

# **Kartographie von Projektergebnissen der Ökosystemforschung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer - Anwendungen eines geographischen Informationssystems im Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer<sup>9</sup>**

J. Kohlus (Tönning)

## **Zusammenfassung**

Gemeinsam vom Umweltbundesamt und dem Bundesland Schleswig-Holstein wurde 1988 die Ökosystemforschung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer ins Leben gerufen. Schwerpunkt ist die Entwicklung von Naturschutzstrategien und die biologische Inventur des Nationalparks. Eines der Kernprojekte ist der Aufbau des Geographischen Informationssystems (GIS) für den Nationalpark. Räumliche Daten der mehr als 30 Teilprojekte der Ökosystemforschung sollen in das System aufgenommen und mit Basisdaten und Eigenerhebungen des Projektes GIS in Relation gesetzt werden.

Der Beitrag erläutert kurz das Gesamtprojekt Ökosystemforschung und diskutiert die Aufgabe des GIS im Rahmen dieses Projektes. Die Datenquellen, deren Aufbereitung und Bearbeitung für ein digitales Höhenmodell des Wattenmeeres wird als Beispiel einer Erhebung durch das GIS-Projekt selbst dargestellt. Die Überführung und Interpretation der Daten aus der gesamten Ökosystemforschung und die daraus hervorgehende Erzeugung von Karten erfordert eine kontinuierliche Zusammenarbeit mit den anderen Teilprojekten. Beispiele hierfür sind die Bearbeitung von Seehundsdaten oder der Erhebung der Seegrassbestände. Im Zentrum der Betrachtung stehen die Probleme der Flächenextrapolation aus Punktdaten und des Vergleiches von Karten, die aus zeitversetzten Erhebungen stammen.

## **Summary**

In 1988 the Federal Environment Agency of Germany and the federal state of Schleswig-Holstein launched a project termed "Wadden Sea Ecosystem Research", in order to support the development of conservation strategies for the Wadden Sea National Park of Schleswig-Holstein. One of the key project is the setting-up of a geographic information system (GIS) for the national park. Spatial data of more than 30 different sub-projects are entered into this geographic information system where they are related to additional data acquired by the GIS sub-project itself. This article briefly outlines the structure of the Wadden Sea Ecosystem Research. The role of the GIS within this ecosystem research is discussed. The processing and enhancement of the digital terrain model of the Wadden Sea is described as an example of data acquisition through the GIS project, and is discussed in connection with the underlying sources. The transformation and interpretation of data from all sub-projects and subsequent generation of digital maps is only possible through continuous co-operation with the other sub-projects. Examples involving seals and sea grasses are given. The main emphasis is placed on methods used for extrapolation and on problems regarding the possibility to compare maps generated from data, which has been collected at different times.

## **1. Das Geographische Informationssystem der Ökosystemforschung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer**

### **1.1. Das Gesamtprojekt**

Mit Wirkung vom 1. 10. 1985 wurde das Schleswig-Holsteinische Wattenmeer per Landesgesetz als Nationalpark deklariert. Naturschutz in Mitteleuropa ist immer ein Naturschutz in einem vom Menschen überprägten Raum, in all diesen Gebieten kommt es permanent zu neuen Konflikten mit den unterschiedlichsten Nutzungsinteressen. Naturschutz zu betreiben erfordert daher die schnelle und gründliche Information über die räumliche Situation, um

---

<sup>9</sup> Veröffentlichung Nr. 48 des Projektes Ökosystemforschung Wattenmeer. Die Untersuchungen wurden gefördert mit Mitteln des Umweltbundesamtes und des Landes Schleswig-Holstein.

die Wirkung von Nutzungen oder Schutzmaßnahmen auf die Ist-Situation abschätzen zu können.

Zum Schließen von Kenntnislücken, zur Aufbereitung von Daten und um Methoden zur Bewältigung der bestehenden Konflikte zu finden, wurde der Teil A der Ökosystemforschung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer konzipiert (LEUSCHNER 1988). Strukturelle Analyse und ökologische Umweltbeobachtung sind die Tragpfeiler dieses Projektteils. Um die das System verändernden Prozesse und deren Wechselwirkungen insbesondere hinsichtlich der Stoffkreisläufe besser verstehen zu lernen, ist der B-Teil des Ökosystemforschungsprojektes eingerichtet worden.<sup>10</sup> Dieser funktionale und der angewandte Teil der Ökosystemforschung sollen am Ende in eine Synthese münden.

Auf struktureller Ebene soll die Zusammenarbeit und die Synthese der beiden Blöcke und der einzelnen Teilprojekte durch eine dreiköpfige Leitungsgruppe sichergestellt werden. Auf der inhaltlichen Ebene setzt die Arbeit mit dem Geographischen Informationssystem an: Der gemeinsame Raum, über den die Teilprojekte Aussagen treffen sollen, ist der kleinste gemeinsame Nenner aller Projekte. Allein im Teil A sind über 30 Forschungsprojekte zusammengefaßt, die einen thematischen Bogen von der Entomologie bis zur Sozioökonomie spannen. Die enge Verknüpfung der Ökosystemforschung mit den Aufgaben des Naturschutzes soll mit der Ansiedlung dieser zentralen Projektstellen am Nationalparkamt in Tönning sichergestellt werden.

Von Beginn an wurden die Forschungsarbeiten auch in Richtung einer langfristigen Umweltbeobachtung betrieben. Die Einspeisung aller Projektdaten einschließlich der Urdaten und Methodendokumentation in eine zentrale Wattenmeerdatenbank (WaDaBa) bildet das Gerüst hierzu. Nicht von ungefähr wurde daher in den letzten zwei Jahren die Forderung nach der Entwicklung eines Monitoringkonzepts für das Wattenmeer an die Forschungsgruppen der Ökosystemforschung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer herangetragen. Ausgangspunkt ist die Planung eines trilateralen Monitorings des Wattenmeeres durch Dänemark, die Niederlande und Deutschland. Personell und inhaltlich ist dieses Vorhaben von Beginn an mit der Ökosystemforschung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer verbunden gewesen. Mit Beginn des Programms ab 1. 1. 1994 wird aller Voraussicht nach das Wattenmeerinformationssystem WATiS die nationale Zentrale für die Datenverarbeitung der Monitoringdaten werden.

## 1.2. Das Wattenmeerinformationssystem: WATiS

Wattenmeerinformationssystem ist die gemeinsame Überschrift der Projekte, die mit der informationstechnischen Be- und Verarbeitung der Daten der Ökosystemforschung in Niedersachsen und Schleswig-Holstein beschäftigt sind. WATiS gliedert sich z.Z. in drei Hauptsysteme: Die lokalen Zentren in Niedersachsen und in Schleswig-Holstein sowie die Wattenmeerdatenbank an der GKSS in Geesthacht, ebenfalls mit einem dort angegliederten GIS zur Verarbeitung räumlicher Daten aus den im Forschungszentrum laufenden Projekten.

WATiS ist als offenes System geplant, d.h. daß alle, die sich an der Erstellung der Datenbank beteiligen, auch Zugriff auf die Datensätze anderer Projekte erhalten können. Der Datenbankkern ist über Datex-P und andere Netze zu erreichen und mit einem Leitsystem ausgestattet, das das Auffinden von Daten mit geringem Aufwand gestattet. Gerade die Ausrichtung auf eine dezentrale Nutzung der Datensätze in verteilten Systemen hat WATiS für das trilaterale Monitoring qualifiziert.

Innovativ ist das WATiS-Konzept vor allem daher, da bereits die Ursprungsdaten, d.h. Meßwerte, in das Informationssystem einfließen. Dementsprechend mußte ein besonders hohes Niveau der Datendokumentation angestrebt werden (VAN BERNEM, KRASEMANN, LISKEN, MÜLLER, PATZIG, RIETHMÜLLER, 1990; KRASEMANN, PATZIG, RIETHMÜLLER, 1991).

---

<sup>10</sup> Einen kurzen Überblick gibt REISE (1991).

# Ökosystemforschung Wattenmeer in Schleswig-Holstein

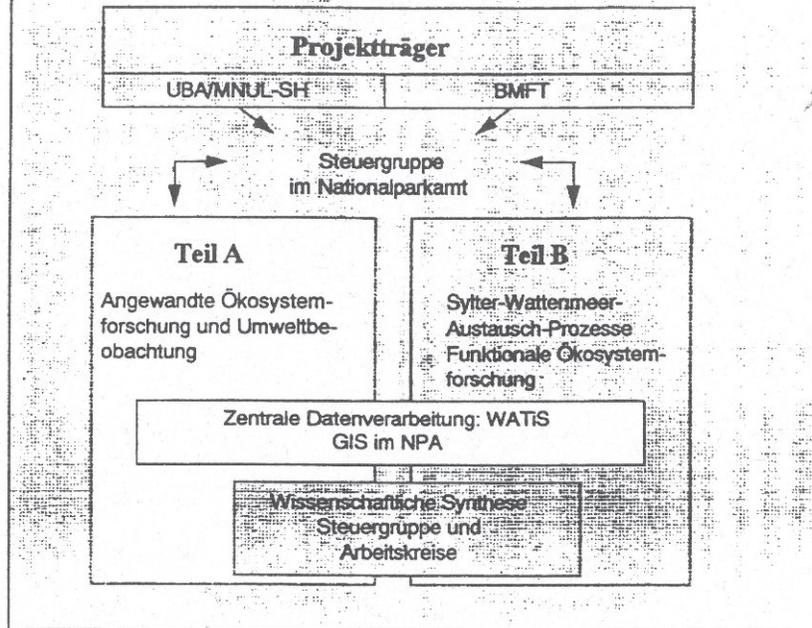


Abb. 1: Organisationsstruktur der Ökosystemforschung

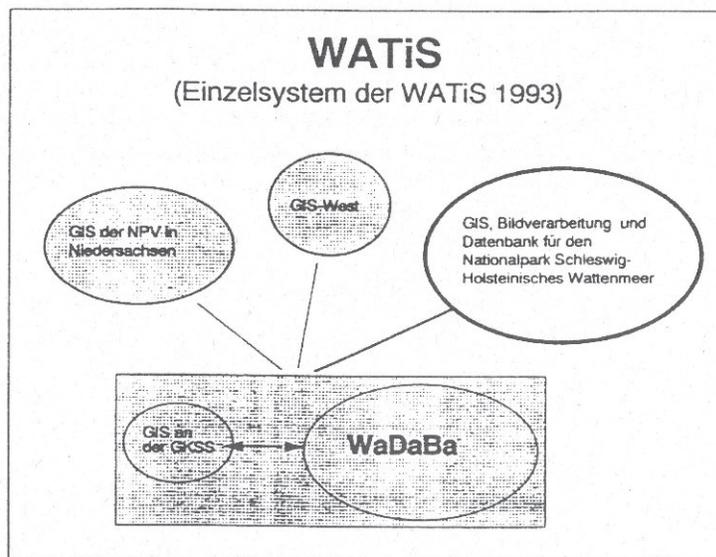


Abb. 2: Arbeiten im WATIS-Verbund

Die lokalen GIS dienen zur Auswertung und Aufbereitung der Untersuchungsergebnisse. Neben den GIS-Zentren der Bundesländer Niedersachsen und Schleswig-Holstein für die Nationalparke wird im Rahmen der Ökosystemforschung ein Projekt der Universität Kiel, das GIS-West unter Leitung von KLUG, unterstützt. Die dort erhobenen Daten über den Küstenstreifen mit Karteninformationen zur Abschätzung der Konfliktpotentiale bei der Raumnutzung durch den Tourismus sind ein Bestandteil der sozioökonomischen Untersuchungen, andererseits werden die Karten auch als Datenbasis für die großmaßstäbige Erfassung des Nationalparks und der angrenzenden Räume genutzt.

### 1.3. Die Aufgaben des GIS im Nationalparkamt

Am Geographischen Informationssystem am NPA werden die kartographischen Erhebungen der anderen Teilprojekte der Ökosystemforschung bearbeitet. Eigene Erhebungen werden zu zahlreichen Themen vorgenommen, bisher u.a. zur Morphologie, historischen Kartographie, Muschelkulturoberflächen und der Topographie.

Darüber hinaus werden die anderen Teilprojekte durch die Aufbereitung von Wetterdaten, Koordinatenumrechnung und die Lieferung von Arbeitskarten unterstützt. In der jetzt begonnenen Synthese der Einzelergebnisse der Teilprojekte wird mit Hilfe des GIS die räumliche Auswertung und Zusammenführung der Daten vorgenommen werden. Und zum Ende der Ökosystemforschung wird durch das Projekt ein Umweltatlas für das Schleswig-Holsteinische Wattenmeer erstellt.

Schon während des laufenden Vorhabens ist die Bedeutung des GIS für das Gesamtprojekt stetig gewachsen. Das nachträgliche Anlaufen des Projektes hatte zur Folge, daß kartographische Arbeiten von anderen Teilprojekten auf der unterschiedlichsten Kartenbasis vorgenommen wurden. Eine gemeinsame räumliche Interpretation der Ergebnisse war kaum möglich. Es wurden nicht nur Karten unterschiedlich alter Aufnahmen, sondern auch verschiedener Maßstäbe und Ellipsoidprojektionen verwendet. Die ornithologischen Projekte arbeiten bis heute noch mit verzerrten Ausschnittskopien ohne Koordinaten der DGK. Durch die Digitalisierung, Umrechnung, Maßstabsanpassung und Umzeichnung auf eine überarbeitete Topographie konnte mittlerweile der größte Teil der Daten für eine weitere Bearbeitung aufbereitet werden. Für die meisten Projekte werden vom GIS kartographische Unterlagen verschickt, die inhaltlich an die spezifischen Erfordernisse angepaßt werden (KOHLUS 1992a).

Die unterschiedlichen Themen der Teilprojekte bedingen auch unterschiedliche Aufnahme-maßstäbe: Befliegungen bei Seehundszählungen liefern Punktdaten auf einer Genauigkeitsebene, die in etwa einer TK 100 entspricht. Die pflanzensoziologische Kartierung der Vegetation in den Salzwiesen arbeitet im Maßstab 1 : 5000, während entomologische Studien und die Sukzessionsforschung auf Maßstäbe von 1 : 100 bis 1 : 1000 zurückgreifen.

Der Sinn des Wortes Maßstab geht im GIS-System verloren. Die in vektorieller Form vorliegenden graphischen Informationen der Karten können in beliebige Ausgabemaßstäbe projiziert werden. Anders ist es mit der Generalisierung: Vereinfachung, Auslassung und räumlicher Versatz sind in der digitalisierten Karte genauso vorhanden wie im Ausgangsmaterial. Statt von Maßstäben soll daher im folgenden von Modellen geredet werden, die durch den Hinweis auf den Maßstab, der wichtigsten topographischen Grundlage spezifiziert sind.

Vom GIS werden zwei Maßstabebenen unterstützt: Ein Modell soll in der Ortsgenauigkeit von 1 : 5000 erstellt werden. Der terrestrische Bereich wird mittels der Daten des GIS-West, die aus der DGK5 entnommen sind und durch Ortsbegehung sowie mittels Luftbildern aktualisiert werden, abgedeckt. Im Wattenbereich werden hierfür die Wattgrundkarten im Maßstab 1 : 2500 bis 1 : 10.000 der Ämter für Land- und Wasserwirtschaft herangezogen. Die Maßstabebene 1 : 100.000 entspricht dem zweiten topographischen Modell. Grundlage waren hierfür die Karten der Landesvermessungsämter, die durch Informationen aus Landsat-Satellitenbildern (TM5) aktualisiert wurden. Die topographischen Informationen sind in beiden Modellen gegenüber der topographischen Karte verringert worden. Von Seiten der Verwaltung ergehen Anforderungen an das GIS zwecks visueller Aufbereitung von Sachinformationen und in zunehmendem Maße auch hinsichtlich statistischer Auswertungen.

Bei der graphischen Aufbereitung werden zumeist sehr stark vereinfachte Darstellungen gefordert, die einen

Sachverhalt schnell und plausibel veranschaulichen. Noch zu Beginn 1992 (KOHLUS 1992b) hatte der Autor die fehlende Möglichkeit, die Karten aus dem GIS-System direkt zum Desk-Top-Publishing nutzen zu können, beklagt. Mittlerweile ist für das am Nationalparkamt betriebene ARC-INFO-System dieser Mangel durch das Programm ARC-View beseitigt worden.

Die Ansprüche an das Material für statistische Auswertungen sind entsprechend ihrer Genauigkeit sehr hoch. Da die zu berechnenden Objekte genügend klein sind, konnten die Auswertungen bisher mit den im Projekt verwendeten Gauß-Krüger-Koordinaten vorgenommen werden.

## 2. Aufnahme der Topographie des Wattenmeeres

### 2.1. Ziele des Vorhabens

Eines der arbeitsaufwendigsten Vorhaben im Projekt ist die Erstellung einer Topographie des semiterrestrischen Raumes mit möglichst hoher Aktualität und Auflösung. Als Ergebnis wird ein dreidimensionales Modell des Wattenmeeres als Matrix für alle dort ablaufenden biogenen und geophysikalischen Prozesse und Zustände angestrebt. Mit dem Modell sollen andere Sachinformationen im inhaltlichen Zusammenhang dargestellt aber auch quantitative Untersuchungen vorgenommen werden können. Die hohen Ansprüche an die Auflösung, insbesondere in der Vertikalen, werden verständlich, wenn bedacht wird, daß schon ein Höhenunterschied von zwei Dezimetern ausschlaggebend dafür ist, ob eine Fläche von mehreren Dutzend Hektar überflutet wird oder nicht. Die Überflutungszeit und Häufigkeit wirken entscheidend auf die Standortverhältnisse für Vegetation und Benthos der höheren Wattgebiete.

Schon geringfügige Veränderungen der Watthöhen versetzen Wattwasserscheiden und wirken damit auf Strömung und Transport. Die Beurteilung von Messungen im Wasserkörper verlangt wiederum die Kenntnis dieser Nebenbedingungen.

Eine zweite wichtige Aufgabe ist die Kenntnis der Akkumulations- und Verlustgebiete im Watt. Aus der Kenntnis der Veränderung der Morphologie und der Dynamik des Sediments kann die Entwicklung des Raumes prognostiziert werden. Außensände und Prielsysteme verändern ihre Lage mit solcher Geschwindigkeit, daß es sinnvoll ist, sie bei der Planung von Schutzzonen und Schutzkonzepten zu berücksichtigen.

### 2.2. Kritische Betrachtung des Quellmaterials

Durch die für den Küstenschutz zuständigen Ämter für Land- und Wasserwirtschaft werden seit den dreißiger Jahren Wattgrundkarten im Maßstab 1 : 10.000 erstellt. Für den Bereich des Nordfriesischen Wattenmeeres ist das ALW-Husum zuständig und für den südlichen Teil des Nationalparks, das dithmarsche Wattenmeer, das ALW-Heide. Die amphibische Natur des Geländes bedingt, daß die zu vermessenden Flächen nur schwer erreichbar und begehbar sind. Die höheren Wattbereiche werden terrestrisch vermessen. Die Arbeiten finden unter dem zeitlichen Druck der Tide statt. Mit größerer Entfernung vom Land ergeben sich Schwierigkeiten bei der Fixierung von Nivellementsmarken; ebenso fehlen Vermessungsfixpunkte zur Ortsbestimmung. Stützpunkte für eine Vermessung können häufig nur für eine Tidephase gesetzt werden.

Die hydrographischen Vermessungen unterliegen anderen Beschränkungen: allem voran muß der extreme Kostenaufwand von Seevermessungen genannt werden. Auch nachdem die Highfix-Ortung durch das bessere System Syldis abgelöst wurde, verbleiben in Teilgebieten im Verhältnis zum Kartenmaßstab hohe Ortsungenauigkeiten.

Durch die komplexen Einflüsse, denen die Vermessungsschiffe unterliegen, muß bei den Meßergebnissen mit Fehlern gerechnet werden. Seegang und Rollen führen zu Ungenauigkeiten, die rechnerisch nicht vollständig eliminiert werden können. Zu einem systematischen Fehler kann es bei Vermessung in senkrecht zur Küstenlinie stehenden Profilen kommen: Bei der Fahrt gegen Land wird das Vermessungsbrot abgebremst und liegt niedriger im Wasser. In den Wattkarten schlägt sich dies als wellenartige Strukturen parallel zur Küste bzw. senkrecht zu den



### 2.3. Umsetzung in der digitalen Kartographie

Die Wattgrundkarten sind Isolinien-Karten. Bei der Digitalisierung werden die Linien mit ihren Höheninformationen aufgenommen. Die Vektorkarte enthält somit eine Linientopologie. Für die Nutzung der Karten bei der Bestimmung von Akkumulation und Abtrag und der Berechnung von Wasserkörpern ist aber, da ARC-INFO keine dreidimensionalen Koordinaten unterstützt, eine Flächentopologie erforderlich, deren Flächenstufen Höhenattribute enthalten.

In einem zweiten Arbeitsschritt nach der Digitalisierung werden daher die Flächen mit Hilfslinien geschlossen. Die Isoplethen werden so mit den Vermessungsgrenzen, dem Kartenrand und in Bereichen starker Neigung auch mit Isoplethen anderer Höhenwerte verbunden. Diese dem Isoplethen-Modell widersprechenden Linien enthalten einen besonderen Nennwert, damit sie von den Höhenlinien unterschieden werden können.

Das Software-System ist selbständig in der Lage, jeder umgrenzten Fläche eine Flächenmarke zuzuteilen. Den umgebenden Linien sind Verweise auf diese Flächenmarken zugeordnet (Abb. 3). Eine Näherung der Flächenhöhe kann durch das arithmetische Mittel der Isolinien berechnet werden. Sind die umgebenden Linien aber von gleicher Höhe, liegen die Flächen also in einer Sattel- oder Muldenposition, muß der Trend der umgebenden Flächen untersucht werden. Für diese rekursive Analyse wurden vom Autor Hochsprachenprogramme entwickelt, die die ausgewerteten Daten an ARC-INFO zurückgeben. Mulden und Sättel werden mit dem halben Modalwert der Höhenunterschiede der Isolinien im entsprechenden Höhenbereich gewichtet.

Die graphische Aufbereitung geschieht halbautomatisch: Linientypen werden entsprechend den Höhenwerten zugeordnet, Linientexte an alle Linien gesetzt und nachträglich versetzt und ausgedünnt. Die Ausgabe der Karten erfolgt mit Plotter, die Flächenfärbung wird entsprechend eines frei wählbaren Wasserstandes vorgenommen. Entsprechend der Zuverlässigkeit der Höhenangaben und der Variabilität der Wasserstände wird eine Mischfärbung  $\pm 15$  cm um den virtuellen Wasserstand ausgegeben. Die graphische Ausgabe in den DTP-Modulen wird mit einer Klassifikation und Farbskala unternommen. In der Farbdarstellung können aber nicht alle Höhengschichten differenziert dargestellt werden (Karte 1).

Im Projekt wurde der Arbeitsaufwand, der bei diesen Karten anfällt, analysiert. Insgesamt ist eine Person rund sechs Tage mit einer Karte beschäftigt. Die Tätigkeiten auf die Arbeitsbereiche verteilen sich dabei wie folgt:

- 20 % Digitalisierung,
- 35 % Korrekturen sowie Vorbereitung der Urkarte,
- 35 % Nacharbeiten für eine präsentable Darstellung,
- 10 % Dokumentation.

Hinzu kommen Programmentwicklungen, die Erstellung von Dateien für Darstellungsparameter usw. Bei den weit über 100 Karten liegt dieser Aufwand in der Summe bei etwa 3 %.

### 2.4. Auswertungen

Bisher liegen etwa 70 Kartenblätter vor, für einige wurden auch ältere Vermessungen digitalisiert. Für eine Bearbeitung dieser Karten stellt die GIS-Software das Instrument der Verschneidung zur Verfügung (Abb. 4). Alle möglichen Schnittpunkte der Linien beider Karten werden gebildet. Die sich daraus ableitenden Linienstücken werden als neue Linienliste der Ergebniskarte gespeichert. Die von ihnen umgebenden Flächen enthalten die Attribute beider Ausgangskarten.

Im Projekt wird dieses Verfahren auf die Wattgrundkarten angewendet, für die es Kartenblätter aus unterschiedlich alten Vermessungen gibt. Die Verschneidungskarten enthalten Flächen mit den Höhenwerten aus beiden Vermessungen. Durch Differenzbildung kann auf Akkumulation oder Abtragung geschlossen werden. Ähnliche Verfahren finden im Rahmen der Untersuchungen zum Küstenschutz schon seit längerem Verwendung. Da die Daten

# Wattgrundkarten aus dem Gebiet Hallig Gröde



Quellen: Wattgrundkarten des  
ALW Husum, Bearbeitung durch  
TP A1.1 der Ökosystem-  
forschung Schleswig-Holstein-  
isches Wattenmeer.  
Kartographie: WISNO 1993;  
Landesamt für den National-  
park Schleswig-Holsteinisches  
Wattenmeer, J.Kohlus, TP A1.1



## Das Verfahren der Verschneidung von Kartenlayern

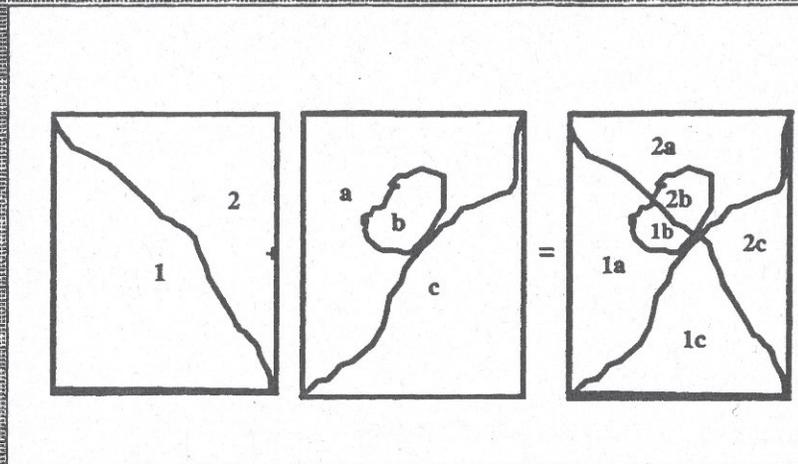


Abb. 4: Verfahren der Verschneidung

nicht digital vorlagen, wurde eine Verschneidung aller Flächen mit allen Flächen der späteren Vermessung vorgenommen, sondern entweder über Raster eine Vergleichsrechnung durchgeführt oder eine Flächenbilanz morphologischer Formen, z.B. Flächen über MTHW, durchgeführt (HUND 1958; KOHLUS 1989; TAUBERT 1982; WIELAND 1973). Im Kartenausschnitt (Karte 2) der Wattdifferenzkarte aus dem Gebiet des nördlichen Eiderstedt können sehr gut die Veränderungen abgelesen werden: Die Hauptentwässerungsrinne hat sich deutlich vertieft. Im Westen des Ausschnitts ist ein starker Küstenabbruch zu erkennen, auch auf den hohen Wattrücken ist es zur Denudation gekommen. Akkumulationsvorgänge sind an den Ufern des Priels abzulesen, im Westen ist ein Verfüllung an der Wurzel eines kleinen Priels zu erkennen.

Das Verfahren zur Bestimmung von Wasservolumina ähnelt dem zur Erfassung von Höhenveränderungen des Wattes. Der Wasserstand wird hierbei als gerade oder als durch Isolinien abgeschrägte Oberfläche dargestellt und ebenfalls durch Verschneidung auf der Fläche bilanziert.

Eine Berechnung der verlagerten Massen, die häufig genannte Massenbilanzierung, sollte in Anbetracht der unvermeidbaren Ungenauigkeiten des Kartenmaterials kritisch betrieben werden. Durch die Größe der Flächen ergeben sich auch bei geringen Höhenveränderungen große Volumina. Bereits wenn eine andere Teilung der Höhenachse durch die Wahl der Isolinien vorgenommen wird, kann die veränderte "Stufigkeit" hohe Massenbewegungen vorspiegeln.

### 3. Ergebnisse einiger Teilprojekte der Ökosystemforschung im GIS

#### 3.1. Das Modell 1 : 100.000

Eine der dringenden Anforderungen an ein GIS-System in einer Naturschutzverwaltung besteht darin, möglichst zügig Karten für unterschiedliche Fragestellungen in einfacher, anschaulicher Form bereitzustellen. Solche

Kartenabbildungen (Kartenformate etc.) werden häufig unter Kriterien angefordert, die nur schwer mit den erwünschten Inhalten in Übereinstimmung zu bringen sind.

Die Genauigkeit der Digitalisierung einer Karte liegt in etwa bei  $\pm 0,5$  mm Abweichung von der Kartenvorlage. Gewöhnlich ist daher anzustreben, die Kartenvorlage mit kleinerer Maßstabszahl als die beabsichtigten Ausgaben zu wählen. Andererseits ist, entsprechend der Generalisierungseffekte, eine beliebige Verringerung des Maßstabs auch nicht anzustreben. Empirisch kann aus den Erfahrungen im Projekt abgeleitet werden, daß bei einer Verdreifachung der Maßstabszahl fast immer noch akzeptable Ergebnisse geliefert werden können.

Als Ausgangsmaterial für eine Übersichtskartographie wurden Karten der TK25 und der topographischen Übersichtskarte 1 : 100.000 erwogen. Eine Karte des gesamten Nationalparks auf DIN A4 hat einen Maßstab von ca. 1 : 360.000. Eine Vereinfachung der Topographie im detailreichen Festlandsbereich mußte in jedem Fall erfolgen.

Andererseits sind für eine Arbeitskarte bei Zählungsflügen aber Details in der Niedrigwasserlinie<sup>12</sup> gefordert. Eine Überprüfung ergab, daß diese Linien von der TK25 mit der der topographischen Übersichtskarte identisch sind. Alle Karten im GIS werden im Gauß-Krüger-System geführt. Da in Schleswig-Holstein einige Karten nur mit UTM-Koordinaten zu erhalten waren, mußte eine Umrechnungsmöglichkeit geschaffen werden. Im Projekt wurde hierzu ein im Rahmen der WaDaBa-Arbeiten erweitertes Programm von KLUEGER (BSH Hamburg, 1986) mit einer vereinfachten Schnittstelle ausgestattet und an den PC angepaßt. Hiermit können auch Informationen aus der Seekarte in Gauß-Krüger-Koordinaten überführt werden. Wichtig ist es, die Linienabschnitte, die Geraden zwischen den Stützpunkten, kleinzuhalten, da eine Gerade auf der Seekarte einer Kurve auf der Gauß-Krüger-Karte entspricht.

Das Modell 1 : 100.000 hat sich zur wichtigsten Kartengrundlage für die meisten Sachdaten aus den Projekten mit großflächiger Erhebung entwickelt. In der jetzt begonnenen Synthesephase wurden rund 80 Karten als Arbeitsgrundlage an die Projekte ausgegeben. Mehr als 20 Sachthemen sind z.Z. bereits für das Gesamtgebiet fertiggestellt worden.

### 3.2. Einfache Flächeninformationen?: Seegräser und Grünalgen

Der einfachste Typ einer Themenkarte geht aus der flächenhaften Aufnahme hervor. Beispiele sind die Flugzeugkartierungen von Grünalgen und Seegräsern im Rahmen der ÖSF. Durch die Befliegung wird bereits bei der Erhebung eine Generalisierung durchgeführt.

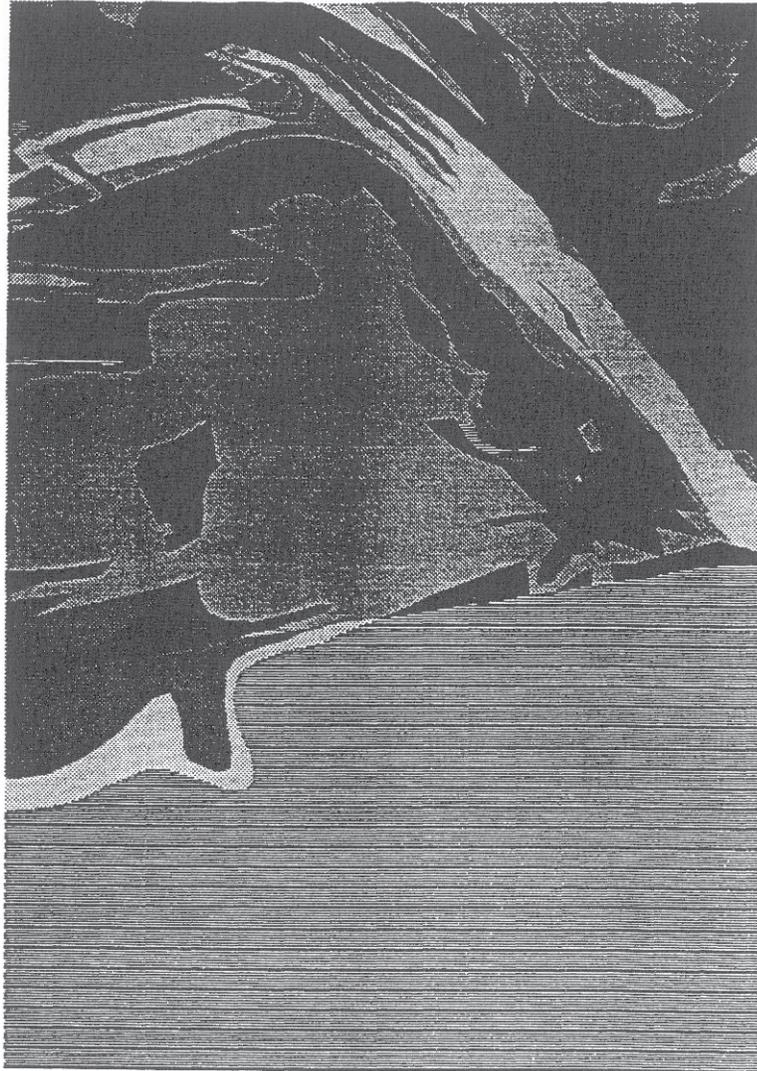
Veränderungen der in den Karten verzeichneten Flächen können im GIS schnell sichtbar gemacht werden. Eine statistische Analyse muß allerdings mit Vorsicht angegangen werden. BUHS und REISE (1991) geben zur Methode der Seegraswiesenerfassung an: "Das starke Aufkommen der Grünalgen, die häufig gemischt mit dem Seegras vorkommen oder dieses sogar überlagerten, erschwerte die Fernerkundung. Flächendeckende Gründalgenmatten im Wattgebiet um die Hallig Norderooog machten es vollkommen unmöglich, dort noch Seegras zu erkennen."

Die Kartierung im Nordfriesischen Wattenmeer von 1992 wurde im Rahmen einer Diplomarbeit von BOCK und BRODOWSKI angefertigt. In den neuen Karten wird nicht mehr zwischen büscheligen und flächenhaften Vorkommen unterschieden. Wie weit der starke Rückgang der Seegräser, wie er sich in der Abbildung widerspiegelt, der Realität entspricht und nicht das Ergebnis einer unterschiedlichen Einschätzung und Qualifizierung ist, wird durch das Projekt überprüft werden. Zur Vorsicht mahnt auch die Feststellung von BUHS und REISE (1991), daß es "zwischen 1978 und 1983 zu einer deutlichen Ausdehnung von Seegrasvorkommen kam, bei der es bis 1991 geblieben ist". Der metastabile Zustand der besiedelten Flächen wird damit betont.

---

12 In den topographischen Karten wird die Springtide-Niedrigwasserlinie abgebildet.

**Wattdifferenzkarte  
Höhenveränderungen zwischen 1974 und 1989  
Ausschnitt Wattkarte 115  
Osterhever**



- Höhenveränderungen**
-  starke Abtragung
  -  Abtragungsgebiete
  -  stabile Gebiete
  -  leichte Akkumulation
  -  starke Akkumulation
  -  Land über MTHW

Quellen: Wattgrundkarten des  
ALW Husum, Bearbeitung:  
J. Kohlus, TP A 1.1 der Öko-  
systemforschung Wattenmeer

Kartographie: WISNO 1993,  
Landesamt für den National-  
park Schleswig-Holsteinisches  
Wattenmeer.



Das gegebene Beispiel verdeutlicht, daß auch technisch einfaches Kartenmaterial keine einfach zu handhabende Information enthalten muß. Das GIS ist Anlaufpunkt und Informationsstelle für Projekte und Anfragen aus den verschiedensten Bereichen. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, muß bei der Aufnahme neuer Informationen in das GIS daher neben der kartographischen Aufbereitung auch eine kritische Prüfung und Dokumentation des eingegangenen Materials erfolgen. Hierfür ist eine enge Zusammenarbeit mit den Projekten, die die Daten erheben, notwendig.

### 3.3. Extrapolation von Verbreitungsangaben: Beispiel Robben

Die Kartierung des Benthos erfordert bei der Felderhebung einen enormen Arbeitsaufwand. Die relativ ortsfeste Besiedlung stellt aber an die Kartographie keine unüblichen Ansprüche. Anders ist das mit den hochbeweglichen Populationen von Vögeln und Robben<sup>13</sup>. Die Beobachtungen im Feld verlaufen stichprobenförmig und geben nur Momentaufnahmen wieder. Die Zählungen an den Orten sind zudem verhaltensselektiv.

Seehunde halten sich nicht nur zur Nahrungsaufnahme, sondern darüber hinaus einen großen Teil ihres Lebens im Wasser auf. Um eine etwa zeitgleiche Beobachtung der Gesamtpopulation des Nationalparks durchzuführen, werden die Seehundzählungen mit dem Flugzeug vorgenommen. Schon aus dem Grund der Sichtbarkeit sind hierbei nur die Tiere erfassbar, die auf den Liegeplätzen ruhen. Die räumliche Verteilung der Seehunde ist zudem nicht nur von dem Tiderhythmus, sondern auch von der Jahreszeit abhängig. Im Winter halten sich die meisten Seehunde zwar im Küstenbereich, aber außerhalb des Wattenmeeres auf. THIEL (1990, 1991) und VOGEL (1991) weisen allerdings darauf hin, daß ein größerer Teil der Seehunde als bisher angenommen auf den äußeren Sandbänken im Wattenmeer verbleibt. Die Nutzung dieser Winterliegeplätze erfolgt nur, wenn die Wärmeverluste nicht die im Wasser übersteigen (JOHN und GÜNTHER 1985). Im Frühjahr sammeln sich die Seehunde auf den Liegeplätzen, um sich zur Wurfzeit, ab Ende Mai, in kleineren Gruppen zu verteilen (KOCK 1990). Die Liegeplätze, die mit Jungtieren bevorzugt aufgesucht werden, weichen hiervon wiederum ab. Im Herbst bilden sich dann große Gruppen, die die Bänke nahe der Wattenmeeraußenküste aufsuchen (VOGEL 1990, 1991).

Im Rahmen des GIS-Projektes wurde für die Planung von Ruhezeiten Kartenmaterial zu besonders störungsempfindlichen Bereichen erarbeitet. In der Karte sollen die Gebiete gekennzeichnet erscheinen, die für die Robben eine besondere Bedeutung und daher einen erhöhten Bedarf an Störungssicherheit haben. Bei Robben ist eine Störung gerade auf den Liegeplätzen äußerst ungünstig: das häufige und hastige Robben über die Sandbänke führt zu Hautverletzungen, die sich oft infizieren. Da die Tiere nicht sofort wieder auf die Sandbank zurückkehren, geht wichtige Zeit für die Sonnenbestrahlung, die der Vitamin D-Erzeugung und der für das Fellwachstum förderlichen Wärmeaufnahme dient, verloren (KOCK 1990). In dem gewählten Fall der Ruhezonenausweisung entspricht das erfaßte Verhaltensrepertoire, das Ruhen, den Kriterien der Fragestellung sehr gut.

Als Grundlage für die Kartenerstellung sind die Ergebnisse von THIEL verwendet worden. Die Verteilung der Liegeplätze wurde mit anderen Untersuchungen und Vorergebnissen verglichen (NEHLS und THIEL 1988; BRÄGER et al. 1991; KOHLUS 1993). Für eine weitere Auswertung galt es, die Beobachtungsorte mit einem geeigneten Maß zu bewerten. In der Ornithologie wird häufig die Maximalzahl des Vorkommens einer Art als Maßstab für die Wichtigkeit eines Rast- oder Brutplatzes herangezogen. Hierdurch läßt sich die saisonale Wichtigkeit auch selten besuchter Plätze deutlich machen. Ebenso empfindlich reagiert dieses Maß aber auch auf extreme Einzelfälle und gibt bei Beobachtungslücken schnell ein verschobenes Bild. So würde die Nutzung des Maximalwertes bei den Seehunden das herbst-/winterliche Verhalten der Tiere, sich in großen Gruppen zusammenzuschließen, widerspiegeln. Häufig und über lange Zeit genutzte Flächen gehen bei diesem Klassifizierungsverfahren unter. Um einen ganzjährigen Bedeutungswert zu erhalten, wurde daher auf den Mittelwert der Anzahl der Tiere aller Beobachtungen zurückgegriffen.

---

13 Im Wattenmeer kommen die Robbenarten Kegelrobbe (*Halichoerus grypus*), Ringelrobbe (*Phoca hispida*) und Seehund (*Phoca vitulina*) vor. Nur die Seehunde sind häufiger im Wattenmeer anzutreffen. Die Kegelrobben bilden zwei kleine Kolonien nordwestlich von Amrum. Die Ringelrobbe tritt nur selten auf.



Abb. 5 Veränderung des Seegrassbestandes zwischen 1991 und 1992

Seegrassbestände 1992

▨ Zosterawiesen

Seegrassbestände 1991

▨ büschelige Bestände

■ Zosterawiesen

Quellen:

1991: Buhs & Reise

1992: Bock & Brodowski

Kartographie:

Landesamt für den Nationalpark  
Schleswig-Holsteinisches Watten-  
meer,

TP A1.1. der ÖSF SHW, J. Kohlus



Abb. 6: Seehundliegeplätze: Vergleichskarte der extrapolierten Daten (grau, Bearbeitung 1992) und der statistisch aufbereiteten Projektdaten von M. THIEL(1989-1991, Rauten, Bearbeitung 1993)

Jungtierliegeplätze sind besonders ruhebedürftig. Da sie aber mit weniger Tieren besetzt sind, werden sie in dem o.g. Maß nicht genügend berücksichtigt. Die Liegeplätze wurden daher nach ihrer Bedeutung für die Jungtiere unabhängig klassifiziert. Die Liegeplätze wurden daher in der Endbewertung in die jeweils maximale Schutzklasse der beiden Klassifikationen eingestuft. Aus den Verhaltensbeobachtungen konnte VOGEL (1991) feststellen, daß die Robben ab etwa 300 m Distanz auf ein Störereignis reagieren. Um die als Koordinatenpunkt angegebenen Beobachtungsplätze wurde so ein Störungspuffer von 300 m gelegt. Durch räumliche Überlagerung entstanden hierdurch Cluster, deren summierte Bewertungen zur Abgrenzung von Flächen, die besondere Bedeutung als Liegeplätze haben, genutzt werden konnten.

Inzwischen liegen die Beobachtungsergebnisse mit weiteren qualitativen Angaben vor. Die Abbildung zeigt die extrapolierten Flächen grau. Helligkeitsstufe und Symbolgröße geben die Schutzklasse wieder.

#### 4. Literaturverzeichnis

VON BERNEM, K.-H.; KRASEMANN, H. L.; LISKEN, A.; MÜLLER, A.; PATZIG, S. und RIETHMÜLLER, R.: Das Wattenmeerinformationssystem WATiS. UBA-Texte 7/90: "Ökosystemforschung Wattenmeer".

BOCK & BRODOWSKI: Seegraskartierung Nordfriesland 1992. Unveröffentlichtes Kartenmaterial einer Diplomarbeit.

CZECK, R.: Konzeption der Ökosystemforschung Niedersächsisches Wattenmeer. Int. Mitt. aus dem Forschungsvorhaben "ÖSF im Bereich der Bornhöveder Seenkette", H. 5, Kiel, 1991.

GIERLOFF-EMDEN, H. G.: Geographie des Meeres. Bd. 2, Berlin, New York, 1980

HUND, C.: Das Rasterverfahren zur Bestimmung von Höhen- und Raumveränderungen im Wattenmeer. Marschenbauamt Heide der Pegelaußenstelle Büsum, unveröffentlichte Studie 1/58.

JOHN, W. und GÜNTHER, I.: Forschungsprojekt Seehund. Bild der Wissenschaft 22 (1985) 5.

KOCK, K.: Seehunde (*Phoca vitulina*). Landesinstitut Schleswig-Holstein für Theorie und Praxis in der Schule und Landesamt für den Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (NPA) (Hrsg.): Tiere im Wattenmeer, Kiel, 1990.

KOHLUS, J.: Digitale Luftbildauswertung am Beispiel der Hallig Gröde und der Tümlauer Bucht. Diplomarbeit, Marburg, 1989.

KOHLUS, J.: Kurzvorstellung des GIS im NPA & Die Analyse von Vegetationskarten: Ein Modellierungsvorhaben am GIS-Wattenmeer. Int. Mitteilung aus dem Forschungsvorhaben "ÖSF im Bereich der Bornhöveder Seenkette", H. 5, Kiel, 1991.

KOHLUS, J.: Aus den Arbeiten mit dem GIS für die Ökosystemforschung Wattenmeer. Berichte aus der ÖSF Wattenmeer, H. 1, Berlin, 1992a.

KOHLUS, J.: Der GIS-Einsatz am Nationalparkamt für das Schleswig-Holsteinische Wattenmeer. In: GÜNTHER, O. (Ed.): Umweltanwendungen geographischer Informationssysteme. Karlsruhe, 1992b.

KOHLUS, J.: Das GIS im Nationalparkamt: Schutzzonen für Robben und Vögel, ein Anwendungsbeispiel. Berichte aus der ÖSF Wattenmeer, H. 3, Berlin, 1993 (im Druck).

KRASEMANN, H. L.; MÜLLER, A.; PATZIG, S. und RIETHMÜLLER, R.: Die projekt-orientierte Struktur des Wattenmeerinformationssystems WATiS. Int. Mitt. aus dem Forschungsvorhaben "ÖSF im Bereich der Bornhöveder

Seenkette", H. 5, Kiel, 1991.

KRUEGER, H.: N4Koor. Fortran-Programm zur Koordinatenumrechnung. BSH, Hamburg, 1986.

LEUSCHNER, C.: Ökosystemforschung im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer: Wissenschaftliche und methodische Aspekte. UBA-Texte 7/90.

NEHLS, G.; THIEL, M.; BRÄGER, S. und MEISSNER, J.: Auswirkungen des Bootsverkehrs im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer auf die räumliche Verteilung von Seehunden und mausernden Enten. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag NPA, Tönning, 1991.

REISE, K.: Grundgedanken zur ökologischen Wattforschung. UBA-Texte 7/90.

REISE, K.: Ökologische Erforschung des Wattenmeeres. Spektrum der Wissenschaft, 5, 1991.

THIEL, M.: Untersuchungen zum Jahresrhythmus und Bestand der Seehunde (*Phoca vitulina* L.) auf den Sandbänken im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer. Unveröffentlichter Bericht an das NPA, Kiel, 1990.

THIEL, M.: Monitoring der Robbenvorkommen im schleswig-holsteinischen Wattenmeer. Unveröffentlichter Bericht des TP A2.11 an das NPA, Tönning, 1992.

TAUBERT, A.: Wohin wandern die Außensände? Nordfriesland, 16 (1982) 1/2.

VOGEL, S.: Untersuchungen zum Bestand von Seehunden (*Phoca vitulina*) und Kegelrobben (*Halichoerus grypos*) auf Liegeplätzen im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer. Unveröffentlichter Bericht des TP A.6.4 an das NPA, Tönning, 1990.

VOGEL, S.: Beobachtungen von Seehunden und Kegelrobben im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer. Unveröffentlichter Bericht des TP A.6.4 an das NPA, Tönning, 1991.

WEGNER, B.: Rechnergestützte Erfassung und Beschickung von Wasserlinien im Verfahren der Wattvermessung. Diss. Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover Nr. 79, 1979.

WIELAND, P.: Untersuchungen zur geomorphologischen Entwicklungstendenz des Außensandes Blauort. Die Küste, H. 23, 1973.

ZÖLITZ, R. et al: Vorstudie zum Aufbau eines Natur- und Umweltinformationssystems Schleswig-Holstein. MNUL (Ed.): NUIS, Kiel, 1992.