00 00 00 00 0000 00 00 00 000000 0000 00 0000000000 00 00 00 00 00	00 00 0000 00 00 000 00 00 00	00 00 0000 00 00000 0000000
10 00	00 00 00 000 00 000	00 000000	00 000 00000000 00 00 00 000 00 0000000 00 00 00 00 000 00 0000 00 00 00 00 00		

der verfügbaren Geobasisdaten sowie der hydrogeologischen und naturschutzrelevanten Fachdaten (Tabelle 1). Dabei sind Geographische Informationssysteme (GIS) zwar seit vielen Jahren gängige Werkzeuge, aber in der Praxis ist eine fächerübergreifende Anwendung und die gemeinsame Analyse von vegetationsökologischen und hydrogeologischen Daten die Ausnahme.

In einem ersten Arbeitsschritt werden die verfügbaren naturschutzfachlichen Daten hinsichtlich der Grundwasserabhängigkeit der Biotope ausgewertet (Tabelle 1, hier Nr. 1, 2, 6). Als Ergebnis können die potenziell grundwasserabhängigen Biotope bzw. die Pflanzengesellschaften – klassifiziert nach den Standardwerken von Drachenfels (1994) und Pott (1995) – des Untersuchungsgebietes ermittelt werden (vgl. BFN 2000 und Riecken et al. 2002, s. Bild 1 A). Der zweite Arbeitsschritt betrifft die Hydrogeologie. Anhand der Verschneidung von charakteristischen Grundwassergleichen des hydrogeologischen Einzugsgebietes der Wasserfassung mit einem hochauflösenden Höhenmodell wird eine klassifizierte Grundwasserflurabstandskarte berechnet (Bild 1 B) und ebenfalls in ein GIS-Projekt implementiert. Die Berechnung der Grundwassergleichen erfolgt für die Sommermonate (Vegetationsperiode) und wird für ein „nasses“ und ein „trockenes“ Jahr durchgeführt. Diese beiden Situationen zeigen zum einen die vorliegende Dynamik, zum anderen gibt das „nasse“ Szenario einen guten Hinweis über die Lage möglicher Feuchtstandorte.

Als weiterer Arbeitsschritt erfolgt eine Verschneidung der Flächen der Feuchtvegetation mit der klassifizierten Grundwasserflurabstandskarte. Ziel ist die Erfassung und Darstellung der sensiblen und potenziell durch Grundwasserabsenkungen besonders beeinflussbaren Bereiche (Bild 1 C). Dabei bildet das Über- oder Unterschreiten von definierten Grundwasserflurabständen ein wichtiges Beurteilungskriterium der grundwasserabhängigen Ökosysteme. Ob das oberflächennahe Grundwasserregime im direkten hydraulischen Kontakt zum Hauptgrundwasserleiter, d. h. zur Grundwasserförderung steht oder durch eine gering wasserdurchlässige Schicht hydraulisch von der Förderung „getrennt“ ist, hängt von den geologischen Verhältnissen bzw. der Durchlässigkeit des Untergrundes ab. Aus diesem Grund werden die digital verfügbaren geologischen Daten ausgewertet (Bild 1 D). Die Bewertung der Durchlässigkeit

des oberflächennahen Untergrundes bis 2 m unter Geländeoberkante ergibt sich aus einer Zuordnung der kartierten Schichten zu Durchlässigkeitsklassen. Dies geschieht auf Grundlage der in der Geologischen Karte ausgewiesenen Kornklassen. Die über alle Schichten gemittelte Durchlässigkeitsklasse einer Fläche ist hierbei ein Näherungswert, da über Schichtmächtigkeiten und Heterogenität keine Informationen vorliegen. Aufgrund der geringen Aussagetiefe von insgesamt 2 m unter GOK sowie der fehlenden Angaben über die Mächtigkeiten einzelner Teilschichten eignen sich die Geologischen Karten nur für eine näherungsweise Abschätzung der Durchlässigkeit des oberflächennahen Untergrundes. Durch Einbeziehung von Informationen aus tieferen Aufschlussbohrungen können dann in einem weiteren Detaillierungsschritt die Lage und Mächtigkeit gering wasserdurchlässiger Schichten genauer ermittelt werden.

Die Informationen der Arbeitsblöcke Naturschutz und Hydrogeologie (Bild 1 A und B) bzw. die somit erstellten Karten bilden dann die Voraussetzung für eine zielorientierte Geländearbeit. Bei dieser werden die potenziellen Gebiete mit grundwasserabhängiger Vegetation aufgesucht und einer kurzen Begutachtung unterzogen (Bild 1 C).

Da die erarbeiteten Themenkarten auch auf mögliche weitere grundwasserabhängige Biotope hinweisen, werden diese potenziellen Fundorte zusätzlich begutachtet. Die Bewertung der Feuchtbiotope bzw. Feuchtvegetation der jeweiligen Flächen beinhaltet die Faktoren δ und δ bzw. i bzw. i . Der Bewertung des Gefährdungsgrades der untersuchten Biotope/Vegetation liegen die Einschätzung aus den Roten Listen von Riecken et al. (1994), Drachenfels (1996) und vom BFN (2000) zu Grunde (Tabelle 2). Der Grad der Gefährdung wird in hoch (1–2), mittel (3–4) und gering (5–6) mit dem Zusatz naturferner Bereich (x) klassifiziert. Innerhalb der Gefährdungskategorien erfolgt eine Differenzierung in eine „gute und schlechte“ Ausbildung auf der Grundlage des Vorkommens von Leitarten bzw. Charakterarten und von Rote-Liste-Arten. Die Einschätzung der Grundwasserabhängigkeit wird mittels einer Skala von 1 bis 12 (1 = niedrig und 12 = sehr hoch) durchgeführt. Dabei kann zwischen Trockenzeigern (1–4), Frischezeigern (5–6), Feuchtezeigern (7–8) und Nässezeigern (9–12) unterschieden werden (Tabelle 2

Tabelle 2 Bewertung potenzieller Feuchtbiotope bzw. -vegetation (Bild 1 C)
Table 2 Evaluation of potential wet-biotopes and -vegetation respectively (Figure 1 C)

Bewertung:											
Gefährdungs- grad	hoch				mittel		niedrig		naturferner Bereich		
	1	2	3	4	5	6	x				
Feuchtegrad (Grundwasser- abhängigkeit)	niedrig				mittel		hoch		sehr hoch		

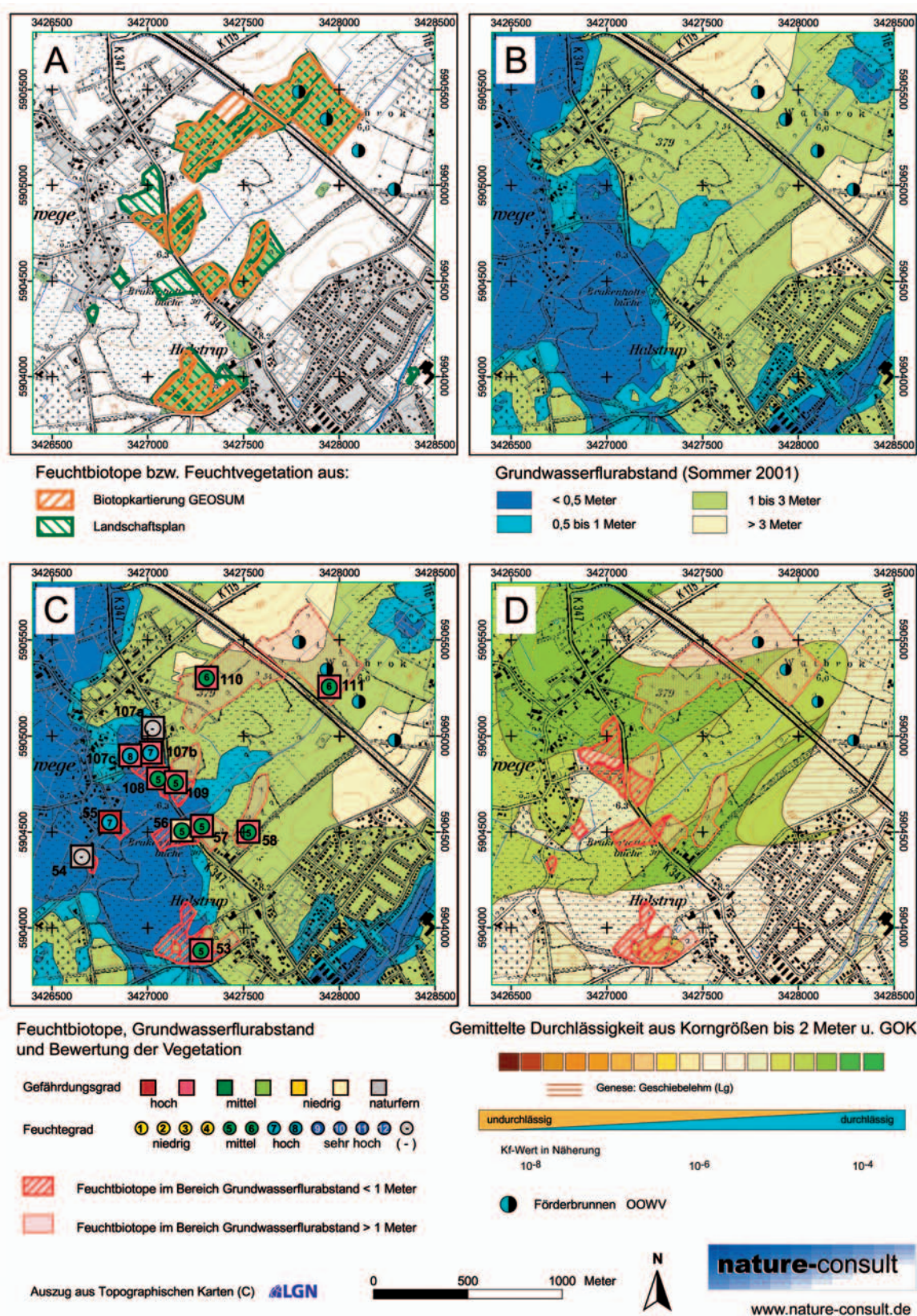


Bild 1

Bild 1A " "

Bild 1B "|||||

Bild 1C " " " " " " " " " " " " " " " "

[illegible]

Figure 1 Examples of the cartographic output of the GIS-geodata-analysis: **Figure 1 A** Important areas for nature-conservation, here: moist-biotopes resp. water dependant vegetation from GEOSUM and plans of landscape; **Figure 1 B** The classified depth of the ground-water level (GWF); **Figure 1 C** Combination of moist biotopes with GWF (marked areas with GWF < 1 m) and the results of a evaluation of vegetation; **Figure 1 D** Moist biotopes with the marked areas of GWF < 1 m, combined with the geology resp. the soil permeability, based on granulometric measurements up to 2 meters below the surface.

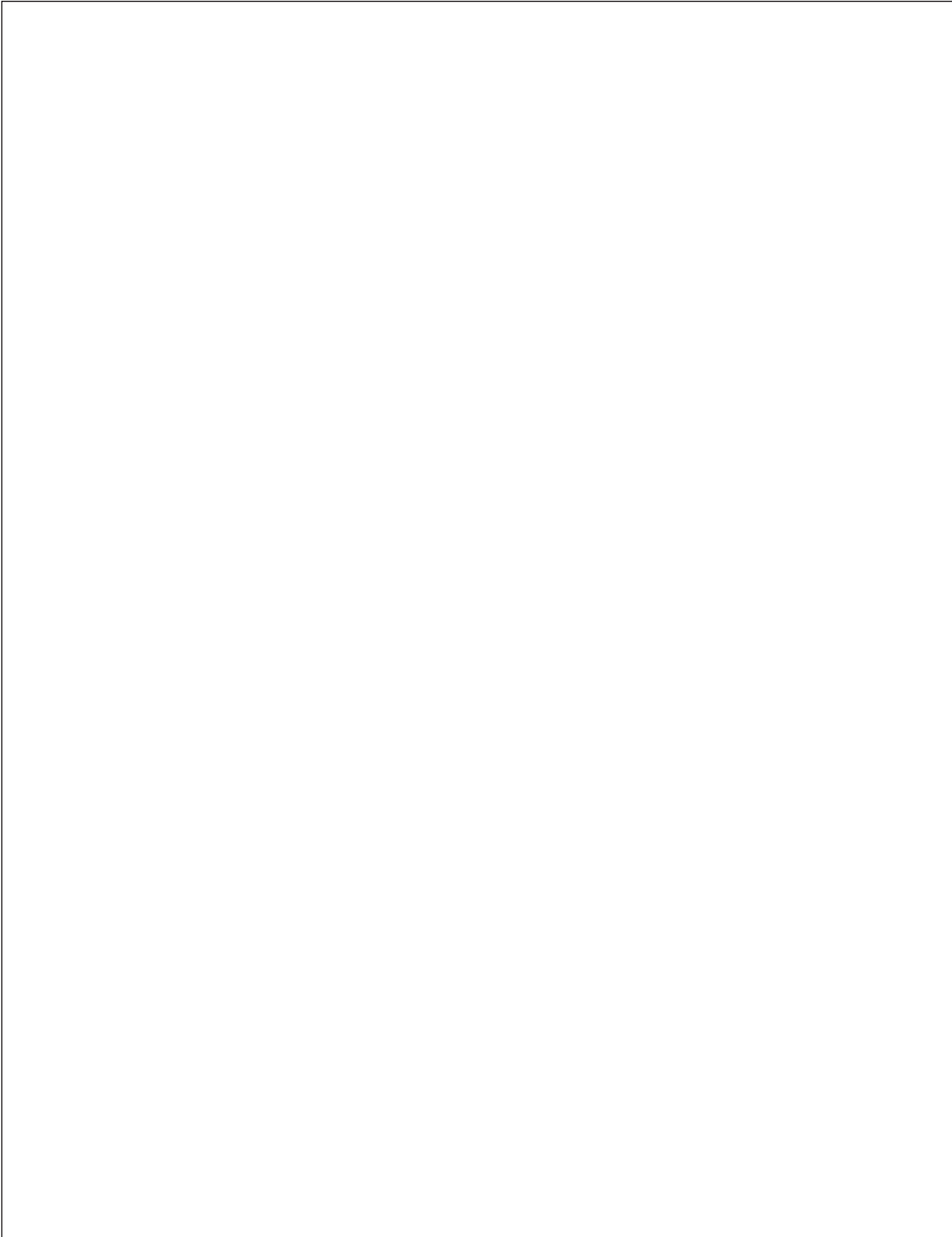


Bild 2 oben 
Bild 2 unten 



Figure 2 at the top the map of moisture classes of the groundwater catchment area on the island Langeoog.
Figure 2 at the bottom The moisture-classification system (FK) with critical minimum: classification of the vegetation units to the FK, basing on their respective GW measurements (from 2000–2001), average and minimum value, whose figures were rounded and aggregated to the areas. Afterwards the results were correlated to a GW model (based on data from 1990–2001).

und Bild 1 C). Diese Bewertung des Feuchtegrades basiert auf den Zeigerwerten von Ellenberg et al. (1992). Die mittleren Feuchtezahlen (qualitative gerundete mF) werden von mindestens drei bis fünf diagnostisch wichtigen Arten bzw. anhand einer Vegetationsaufnahme unter Verwendung von Turbowin (www.Alterra.nl) nachvollziehbar berechnet. Nach Ellenberg et al. (1992) handelt es sich bei der Feuchtezahl um den am besten gesicherten Zeigerwert, dem zahlreiche Untersuchungen und Beobachtungen über Beziehungen zwischen Vegetation und Grundwasserständen zu Grunde liegen, so dass eine gute Einstufung im Sinne ökologischer Relationen möglich ist (Petersen 2000).

Weiterhin erfolgt eine Fotodokumentation und GPS-Erfassung. Durch die Begutachtung vor Ort sollen die offiziell erfassten Flächen verifiziert werden. Dieses ist durchaus notwendig, da sich bei den aufgeführten Feuchtbiotopen häufig aktuell große Veränderungen gegenüber dem Erfassungsstadium feststellen lassen und auch die Ausbildung eines Biotoptyps oder einer Vegetationseinheit von großer Bedeutung ist (Tabelle 2). Außerdem werden auch sichtbare Störungen bzw. Veränderungen und deren mögliche Ursachen erfasst. Die erhobenen Daten werden nach einem definierten Schlüssel ausgewertet, anschließend in das bestehende GIS-Projekt implementiert und mit der bisher vorliegenden Datenbasis verschnitten, bewertet sowie als GIS-Plattform und Karten verfügbar gemacht.

Der vorgestellte Ansatz nutzt die Daten, die der Behörde in offiziellen Verfahren als Grundlage dienen. Weiterhin schafft diese standardisierte ökologische Erfassungs- und Bewertungsmethode eine digitale Datenbasis, die den entsprechenden Behörden zur Verfügung gestellt werden kann und somit auch einen Beitrag zur Bearbeitung der Standards in Bezug auf die EU-Wasserrahmenrichtlinie liefern. Die Ergebnisse der GIS-Geodaten-Analyse liefern eine fundierte digitale Datengrundlage über den Ist-Zustand des jeweiligen Grundwassereinzugsgebietes, die sowohl im Rahmen offizieller Verfahren als auch für die Durchführung von „Perspektivprojekten“ einsetzbar ist. Ein zentrales Ziel dieser Analyse ist hierbei vor allem ein umfassender Kenntnisstand über die sensiblen und schutzwürdigen Flächen. Das größte Gefährdungspotenzial besteht für Biotope mit der Kombination aus mittlerem bis hohem Gefährungsgrad $\parallel$ d hohem bis sehr hohem Feuchtegrad, niedrigem Grundwasserflurabstand sowie durchlässigem Untergrund (Tabelle 2 und Bild 1). Insbesondere für diese Bereiche ist es sinnvoll, die zweite Stufe der hier vorgestellten Methode, das Feuchteklassen-System, anzuwenden.

3 Feuchteklassensystem (II. Stufe)

Die zweite Stufe dieser Methode – das Feuchteklassen-System – bezieht sich auf die Ergebnisse der ersten Stufe (GIS-Geodaten-Analyse). Das bedeutet, dass nun die besonders sensiblen und schützenswerten Gebiete detailliert untersucht werden.

Das Feuchteklassen-System basiert auf den Ergebnissen des interdisziplinären Forschungsprojektes „Umweltverträgliche Grundwasserbewirtschaftung in hydrogeologisch und ökologisch sensiblen Bereichen der Nordseeküste“ (Petersen et al. 2003). Im Rahmen dieses Projektes wurden vegetationsökologische, hydrogeologische und sozioökonomische Faktoren im Kontext ausgewertet.

Grundlage für ein nachhaltiges, umweltverträgliches Grundwassermanagement ist eine genaue Kenntnis dieser Landschaft und ihrer ökologischen Wirkungszusammen-

hänge, wobei die Vegetation ein geradezu ideales Instrument zur Beschreibung von Naturräumen ist, da sich die Vegetationseinheiten in direkter Beziehung zu anderen Faktoren wie dem Grundwasser-Regime befinden. Pflanzengesellschaften können somit als Zeiger von Standorteigenschaften als Bioindikatoren Anwendung finden. Die Wiedergabe des Ist-Zustandes der Vegetation von Grundwassereinzugsgebieten schafft deshalb eine aktuelle Grundlage für die genaue Lokalisierung und Differenzierung von grundwasserabhängiger und -unabhängiger Vegetation.

Durch die Zuordnung der Vegetationseinheiten zu Feuchteklassen auf der Basis ihrer Grundwasserabhängigkeit bzw. ermittelten Grundwasserflurabstände konnte ein neues Feuchteklassen-System mit dem Richtwert „critical minimum“ entwickelt werden, welches konkrete, anwendbare Richtwerte für eine umweltverträgliche Grundwasserbewirtschaftung liefert und damit auch die Basis für eine praxisorientierte Methode innerhalb offizieller Verfahren. Neben dem „critical minimum“ sind an weiteren bezeichnenden Grundwasserkennwerten der Vegetationseinheiten deren Minimum-, Maximum- und Mittelwerte, Amplituden, Überflutungsraten sowie Grundwasserganglinien ermittelt und Ergebnisse des hydrologischen Modells „Menyanthes“ (J. von Asmuth) ausgewertet worden (Tüxen 1954, Niemann 1963, 1973, Balatova-Tulackova 1968, Klötzli 1969, Laan 1979, Louman 1990, Grootjans et al. 1991, DVWK 1996, Wierda et al. 1997, Kotowski et al. 1998, Lammerts 1999, Petersen 2000, Petersen et al. 2001, Lammerts et al. 2001, Aggenbach & Jalink 1999, 2001 und Succow & Joosten 2001, Asmuth & Maas 2001, Asmuth et al. 2002, Asmuth & Bierkens submitted).

Der Bereich des „critical minimum“ ist dabei nicht der Optimal-Bereich der entsprechenden Vegetation; dieser bewegt sich im Bereich des Mittelwertes einer jeden Feuchtekategorie. Die Angabe des „critical minimum“ ist hingegen als Richtwert („Frühwarnsignal“) zu verstehen, der es der Wasserwirtschaft ermöglichen soll, ihre Grundwasserförderung auf Basis naturschutzfachlicher Erhebungen zu optimieren. Wenn der jeweilige Bereich des „critical minimum“ unterschritten wird, ist die Grundwasserförderung in diesem Gebiet zu reduzieren und auf Areale mit einer Vegetation zu verlagern bzw. in anderen Gebieten entsprechend zu verstärken, die einer niedrigeren Feuchtekategorie zugehören. Als Prämisse gilt hierbei, diesen Grenzbereich in den kritischen Sommermonaten nur so kurzzeitig wie nötig zu unterschreiten, denn für die Ausbildung der Vegetation stellen vor allem die trockenen Jahre bzw. entsprechende Sommer mit für die Vegetation kaum mehr verträglichen Grundwasser-Tiefständen den limitierenden Faktor dar (DVWK 1996). Die Information der Feuchteklassen kann auf der Grundlage der genauen Erfassung des Ist-Zustandes der Vegetation auch in die Fläche übertragen werden. Dabei kommt neben dem Richtwert „critical minimum“ innerhalb der Feuchteklassen-Karten auch eine Klassifizierung auf der Basis des Gefährungsgrades der Feuchthevegetation als steuerndes Element zur Anwendung (BFN 2000, Bild 2).

Die Implementierung der Feuchteklassen-Karten – in Kombination mit einem Monitoring von Dauerbeobachtungsflächen und Grundwassermessstellen – in die Praxis der Wasserwirtschaft soll dazu beitragen, dass die in Grundwassereinzugsgebieten zwangsläufig auftretenden Grundwasserabsenkungen in einem kontrollierten Toleranzbereich gehalten werden. Damit wird die Basis eines „Wegweisersystems“ für den Wasserversorger geschaffen und gleichzeitig ein zukunftsorientiertes Biomonitoring-System für hochgradig sensible grundwasserabhängige Biotope

[illegible][illegible]

10 111
 20 1111 1111 11 1111 11 111
 30 11 11 11 11
 40 11 11 111111111111 11111111 1111
 50 11 1111111111111111 11 11
 60 111111111111 11 11 11 11111111
 70 111111111111 11 11 11 11111111