

5x synoptische Vermessungen der deutschen Küstengewässer der Nordsee / Archivierung der Ergebnisse / Nutzung des Digitalen Tiefenmodells Küste DIGEKÜ

Von WILFRIED SCHLEIDER

Zusammenfassung

Seit dem Jahr 1975 werden im 5-Jahres-Intervall Vermessungen der Tidegewässer vor der Küstenlinie der deutschen Nordseeküste so koordiniert, dass eine großflächige Nutzung der Tiefendaten möglich ist. Seeseitig begrenzt wird diese Fläche durch die 20-m-Tiefenlinie. Beteiligt sind Dienststellen des Bundes, der Küstenländer und der Niederlande. Für die Vermessungen wurde das „Prinzip der Vergleichbarkeit“ vereinbart. Im Folgenden soll ein Überblick über das bisher Erreichte, die Datenbehandlung, -bearbeitung und -archivierung gegeben werden.

Summary

Since 1975, coordinated hydrographic surveys of the German coastal areas of the North Sea to the 20m-contour line have been carried out in order to obtain a synoptic bathymetry of a vast area. Survey parties from Germany and The Netherlands are involved in this very important task. For the survey, the principle of comparability has been agreed on. The paper presents an overview of the series of surveys and describes data handling and archiving.

Inhalt

1. Einleitung	37
2. Festlegungen für die Durchführung der synoptischen Vermessungen	38
3. Archivierung der Daten der synoptischen Vermessungen	40
3.1 Formate der Datenarchivierung	40
4. Das DIGEKÜ als Grundlage für ein GISKÜ	48
5. Optimierung des DIGEKÜ zum Geographischen Informationssystem GISKÜ	50
6. Ausblick	50
7. Schriftenverzeichnis	51

1. Einleitung

Angeregt durch verschiedene Studien und gezielte Beobachtungen morphologischer Veränderungen im Jade-/Weserästuar durch die WSV des Bundes faßte im Jahre 1974 das KFKI den Beschluss, durch quasi-synoptische Vermessungen des deutschen Küstenvorfelds unter Mitwirkung fast aller Küstendienststellen morphologische Veränderungen großräumig zu erfassen. Das entsprechende KFKI-Projekt wurde vom damaligen Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT) für die Vermessungen der Jahre 1974/76 und 1979/81 gefördert. Aufnahme und Darstellung der Veränderungen waren auf den Maßstab 1:25 000 auszulegen. Die zeitorientierten Koordinatentripel stellen die Lagewerte in Gauß-Krüger-

Koordinaten sowie den Höhen-/Tiefenbezug auf NN dar. Die Projektleitung für die Aufgabe oblag zunächst dem BSH (vormals DHI). Der Rijkswaterstaat der Niederlande war und ist mit Vermessungen im Dollart beteiligt (BETTAC, SCHLEIDER, SINDERN, 1984).

Die im Projekt beteiligten Wasser- und Schifffahrtsämter der WSV des Bundes, das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (vormals DHI) sowie die Küstendienststellen Niedersachsen und Schleswig-Holstein benötigen die Vermessungsergebnisse vorrangig für die Herstellung eigener Karten und Pläne für Durchführung ihrer eigenständigen Aufgaben, für morphologische Analysen und Epochenvergleiche als Grundlage für langfristige Vorhersagen.

Nach Übergang der Aufgabe 1984/86 auf die WSV wurden Planung, Durchführung der Folgevermessungen und die Leitung des Projektes im Jahr 1986 dem Verfasser bei der WSD Nordwest in Aurich übertragen (SCHLEIDER, 1987). Die 5. synoptische Vermessung 1994/96 ist nunmehr abgeschlossen; die Tiefenpunktinformationen sind im zentralen Rechner der WSV bei der BAW Karlsruhe archiviert.

Im Folgenden werden kurz wesentliche Organisationsmerkmale des Projektes, die Datenarchivierung sowie Anwendungen im Digitalen Geländemodell Küste (DIGEKÜ) als Vorstufe eines Geographischen Informationssystems Küste (GISKÜ) der WSV vorgestellt.

2. Festlegungen für die Durchführung der synoptischen Vermessungen

Auf der Grundlage damaliger wissenschaftlicher Erkenntnisse wurden sowohl die Ausdehnung der Untersuchungen (Abb. 1) als auch die Häufigkeit der Wiederholungen (BETTAC, SCHLEIDER, SINDERN, 1984) festgelegt. Aus Kapazitätsgründen wurde die Synopse für drei zusammenhängende Aufnahmejahre jeweils in den Teilgebieten 1) Jade-, Weser- und Elbeästuar, 2) Dollart/Ostfriesische Küste und 3) Westküste Schleswig-Holstein/Sylt definiert. Die Vermessung umfaßt insgesamt 9000 km² Fläche (SCHLEIDER, 1988). Die Basisvermessung und die 1. Wiederholung wurden mit hydrographischen, geodätischen und flugzeuggestützten Verfahren durchgeführt. Bei Folgevermessungen fanden nur noch hydrographische Verfahren Anwendung (SCHLEIDER, 1997).

Alle Ergebnisse eines Aufnahmejahres wurden diesem per Definition zugeordnet. Eine weitere zeitliche Differenzierung erfolgte zunächst nicht. Die über NN liegenden Wattflächen wurden nur alle 10 Jahre erfasst und auch nicht flächendeckend. Die auf den Maßstab bezogene Ortungsgenauigkeit von $\pm 2/10$ mm oder ± 5 m mit einem Vertrauensniveau von 68 % (1σ) ist auch für die Hyperbelortung mit Syledis erreicht. Bisherige Auswertungen lassen die Annahme einer Genauigkeit für den Tiefenpunkt von $\pm 0,3$ m, ebenfalls mit einem Vertrauensniveau von 68 % (1σ) zu, auch bei – im Gegensatz zur Pegelschickung, es wurde mit einem temporären Pegelnetz zur Ergänzung des Dauerpegelnetzes gearbeitet – indirekte Beschickung mit Hilfe der Wasserstandserrechnungskarte WEK des BSH (SCHLEIDER, 1997). Geringer in der Qualität sind dennoch wegen Abstand zum Bezugspiegel solche Vermessungsergebnisse, wie sie aus dem äußeren Aufnahmegebiet mit Tiefen über 10 m vorliegen. Der Bezug der Tiefenangaben zu SKN wurde entsprechend dem angewendeten Beschickungsverfahren ermittelt, eine Umrechnung nach NN erfolgte über Umringpolygone, durch die Flächen gleicher Differenz zwischen SKN und NN festgelegt werden. Zeitabhängige Vergleiche der Küstenmorphologie erfordern einen eindeutig definierten Bezugshorizont. Das veränderliche SKN ist kein geeigneter Bezugshorizont.

Die Vermessungen der Küstendienststellen lieferten maßstabsbezogen optimale Ergeb-

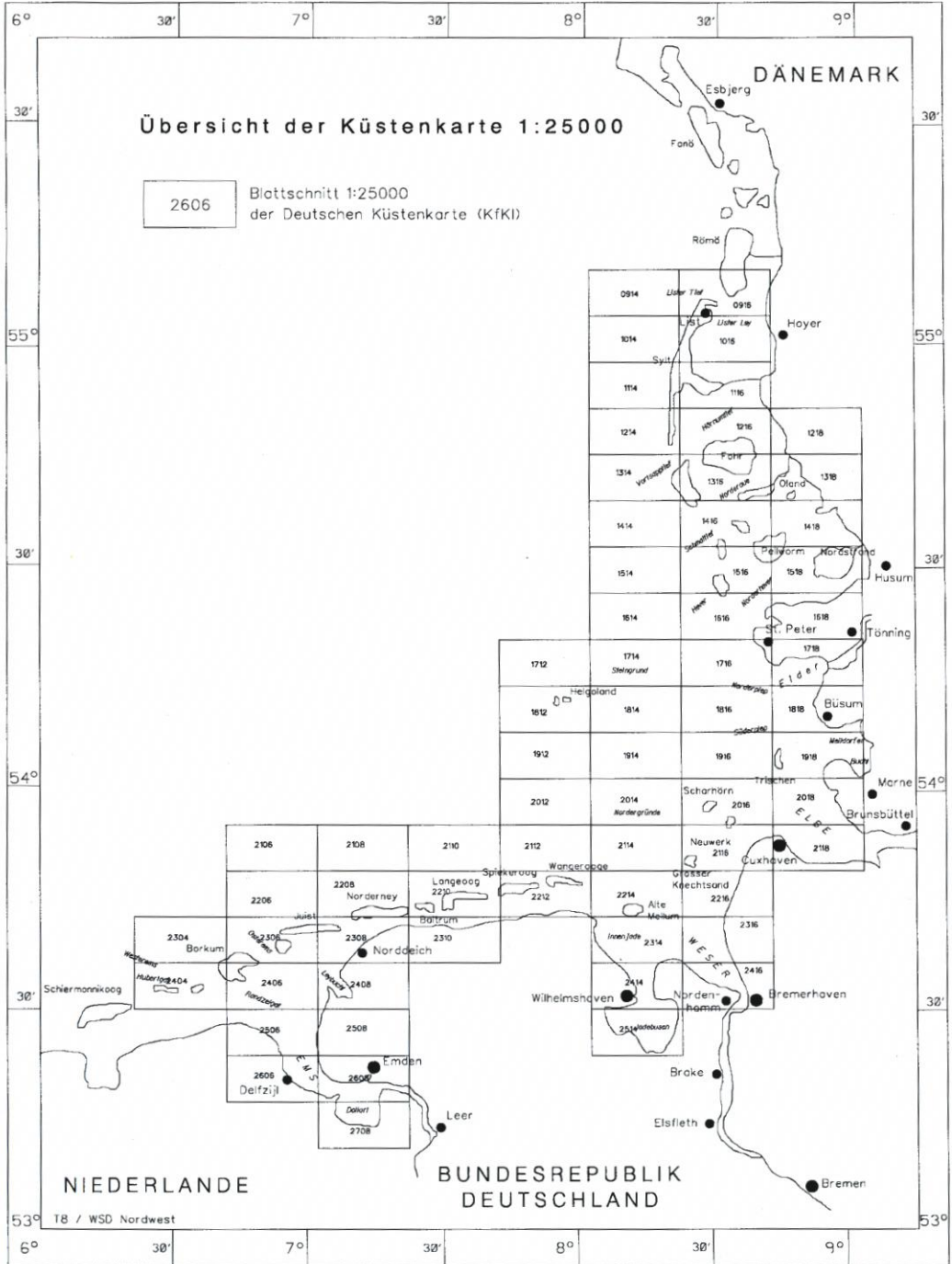


Abb. 1

nisse. Gelotet wurde auf 50 bis 250 m parallelen Vermessungsprofilen mit einer hohen Echolotfrequenz (100/210 kHz). Die Ausrichtung der Profile sollte senkrecht zu den Tiefenlinien verlaufen.

Die Tiefenpunktgenauigkeit kann nunmehr, insbesondere durch Umstellung der Ortung von Syledis auf GPS mit der Referenzstation Helgoland mit von der Neigung der Gewässersohle abhängigen Genauigkeit von $\pm (0,3 + 10 \times \tan a)$ in m angenommen werden (Vertrauensniveau 95 % = 2σ), a = Geländeneigung (SCHLEIDER, 1997). Der von der Geländeneigung abhängige Fehleranteil aus der Ortungsgenauigkeit ist hierbei berücksichtigt. Auch ist hierbei davon auszugehen, daß nur noch zufällige Abweichungen definiert sind.

Die Ergebnisse der Erstvermessung 1974/76 wurden aus Vermessungen und Digitalisierungen von Seekarten (SKN) und Wattkarten (NN) der Küstenländer erhalten. Eine nennenswerte Datenverarbeitung fand nicht statt. Die Ergebnisse genügen den Anforderungen des mehrfarbigen Kartendrucks „Küstenkarte 1: 25000“.

Bei der Vermessung 1979/81 wurde das Flugzeug gestützte Wasserlinienverfahren (Serieneinzelbildauswertung) für die Vermessung der trocken fallenden Wattflächen eingesetzt.

3. Archivierung der Daten der synoptischen Vermessungen

Entsprechend dem Projektauftrag wurde die Archivierung der Tiefenvermessung, der Basisvermessung und der 1. Wiederholung beim DHI (jetzt BSH) in Hamburg durchgeführt. Die Tiefenangaben liegen auf CD NIKF 01 komprimiert auf SKN vor. Diese CD wurde im November 1995 im Zuge der Umstellung der Rechnerumgebung auf das Betriebssystem Unix erstellt. Alle Tiefendaten wurden geordnet und gleichartig im KUEFO90-Format formatiert.

Nach Herstellung der CD und Plausibilisierung der übertragenen Daten wurden die ursprünglichen Datenträger aus Platzgründen vernichtet. Die Dateien sind nach Vermessungsverfahren und Aufnahmejahren geordnet.

Ab 1982 werden Ergebnisse der synoptischen Vermessungen (WSV, BSH, andere KFKI-Dienststellen der Länder, Rijkswaterstaat, tlw. Vergaben z.B. Wasserlinienverfahren) bei der BAW in Karlsruhe archiviert, bis 1989 auf SKN und ab 1990 auf SKN und NN bezogen. Die Vermessungen waren von den Beteiligten so aufzuarbeiten, dass bei der BAW plausibilisierte Vermessungsergebnisse für das Format KUEDAT (KUEstenpeILDATen) abgelegt werden konnten. Die Vermessungen wurden nicht nur hinsichtlich ihrer Stetigkeit zu angrenzenden Gebieten überprüft; auch Unstetigkeiten z. B. wegen Baggeraktivitäten wurden berücksichtigt.

3.1 Formate der Datenarchivierung

Die zunächst in der WSV eingesetzte Aufnahmesoftware NAVISOFT 1000 der Fa. Navitronic wurde letztmalig für die Vermessung 1994/96 angewendet und ist nunmehr durch die Software HYDROMAP SUSY der Fa. STN Atlas Elektronik ersetzt. Eine parallele Entwicklung fand in den Peilbüros der WSÄ für die Auswertesoftware von der Fa. Haumann u. Zülsdorf über das Auswertesystem KUEstenPEILung hin zur Auswertesoftware TIMPAN (Technisch Interaktive Verarbeitung von Messdaten im Peilwesen, Archivierung und späterer Nachweis) statt.

Eine Ausdünnung der Aufnahmedaten erfolgt nicht. Alle Daten eines Jahres sind in einer Datei unter der entsprechenden Jahreszahl abgelegt. Das Küstengebiet der deutschen Nordsee ist für dieses Projekt in 3 Jahresdateien aufgeteilt, nämlich Jade-/Weser-/Elbeästuar, Ostfriesische Küste und Nordfriesische Küste. Die Vermessungen wurden zeitlich entsprechend alle 5 Jahre durchgeführt.

In KUEDAT hatten bis 1984/86 Datensätze folgendes Format mit Gauß- Krüger- Koordinaten des Besselipsoids (PD):

Dateiname: JP.Emden.1986.SKN

x-Koordinate (m)	y-Koordinate (m)	Tiefe (m)
2563646.664	5917586.235	-11.190
2563650.756	5917589.490	-11.470
Usw.		

Nach Einführung des Peilauswertesystems KUEPEIL in der WSV wird seit 1.1.1990 das Datenformat KUEFO90 für die Archivierung bei der BAW in Karlsruhe angewendet:

Dateiname: JP.Emden.1992

H 1010692110506700100 38000 -3 -283 100 57 Paapsand

R 2581439.9 5911672.9 -8.40 -10.30

x-Koordinate (m)	y-Koordinate (m)	Tiefe (m) / NN	Tiefe (m) / SKN
R 2581439.9	5911672.9	-8.40	-10.30
D 2581440.1	5911672.0	-8.40	-10.30
U 2581444.4	5911655.1	-7.76	-9.66
usw.			

Von den im Profil gemessenen Tiefen wurden „echte“ Tiefenwerte berechnet, d. h. Werte am Ort der Positionsbestimmung sowie dazwischen wegabhängig das Tiefenmaximum und Tiefenminimum an Bord der Vermessungsschiffe. Anders das BSH, das zunächst für nautische Anforderungen eine Auswahl auf Grundlage von Minimum- und Maximumtiefen im Postprocessing trifft (Topographische Karte des Seegrundes auf SKN). Die beteiligten Dienststellen der Küstenländer wählen die Tiefenpunkte nach topographischen Gesichtspunkten auf NN aus. Der derzeitige Datenfluss ist in Abb. 2 dargestellt.

Sofern für Auswertungen zur Generierung eines Stützpunktfeldes vom DIGEKÜ abweichenden Grundlagen in den einzelnen KFKI-Dienststellen verwendet werden, sind die angestrebten Analysen des Projektes nicht erreicht (Prinzip der Vergleichbarkeit).

Die Flächendeckung ist in den Abb. 3–7 dargestellt. Wegen äußerer Bedingungen nicht vermessene Flächen sind durch Koordinaten eingegrenzt. Sie können bei Auswertungen als solche berücksichtigt werden.

Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in Karlsruhe veröffentlicht entsprechende Übersichten als Pläne Maßstab 1 : 900 000. Die Darstellung ist eine Auswahl (BAW, 1991).

Datenflussschema (Linienpeilung / Fächerlotpeilung / sonstige topographische Information)

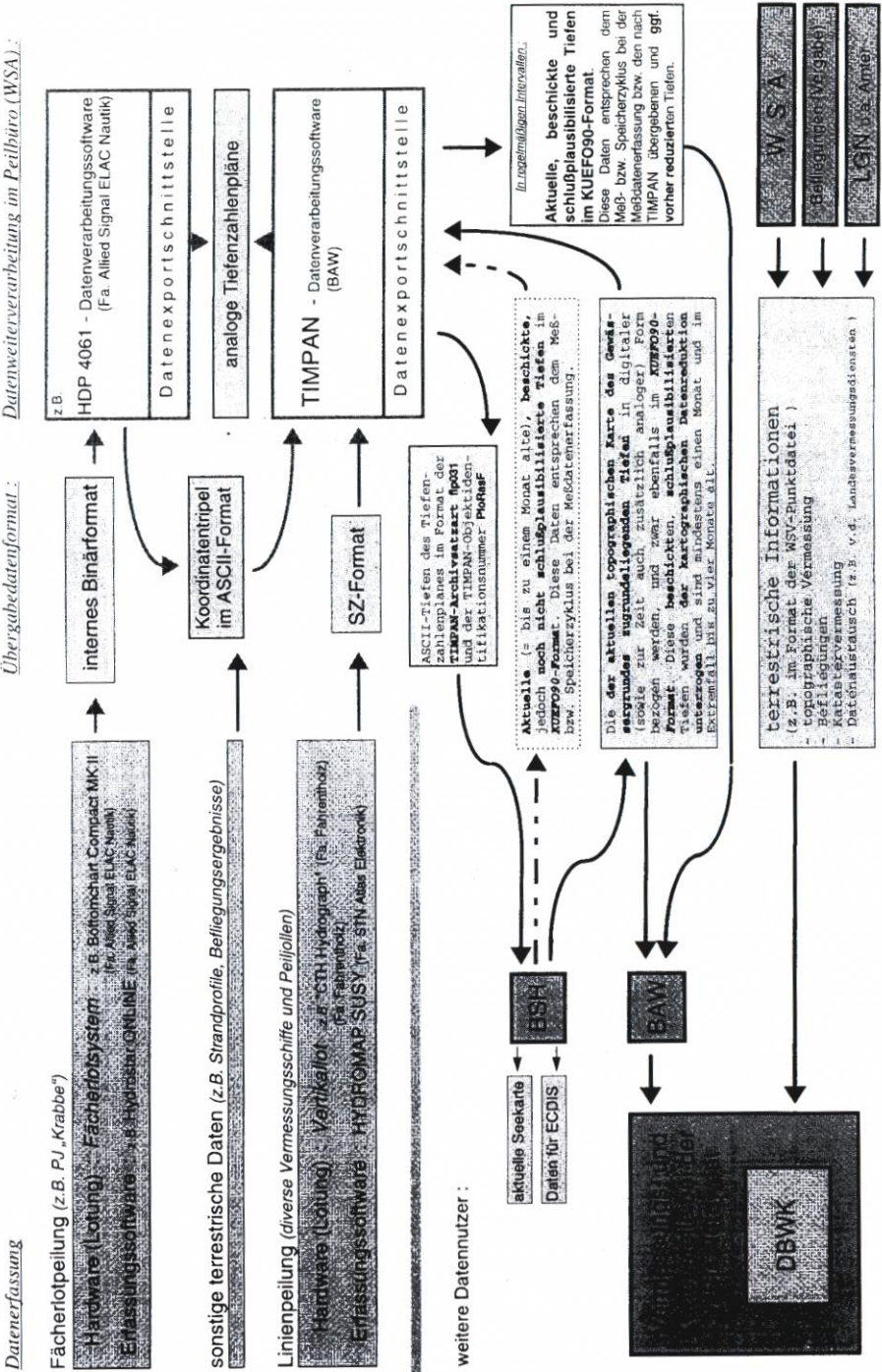


Abb. 2

Synoptische Vermessungen der
Küstengewässer 1975

Maßstab 1 : 900000 Bezug: NN

Umfrierte Grundlage BWK 500 Ausgabe 1985

■ 1974 □ 1975 □ 1976

Das Bearbeitungsjahr kann digitale Daten aus dem vorhergehenden und nachfolgenden Erfassungsjahr beinhalten.

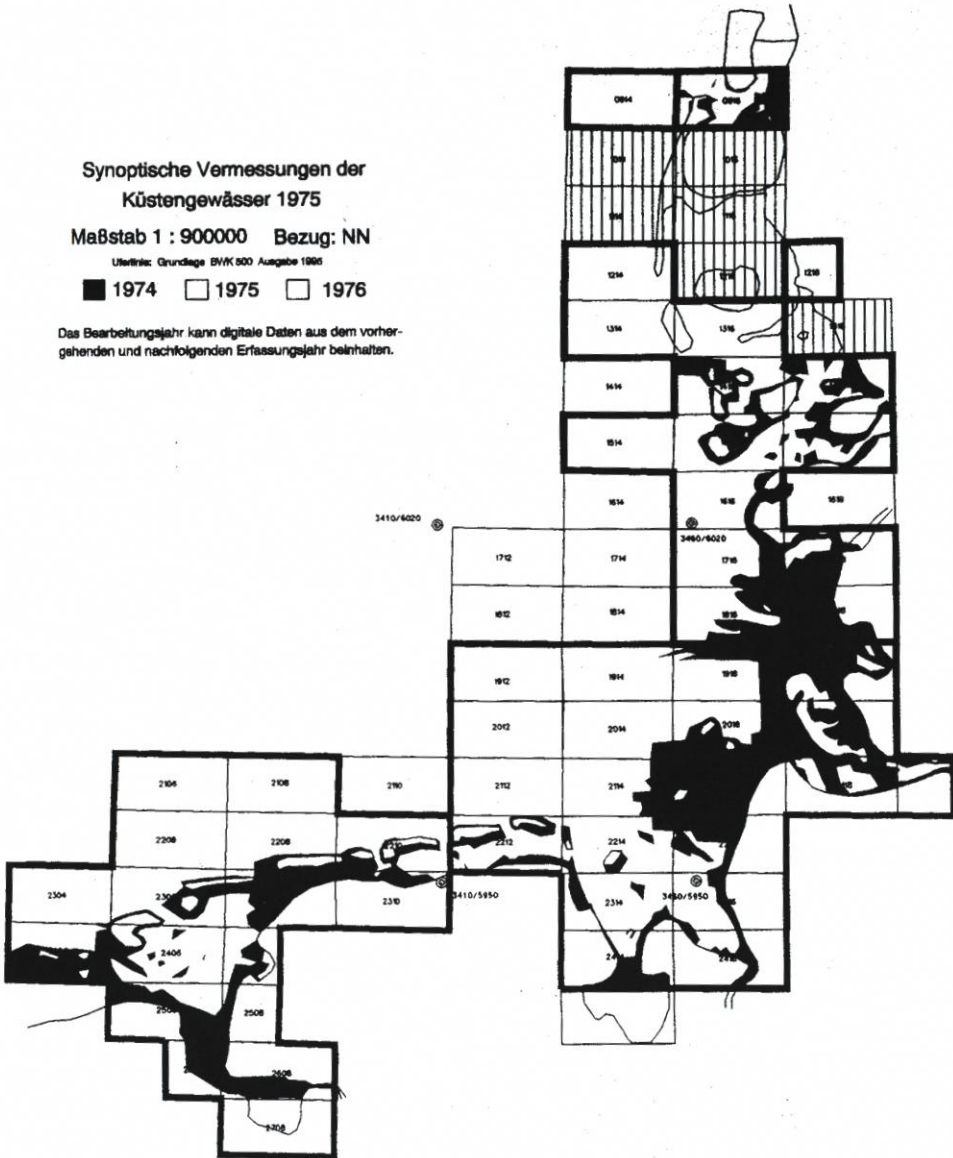


Abb. 3

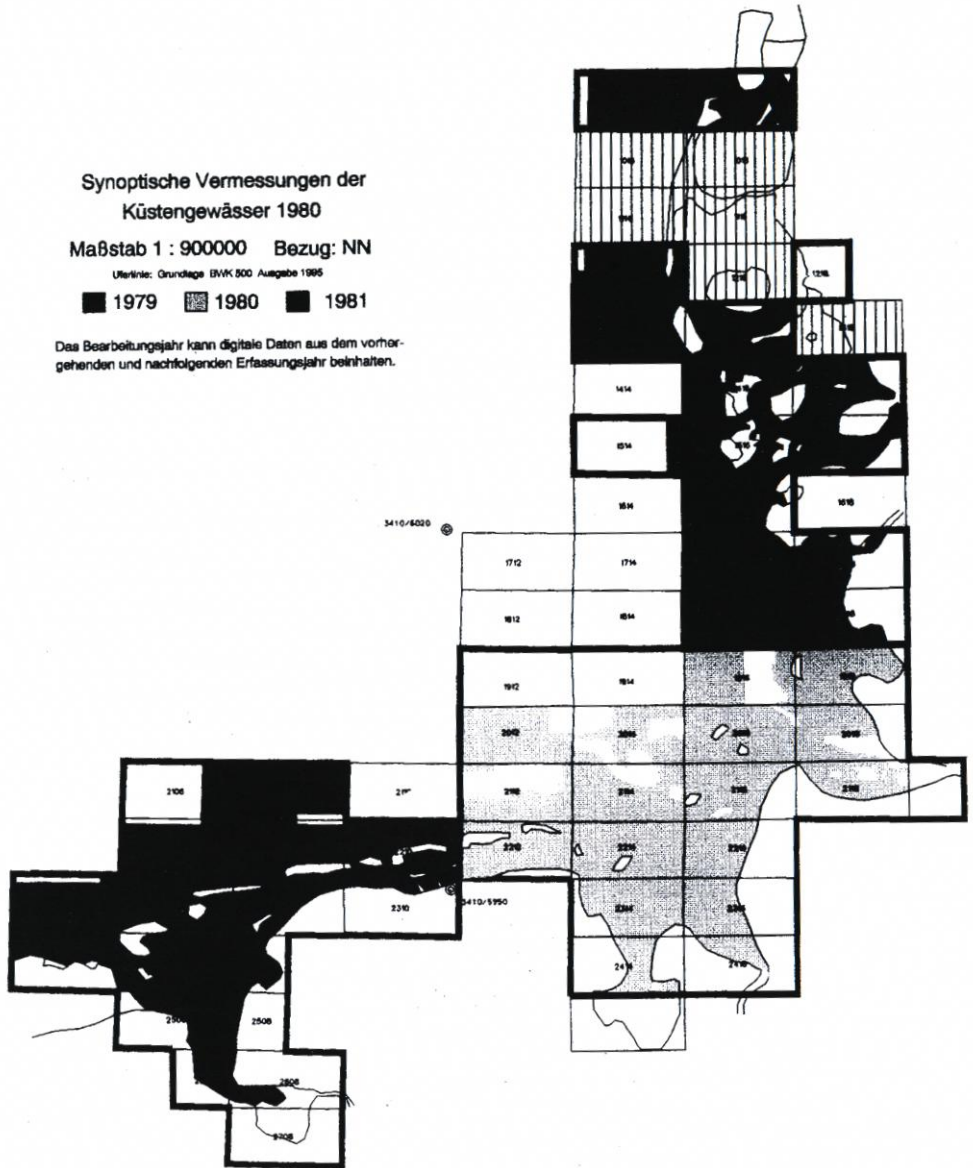


Abb. 4

Synoptische Vermessungen der Küstengewässer 1985

Maßstab 1 : 900000 Bezug: NN

Utmärkte: Grundlage BWK 500 Ausgabe 1985

■ 1985 ■ 1986 ■ 1987

Das Bearbeitungsjahr kann digitale Daten aus dem vorhergehenden und nachfolgenden Erfassungsjahr beinhalten.

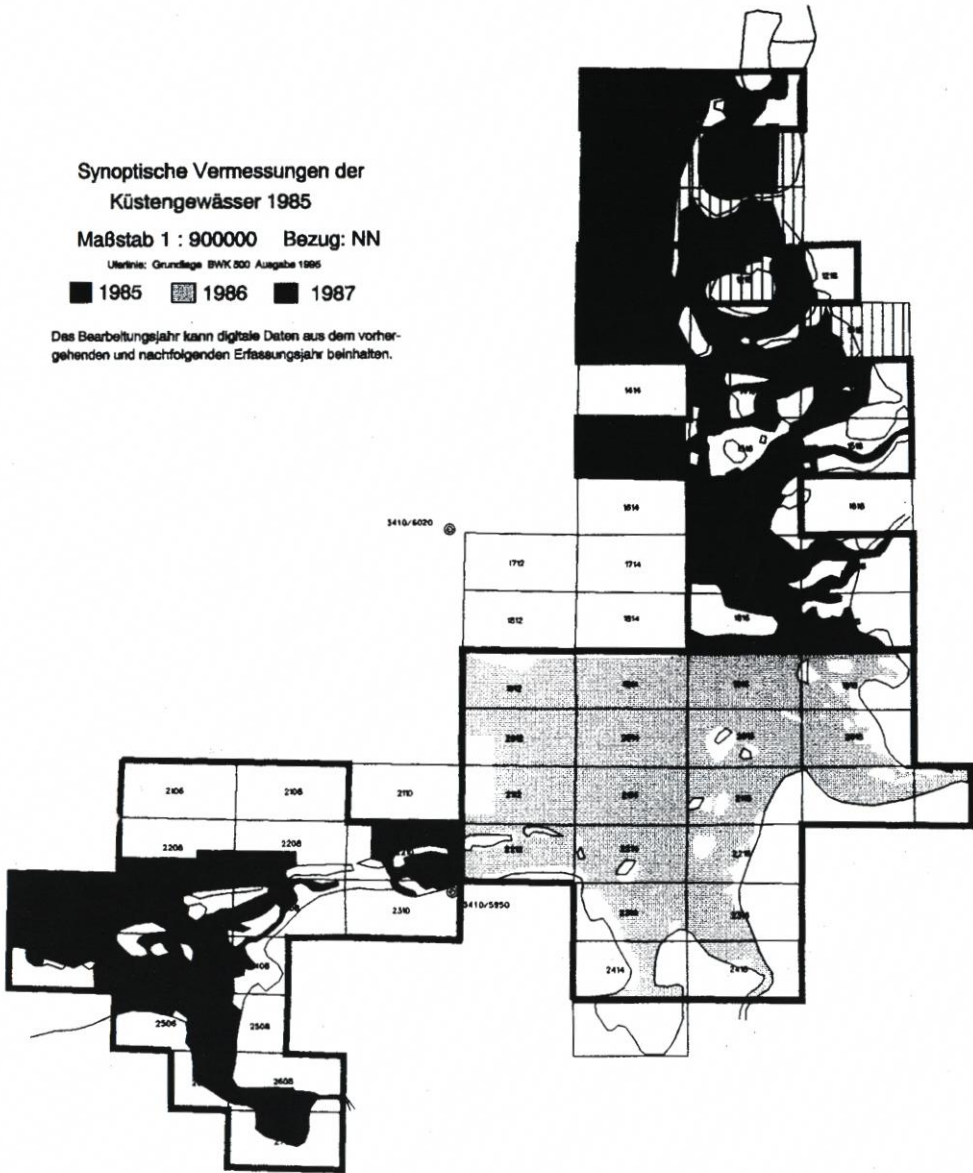


Abb. 5

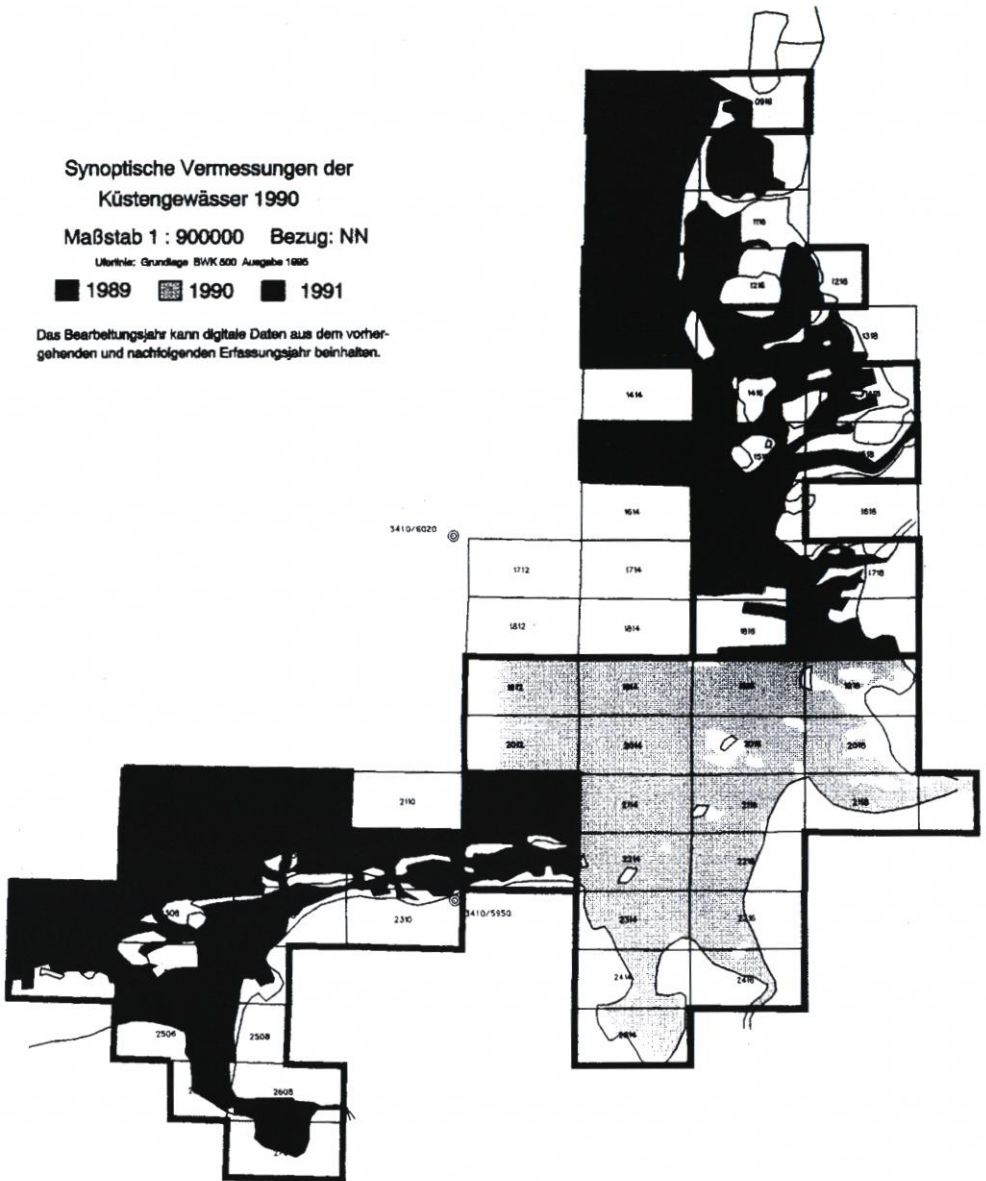


Abb. 6

Synoptische Vermessungen der Küstengewässer 1995

Maßstab 1 : 900000 Bezug: NN

Umriss: Grundlage BvK 500 Ausgabe 1995

■ 1995 ■ 1994 ■ 1996

Das Bearbeitungsjahr kann digitale Daten aus dem vorhergehenden und nachfolgenden Erfassungsjahr beinhalten.

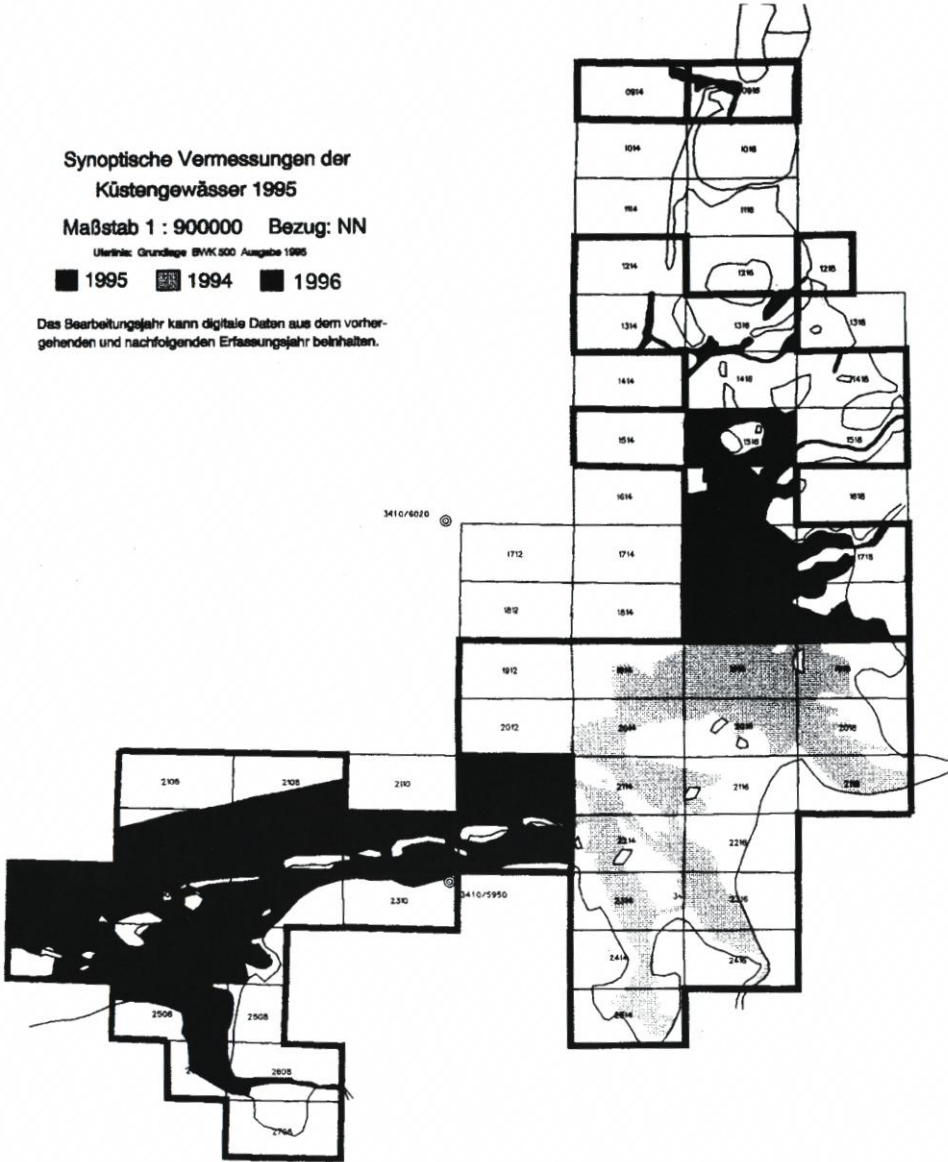


Abb. 7

4. Das DIGEKÜ als Grundlage für ein Geographisches Informationssystem Küste GISKÜ

Die bisherige Datenmenge bietet eine gute Grundlage zur Generierung eines digitalen Geländemodells. Versuche hierzu wurden gemeinsam mit dem Institut für Kartographie der Universität Hannover im Jahr 1990 abgeschlossen (SCHLEIDER u. BUZIEK, 1991):

Über eine Dreiecksvermaschung aller der jeweiligen synoptischen Vermessung zuzuordnenden Tiefenpunkte werden einem regelmäßigen Koordinatengitternetz x' , y' die jeweiligen z' -Werte zugeordnet. Das so definierte digitale Geländemodell DIGEKÜ erfüllt nachfolgende Bedingungen:

- Gauß-Krüger-Koordinatensystem
- Besselellipsoid als Bezugsellipsoid (PD)
- Verwaltung der frei zu wählenden Maschenweite über ein Gitter mit 1-km-Einteilung.

Die zunächst analog hergestellte Küstenkarte 1 : 25000 des KfKI wird nunmehr auf der Grundlage des DIGEKÜ auf einer Workstation mit dem Programmsystem TASH/INTERGRAPH digital bei der WSV in Aurich bearbeitet. Die Daten werden über Standleitung vom Datenzentrum bei der BAW in Karlsruhe online bereitgestellt.

Über das DIGEKÜ werden auch für besondere Fragestellungen zur Gewässersohle Tiefenpunktpläne, Tiefenliniendarstellungen, morphologische Epochenvergleiche und 3-D-Darstellungen berechnet, wie diese in Abb. 8–11 dargestellt sind. Der dargestellte Tiefenpunktplan (Abb. 8) zeigt die verkleinerte Küstenkarte 2404 „Hubertgat“ mit einem Tiefenpunkttraster von 50 x 50 m. Im Ausschnitt der Tiefenliniendarstellung (Abb. 9) wird der flache Randbereich des Seegats durch Wechsel der Äquidistanz der Tiefenlinien der Darstellung der morphologischen Gesamtstruktur zugänglich gemacht. In Abb. 10 werden zwei Aufnahmeepochen in Auf- und Abtrag der Sohle verglichen. Programmspezifisch wird der Auftrag mit negativem Vorzeichen gekennzeichnet. Durch perspektivische Darstellung, entwickelt aus digitalen Tiefendaten, ist eine weitere Möglichkeit für die Beurteilung des Zustands der Gewässersohle entwickelt worden.

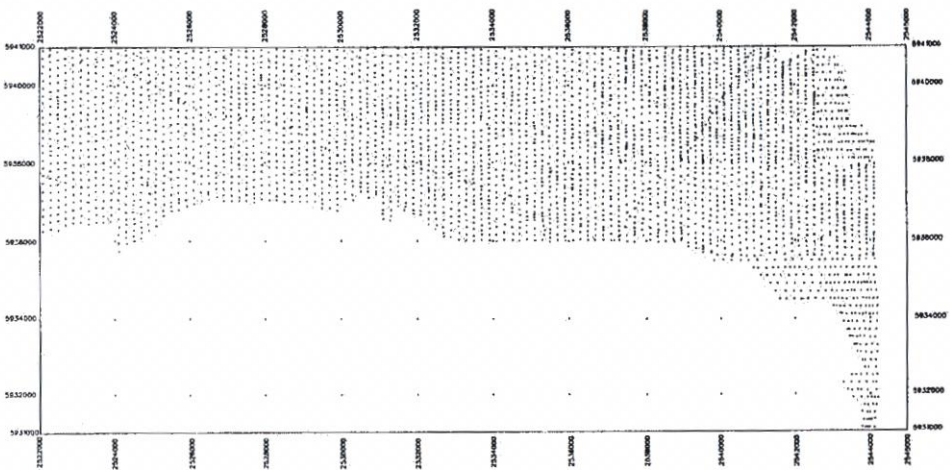


Abb. 8: Tiefenpunktdarstellung

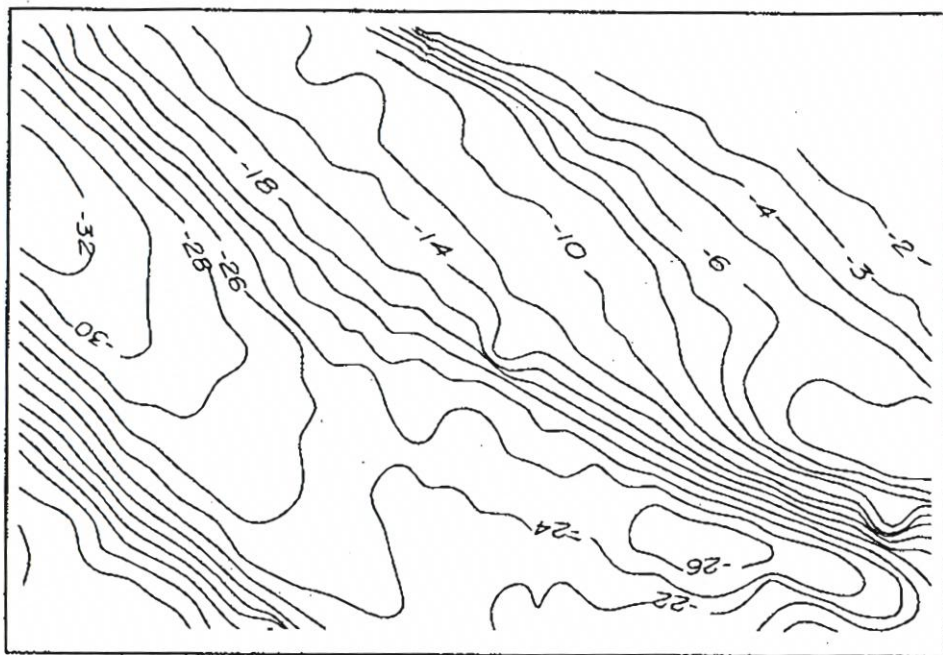


Abb. 9: Tiefenliniendarstellung

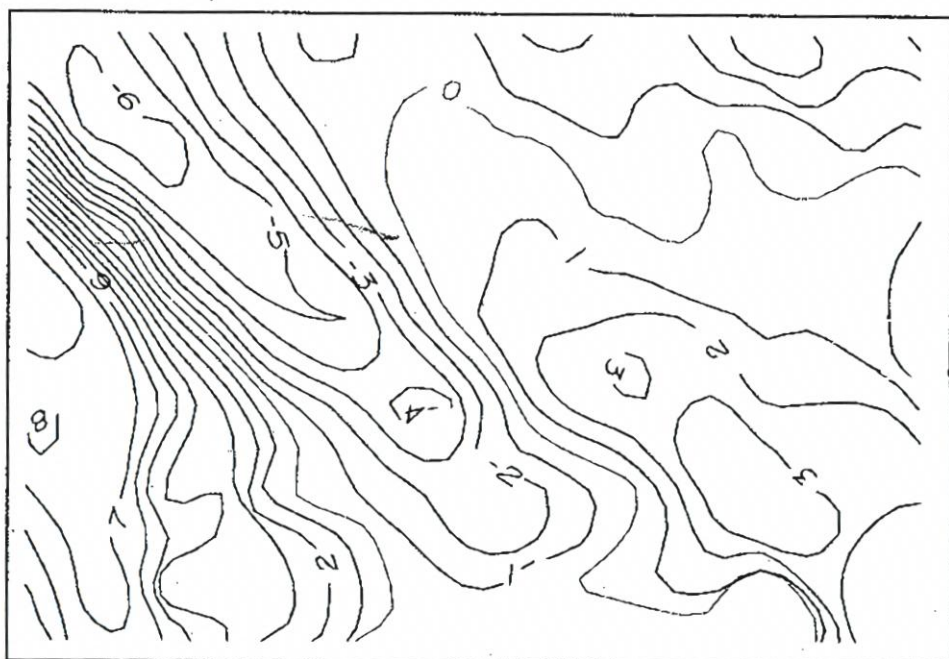


Abb. 10: Linien gleicher Flächendifferenz

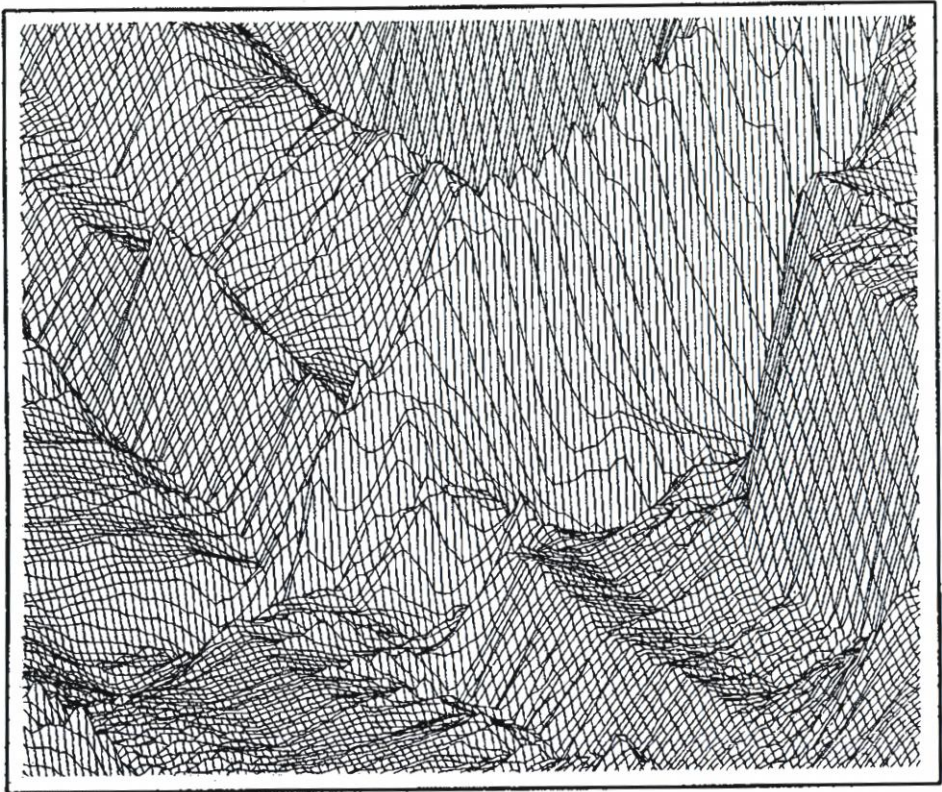


Abb. 11: Dreidimensionales Geländemodell

5. Optimierung des DIGEKÜ zum Geographischen Informationssystem Küste GISKÜ

Derzeitig wird in Kooperation mit dem Institut für Kartographie (IfK) der Universität Hannover untersucht, das DIGEKÜ durch entsprechende Erweiterung der Software im System INTERGRAPH zu einem Geographischen Informationssystem Küste GISKÜ weiterzuentwickeln. Dabei sollen ergänzende hydrographische Informationen, z. B. Strömung, zeitabhängige Tiefenänderungen u.a. für Analysen berücksichtigt werden können.

6. Ausblick

Wegen des zeitlichen und finanziellen Aufwandes ist der erforderliche Aufnahmeumfang bei jeder Neuvermessung zu überdenken. Die Darstellungsmöglichkeit morphologischer Veränderungen im mittleren Kartenmaßstab 1:25000 muss weiter untersucht werden. Die WSV des Bundes und das BSH sehen sich derzeit in der Lage, ihren Beitrag mit einer Häufigkeit von 6 Jahren zu liefern. Trotz der Weiterentwicklung bei der Positionsbestimmung (GPS) und Tiefenmessung (Fächerlotung) sowie der Bordsoftware (HYDROMAP SUSY) bei der WSV ist die synoptische Vermessung zur Erfassung großräumiger morpholo-

gischer Veränderungen aufwendig. Es ist festzustellen, dass die Ergebnisse bereits heute für die Beantwortung vielfältiger Fragen des Küsteningenieurwesens in der WSV herangezogen werden und in Untersuchungen zum Küstenschutz veröffentlicht werden (HOSELMANN, 1997; SPIEGEL, 1997; WITEZ, BOCK u. HOFSTEDE, 1998).

Zunehmend erfordern numerische Modelluntersuchungen besonders in Ästuaren eine besondere Aufnahme-strategie, um hydro-dynamische Prozesse naturähnlich simulieren zu können. Die WSV wird nunmehr auch dieser Thematik bei ihren Vermessungen Vorrang einräumen müssen. Die höhenabhängige Begrenzung der Vermessung wird zwischen NN und der 20-m-Tiefenlinie liegen.

Die tiefenpunktorientierte Auswertung wird sich hin zur flächenhaften Auswertung entwickeln. Im Jahr 2000 werden die Westküste Schleswig-Holstein, 2001 Dollart und Ostfriesische Küste und 2002 Jade-Weser-Elbeästuar vermessen werden.

Für künftige Anwendungen im Küsteningenieurwesen sind - anders als bisher - Tiefeninformationen des DIGEKÜ auch in eine integrierte Bearbeitungsumgebung einzubeziehen. Darüber hinaus ist es unumgänglich, für eine mögliche Metadatenbank für alle dort verwendeten Geodaten (Tiefeninformationen) Qualitätsmerkmale anzugeben. Ergebnisse ohne diese Informationen sind zumindest zu kommentieren.

7. Schriftenverzeichnis

- BETTAC, W; SCHLEIDER, W. u. SINDERN, J.: Das Küstenkartenwerk 1:25000 der Deutschen Bucht - Vermessung und Kartographie, Die Küste, Heft 40, Heide, 1984.
- HOSELMANN, C. u. STREIF, H.: Bilanzierungen der holozänen Sedimentakkumulation im niedersächsischen Küstenraum, Zeitschr. d. dt. geologischen Ges., Stuttgart, 1997.
- SCHLEIDER, W.: Die synoptischen Vermessungen der deutschen Küstengewässer der Nordsee, XVII FIG Congress, Comm4, Sofia, 1983.
- SCHLEIDER, W.: Vermessungen in den Küstengewässern der Nordsee - 3.Synopse, ZfV 2/1987.
- SCHLEIDER, W.: Hydrographische Vermessungen im Küstenmeer, ZfV 9/10, 1988.
- SCHLEIDER, W.: Morphologische Analyseeinheiten im Küstengebiet als Grundlage für die Ableitung von Isolinien und Bilanzierungen, ZfV 8/9, 1991.
- SCHLEIDER, W u. BUZIEK, G.: Digitales Geländemodell Küste (DIGEKÜ) - Grundlagen und Aufgabe -, Die Küste, H. 52, 1991.
- SCHLEIDER, W.: Erfassung der Gewässertopographie im Küstengebiet, DAWAKO 1996, Inst. F. Wasserbau und Wasserwirtschaft TH Darmstadt, Heft 98, 1997.
- SCHLEIDER, W.: Vermessungen jenseits der Uferlinie - Beitrag der Fédération Internationale des Géomètres (FIG), Kommission 4 "Hydrographie", DVW, Schriftenreihe 33, Stuttgart, 1998.
- SPIEGEL, F.: Die Tidebecken des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres: Morphologische Strukturen und Anpassungsbedarf bei weiter steigendem Meeresspiegel, Forschungs-Technologiezentrum Westküste der UNI Kiel, Büsum, 1997.
- Unveröffentlicht: Archivierung von KUEstenpeilDATen auf dem Zentralrechner der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) bei der BAW in Karlsruhe, Karlsruhe, 1991.
- WITEZ, P; BOCK, S. u. HOFSTEDE, J. L. A.: Modelluntersuchungen zur morphologischen Stabilität des Wattenmeeres bei einem beschleunigten Meeresspiegelanstiegs, BMBF MTK 0569, Flintbek, 1998.