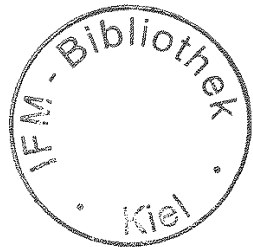


Dr. Gerd Hoffmann-Wiek  
Forschungszentrum für marine Geowissenschaften GEOMAR  
Wischhofstraße 1-3  
24148 Kiel



Schr. Naturwiss. Ver. Schlesw.-Holst. Bd. 68 S. 83-100 Kiel, Juni 2003

## DIE KIELER FÖRDE IN MEERESKUNDLICHER SICHT

Von GERHARD KORTUM

HÖRN UND OZEAN

Über die Stadt Kiel und ihre Entwicklung gibt es zahlreiche gute Bücher. Natürlich wird dabei auch die Kieler Förde erwähnt. Diese steht aber in keinem Fall im Mittelpunkt der Betrachtung. Sie ist jedoch eigentlich das grösste Stück Natur im Stadtgebiet, ein gesondertes marines Ökosystem, das trotz weitgehender Bebauung und Umgestaltung der Uferbereiche im wesentlichen noch weitgehend intakt ist. Die Ostsee reicht bis in das Herz der Stadt. Deshalb lohnt es, die allen Kielern und Besuchern gegenwärtige Förde einmal in einigen Zügen unter naturwissenschaftlichen – besonders hydrographischen – Gesichtspunkten zu betrachten. Wenn es eine „Meereskunde der Ostsee“ (so der Buchtitel von Rheinheimer 1996) gibt, kann man auch von einer „Meereskunde der Förde“ sprechen. Hierzu werden im folgenden einige Bausteine geliefert. Ausserdem ergeben sich hierbei in historischer Rückschau auch einige interessante Aspekte der Geschichte der Stadt und der hier massgeblich mitentwickelten marinen Wissenschaften.

Die Landeshauptstadt Kiel lebt mit ihrem Hafen rund um die Förde. So war es seit der Stadtgründung 1242 auf einer Moränenkuppe, die von einem Ausläufer der Förde, dem „Kleinen Kiel“, ehemals fast vollständig umgeben war. Der für die sich bis 1870 nur langsam entwickelnde Seestadt Kiel namengebende Meeresarm war ehemals mehr als doppelt so groß und wurde im Laufe der letzten 150 Jahre ebenso wie die „Hörn“ durch Aufschüttungen zur heutigen Ausdehnung denaturiert. Seit 1903 ist die Holstenbrücke überbaut und die Verbindung nur durch eine Tunnelröhre gegeben. Auch der Bootshafen in bester Lage zwischen Cityhochhäusern ist heute nicht mehr als ehemaliger Hafen- bzw. Förderebereich wahrnehmbar und stellt sich (noch)

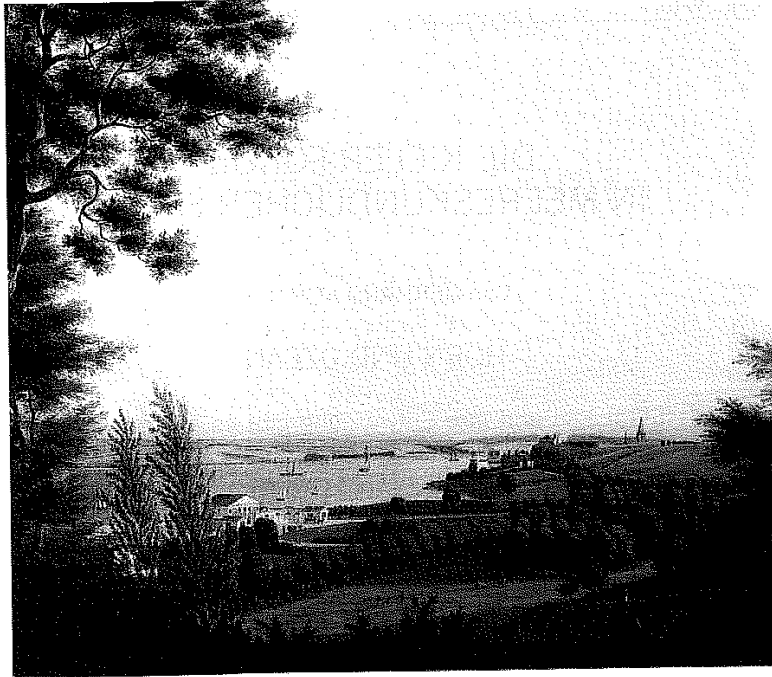


Abb. 1

Die Kieler Innenförde um 1850 als noch intaktes Förden-Ökosystem, vor Verstädterung, Aufbau von Marine und Werften noch eine Idylle. Das Bild von der Krusenköppl auf die alte Seebadeanstalt von 1822 (später Marindepot, Marineakademie und heute Landeshaus), den noch unbebauten Düsternbrooker Weg auf die Altstadt Kiels mit Schloss und Nikolaikirche zeigt noch sehr eindrucksvoll die ursprünglichen Höhenverhältnisse auf dem West- und Ostufer des Hafens.

als städtebaulicher Schandfleck Kiels dar. Ehemals war der Kleine Kiel aber auch ein Stück Ostsee-Umwelt. Der Kieler Professor Michaelis nahm hier vor dem Lorenzendamm und an einigen Stationen im Hafen 1825 Wasserproben zur Untersuchung mikroskopischer Meeresorganismen, die er dem berühmten Naturforscher Alexander von Humboldt nach Berlin schickte. Michaelis beschrieb seine Studien in

der Abhandlung „Über das Leuchten des Meeres bei Kiel“. Später nannte der Kieler Physiologe Victor Hensen, der von Kiel aus 1889 die erste wissenschaftliche Atlantikexpedition organisierte, diese Organismen „Plankton“ und begründete mit diesem neuen Terminus einen neuen Zweig der Meeresforschung.

## DIE FÖRDE IN DER GESCHICHTE DER MEERESKUNDE

Überhaupt – seitdem die Universität in Kiel besteht (1665) – wird hier auch die wissenschaftliche Erforschung des Meeres betrieben. Den Anfang machte der erste Mathematiker und Naturwissenschaftler Samuel Reyher (1635-1714), indem er vom Eise des zugefrorenen Hafens vor dem Düsternbrooker Ufer im Februar 1697 durch ein Loch Wasserproben aus verschiedenen Tiefen nahm und diese mit einfachsten Methoden nach ihrem Salzgehalt bestimmte. Ein von ihm als „Experimentum Novum“ lateinisch veröffentlichter Bericht beschreibt und erklärt unter Berücksichtigung der meteorologischen Bedingungen im Prinzip ganz richtig, dass das Meereis auf dem Hafen weniger Salz enthält als das Wasser darunter und das Bodenwasser wegen seines höheren Salzgehaltes schwerer ist. Auch der Süßwassereinfluss der Schwentine, einer der wichtigsten ökologischen Einzelmerkmale des Hafens (s. Abb. 5), wird bereits beschrieben.

Ein guter Anfang für eine Forschungstradition, die noch heute für die Christiana Albertina profilbildend ist. Über 300 Jahre Meeresforschung hat keine Stadt der Welt zu bieten. Kiel besitzt eine Seeuniversität, mit dem Institut für Meereskunde (zunächst 1937-1944 am Fördeufer in Kitzeberg, seit 1972 am Düsternbrooker Weg am Rande des alten Kieler Universitätsviertels, s. Abb. 2) und seit etwa 15 Jahren mit dem GEOMAR an der Schwentinemündung (in Nachbarschaft des heute seit langem nicht mehr seinem Zweck dienenden Seefischmarktes) widmen sich zwei international hoch angesehene Forschungseinrichtungen arbeitsteilig der marinen Grundlagenforschung. Hinzu kommt die Forschungsanstalt der Bundeswehr für Wasserschall und Geophysik im Wellingdorfer Marine-Arsenalbereich. Diese drei grossen Institute an der Förde veranstalteten im Rahmen des Kieler Arbeitskreises Meeresforschung im EXPO-Jahr 2000 das dezentrale Ausstellungsprojekt „Der Blaue Ozean“ im Nowegen-Terminal der Color Line in der Hörn.

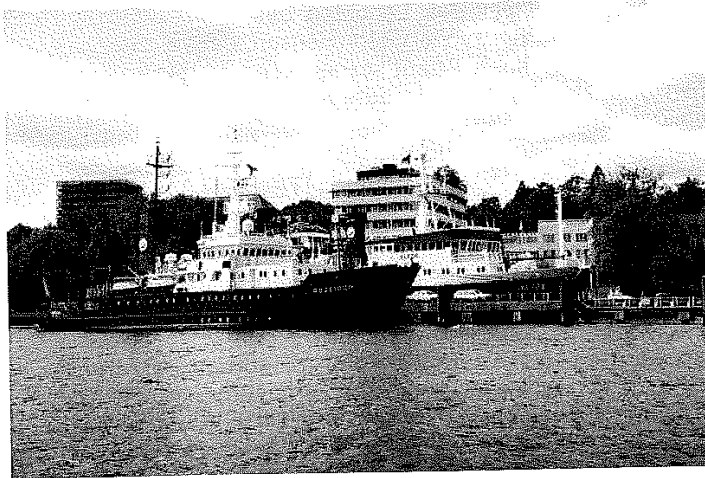


Abb. 2

Abschnitt des Westufers heute: Das Institut für Meereskunde am Düsternbrooker Weg (an dieser Stelle seit 1972) mit seinen Forschungsschiffen „Poseidon“ und „Alkor“ an der Institutspier liegt im alten Viertel der „Seeuniversität Kiel“. Im Hintergrund Kliniken und der Alte Botanische Garten. Meeresforschung ist heute profilbildend für die Kieler Universität, das IfM wurde seit der Gründung 1937 am Kitzberger Fördeufer mit der Ostseeforschung groß, hat heute aber mit seinen globalen Ozeanaktivitäten internationale Bedeutung erlangt.

## HYDROGRAPHISCHE GRUNDLAGEN

Von der Hörn und der Förde hinaus auf den globalen Ozean? So ist es zumindest forschungsgeschichtlich gewesen. Aber auch grundsätzlich kann man argumentieren: Die gut 150 m breite Hörn ist ein Stück der sogenannten Innenförde, des bis zur Einengung auf 1 km bei Friedrichsort und Möltenort reichenden Hafens, die seit 1627 befestigt ist. Diese gehört zur Kieler Förde als Gesamtkomplex, die sich zwischen Bülker Leuchtturm und Laboer Ehrenmal auf 5 km zur Kieler Bucht öffnet. Die Kieler Bucht wiederum rechnet man (in der hydrographischen Gliederung) zur Beltsee als ozeanographisch und meeresbiologisch hochinteressantem, weil durch hohe Variabilität und ständige Umschichtung bestimmten Übergangsraum zwischen dem Brackwas-

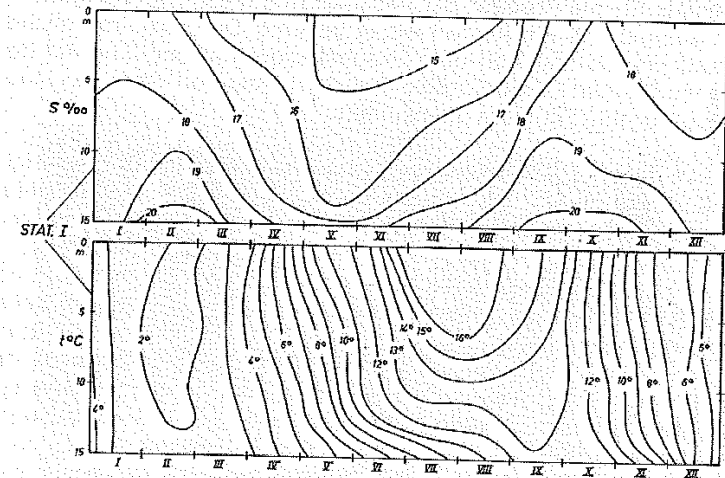


Abb. 3

Hydrographie der Innenförde, Messpunkt „Hörn“ vor der Altstadt. Mittlerer Jahresgang von Salzgehalt (S ‰) und Temperatur in Tiefen von 0 bis 15 m auf Grund sechsjähriger Terminbeobachtungen (aus: Kändler 1959)

sermeer Ostsee und dem sich zum atlantischen Teil des Weltozeans öffnenden Skagerrak. Alles hängt zusammen, und das Meer bewegt sich: Dies wussten schon die alten griechischen Naturphilosophen. Fazit: Auch die Kieler Förde hat Verbindung zum Ozean. Schliesslich verkehren die zahllosen in Kiel gebauten Grosstanker, Containerschiffe und (auch militärischen) Sonderfahrzeuge auf allen Weltmeeren. Gebaut wurden viele auf dem Gaardener Hörnufer. Riesige Fährschiffe aus Skandinavien und Kreuzfahrer laufen ohne Tiefgangsprobleme direkt in die Innenstadt ein. Allerdings ist das Fahrwasser hier so eng, dass sie vorher wenden müssen und mit dem Heck mühsam an ihre Abfertigungskais manövrieren müssen. Bei viel Wind ist Schleppersistenz notwendig.

Die Förde trennt eigentlich mehr als dass sie das West- und Ostufer verbindet. Trotz Aufwertung des Ostufers durch Hafenneubau in Diet-

richsdorf, im Schwentinebereich und am Norwegen-Terminal bleiben die ehemals für die Arbeiter der Grosswerften ausgelegten Wohnviertel von Gaarden bis Wellingdorf wenig begehrt. Den sozialräumlichen Gegensatz von Ostufer und dem Geschäftszentrum der City und den gehobenen Vierteln Düsternbrooks auf dem Westufer kann aber auch eine neue Hörnbrücke nicht überwinden.

Auf die Perspektive kommt es aber auch an, wenn man in Längsrichtung der Förde blickt: Von diesem engen, aber noch bis 8 m tiefen Endbecken der Förde, das sich in den letzten Jahren durch das Hörn-Projekt in ungeahnter Weise durch neue Kaianlagen, Umschlagrichtungen und das Germania-Hafenbecken sowie die umstrittene, endlich funktionierende Hörn-Klappbrücke und ein umgestaltetes Bahnhofsumfeld verändert und revitalisiert hat, blickt man Richtung See hinaus in die Welt. Von der offenen Ostsee aus gesehen ist die sich bei Friedrichsort auf nur 1 km verengende, dann zu einem gut als Reede und allseitig windgeschützten Ankerplatz für eine ganze Flotte geeigneten Becken zwischen den Kanalschleusen bei Holtenau und der Heikendorfer Bucht wieder auf 2,5 km verbreiternde Kieler Förde in ihrer Gesamtlänge von rund 20 km über den Kieler Leuchtturm und die Fahrwassertonnen gut anzusteuern, wenn man den flachen und steinreichen Kleverberg bei Bülk weit steuerbord lässt. Bis zur Hörn bietet eine breit angelegte Mittelrinne mit Tiefen von durchgängig 12 m eine gute Zufahrt. Insgesamt sind Innen- und Aussenförde 50 qkm gross, gut ein Drittel entfällt auf die Innenförde südlich von Friedrichsort. Setzt man die durchschnittliche Wassertiefe mit 5 m an, ergibt sich ein Wasserkörper mit einem ganz erheblichen Volumen. Im Vergleich zur Flensburger Förde oder sogar zur nahezu von der See abgeschlossenen Schlei bietet die sich zur Kieler Bucht breit öffnende Förde die Möglichkeit eines schnellen Wasseraustausches, aber ohne dass man dies in Form von reissenden Strömungen merkt. Ähnlich ist es in dem viel breiteren und bis 28 m tiefen Becken der Eckernförder Bucht.

Gezeiten gibt es bekanntlich in der Ostsee nicht. Aber es kann bedingt durch länger anhaltende Winde gelegentlich zu Überschwemmungen durch Hochwasser kommen, bei Niedrigwasser können die Fördeschiffe nicht mehr alle Anlegestellen bedienen. Einige ökologisch wichtige Flachwasserbereiche fallen dann teilweise trocken. Hochwasser gibt es meist (bedingt durch die Eigenschwingung in der Ostsee) ein bis zwei Tage nach einem Weststurm, der das Wasser zunächst aus der Kieler Bucht drückt. Durch den Rückschwappeffekt werden dann hafennahe Strassen in Flensburg, Lübeck und Kiel über-

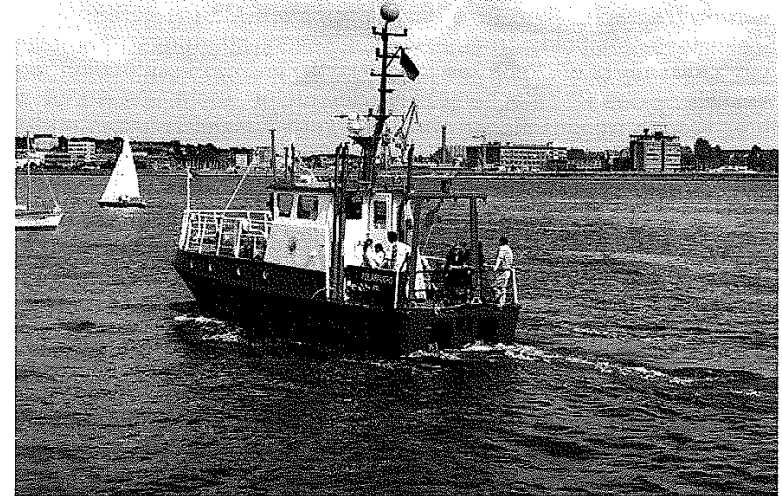


Abb. 4

IfM-Forschungsbarkasse „Polarfuchs“ bei einer Messfahrt im Bereich der Förde vor dem Ostufer (Bereich Schwentineeinmündung und Marinearsenal). Die im Abstand von 2 Wochen mit Studenten im Rahmen eines Projektes durchgeführten Praktikumsfahrten erfassen die hydrographische Schichtung der Förde von der Hörn bis zum Kieler Leuchtturm auf 13 festgelegten Stationen.

flutet. Die relativ schnellen Wasserstandsänderungen können mehr als 1,5 m ausmachen. Plötzlich hat dann die Förde ein Fünftel mehr oder weniger Wasservolumen!

Meteorologisch bedingt sind ebenso die mit Weststürmen verbundenen Salzwassereinbrüche aus der Nordsee, die zunächst durch den Grossen Belt in die tiefen Rinnen der Kieler Bucht eindringen und gut durchmisches sauerstoffreiches Tiefenwasser weiter nach Osten durch den Fehmarn-Belt und die Darßer Schwelle (Satteltiefe nur 18 m) in die „eigentliche“ Ostsee drücken können. Dadurch werden die sauerstoffarmen bzw. -losen Beckenfüllungen erneuert. Auch in der tiefen Eckernförder Bucht und in den beiden sehr lokalen Vertiefungen der Kieler Förde (ausgebaggerte Werftkuhle vor Gaarden und Wittlingskuhle vor dem Institut für Meereskunde, beide über 21 m tief) kann es bei ruhigem Sommerwetterlagen zur Sauerstoffzehrungen mit ihren biologischen Folgen kommen. Die bisweilen für Geräteerprobungen des IfM genutzte Wittlingskuhle ist natürlichen

erprobungen des lfm genutzte Wittlingskuhle ist natürlichen Ursprungs, ist sie doch mit einer Tiefe von 32 m bereits auf der 1881 vom Hydrographischen Amt der Kaiserlichen Marine veröffentlichten Seekarte verzeichnet. Zu einer ökologischen, allerdings naturgegebenen „Katastrophe“ kann es auch kommen, wenn plötzlich durch Westwinde das Oberflächenwasser der Kieler Bucht und somit auch ihrer Förden weggeschoben wird und zum Ausgleich kaltes und sauerstoffloses Tiefenwasser aufquillt. Diese Auftriebserscheinungen führten schon in älterer Zeit zum Massenfischsterben.

## DER GEOLOGISCHE RAHMEN

Die Skandinavier nennen die Förde Fjord, die Wortwurzel ist identisch. Förden finden sich aber nicht im gewachsenen Fels, sondern nur im Sedimentationsbereich von Gletschern. Sie sind geologisch gesehen ausgehobelte und unter einer enormen Inlandeisdecke ausgespülte und später teilweise wiederum mit Sedimenten gefüllte Schmelzwasserrinnen, die quer zum ehemaligen Eisrand verliefen und meist vor einem Endmoränenzug enden. So ist es auch im Kieler Gebiet: Das erste gigantische „Eidersperrwerk“ baute die Natur mit dem heute waldbestandenen Höhenzug des Hornheimer Riegels auf, auf dem heute der stadtbestimmende Fernsehturm steht. Die Eider wurde dadurch nach Westen zur Nordsee abgelenkt. Diese Stauchendmoräne entspricht dem Gletschervorrücken des Langeland-Stadiums der letzten grossen nordeuropäischen Weichsel-Vereisung. Auch das natürliche Relief des Kieler Stadtgebietes im Umfeld der Förde mit ihren ausgeprägten Höhenzügen am Düsternbrooker und Gaardener Ufer ist glazialen Ursprungs.

Man bedenke, die letzte Eiszeit ging erst vor 15 000 Jahren zu Ende, die Ostsee (schon als Salzwasser, also mit Ozeanverbindung) drang erst in mehreren Phasen vor 6 000 bis 4 000 Jahren in die flachen Bereiche der Jungmoränenlandschaft vor. Mit raschem Anstieg des Meeresspiegels wurde so auch die Förde gefüllt und der heutige Zustand erreicht. Bald kam dann auch der vorgeschichtliche Mensch und liess sich am Ostufer zum Betreiben der Fischerei nieder. In geologischen Zeiträumen gerechnet ist das alles erst vor einigen Sekunden passiert. Wir sind fast Zeitzeugen einer rasanten globalen Erwärmung. Heute befassen sich die Kieler Meeresforschungsinstitute schwerpunktmässig mit dem Problem der Klimaänderungen und der Rolle, die hierbei der Ozean spielt.

## SEEBADEN UND UMWELTPROBLEME IN ALTER ZEIT

Die idyllische Fördelandschaft ohne Bebauung (Abb. 1) zeigt die innere Förde in ihrem „natürlichen“ Zustand mit einigen topographischen Details, eine unverbaute Rückblende in die Mitte des 19. Jahrhunderts. Nur die zentrale, dem Schutzpatron der Seefahrer St. Nicolai gewidmete Stadtkirche und das Schloss sowie die Seeburg sind auszumachen. Im linken Vordergrund findet sich das mondäne Seebad-Etablissement. Baden im Meer war in Mode gekommen, seitdem der Grossherzog von Mecklenburg bei Heiligendamm persönlich die „Saison“ eröffnet hatte. Man glaube es oder nicht, Kiel wäre fast zum Brighton Norddeutschlands geworden. So sah es jedenfalls Jules Verne, als er nach der Abfassung seines bis heute maritimen Bestsellers „20.000 Meilen unter dem Meer“ (1867) mit seinem Bruder vor gut 120 Jahren mit dessen Yacht nach der Fahrt durch den Alten Eiderkanal Kiel besuchte und Hafen und Förde enthusiastisch mit ihren landschaftlichen Reizen beschrieb. Die Seebadeanstalt wurde bereits 1820 eingerichtet. Zwei Jahre später berichtete der Kieler Medizin- und Chemieprofessor Pfaff in einem Gutachten über das Kieler Seebad über die hydrographischen und meereschemischen Verhältnisse von Förde und Kieler Bucht, ein weiterer Markstein in der Entwicklung der Kieler Meeresforschung. 1858 kamen immerhin 1.330 „Kurgäste“ nach Kiel.

Die Wasserqualität war damals natürlich noch sehr gut, auch vor der Seeburg befanden sich Badeflüsse zum Vergnügen der Studenten. Nachdem aber mit der Verlegung der preussischen Marinestation in der Ostsee von Danzig nach Kiel 1865 (ab 1871 Reichskriegshafen) der Randbereich der inneren Förde immer mehr für militärische Belange in Anspruch genommen wurde und sich die Gaardener Grosswerften entwickelten, stieg die Bevölkerung Kiels allein in der Zeit von 1896-1908 von 85.000 auf 180.000 Einwohner. Kiel wurde zu einer meist hässlichen wilhelminischen Grossstadt. Alle Abwässer liefen ungeklärt in den Hafen. Von Badewasserqualität konnte bald nicht mehr die Rede sein, der innere Hafen wurde zur stinkenden Kloake. Es kam nach typhusähnlichen Erkrankungen zu Protesten, so dass die Behörden handeln mussten. 1896 veröffentlichte der ehemalige Marinearzt und spätere Professor für Hygiene Bernhard Fischer seine „Untersuchungen über die Verunreinigung des Kieler Hafens“, nachdem er über mehrere Jahre an 50 Stationen im inneren Fördebereich Wasserproben auf ihre Krankheitskeime hin untersucht hatte. Dies war die erste marinmikrobiologische Studie überhaupt, wiederum ein

innovativer, jetzt umweltbezogener Markstein in der Entwicklung der Meereskunde in Kiel. Es sollte dann aber noch über 30 Jahre dauern, bis die Kieler Vollkanalisation fertiggestellt wurde und die Abwässer bis hinter dem Bülker Leuchtturm (natürlich damals noch ungeklärt) in die offene Ostsee eingebracht wurden. Das Problem verlagerte sich aber dadurch nur an die Aussenförde. Badeverbote mussten bei bestimmten Windrichtungen in Strände noch bis zur biologischen Vollklärung ausgesprochen werden. Stadt und Förde waren auch in dieser Hinsicht miteinander verknüpft. Im Zusammenhang mit der Abwasserfrage Kiels sind im Bereich der Aussenförde viele grundlegende Studien entstanden.

Gebadet wird natürlich heute immer noch, bevorzugt allerdings im Bereich der Aussenförde an den Stränden von Falkenstein, Schilksee und Strande sowie in Laboe. Das Wasser ist aber in der Seebadeanstalt Bellevue oder am kleinen Möltenorter Strand in der Innenförde physikalisch und chemisch eigentlich fast das gleiche.

### KLEINE MEERESKUNDE DER FÖRDE

Zurück zum Fördewasser selbst: Den Kapitän eines Schiffes interessiert die Temperatur und der Salzgehalt des Wassers nur sekundär. Meereis be- oder verhindert natürlich seine Fahrt. Die westliche Ostsee und die Förden und Buchten frieren in den letzten wintermilden Jahren selten zu, es gab aber auch Zeiten, wo man in jedem Winter mit Fuhrwerken über die Förde oder bis nach Dänemark gelangen konnte (um 1700 „Kleine Eiszeit“, s. oben „Experimentum Novum“ von 1697). Schiffe sanken im weniger salzhaltigen Ostseewasser etwas mehr ein, wie die Freibordmarken an Schiffen zeigen. Aber im Prinzip erlischt hiermit meist das meereskundliche Interesse der Schiffsführung, wenn nur die berühmte Handbreit Wasser unter dem Kiel ist. Guter Ankergrund ist ebenfalls in nautischer Hinsicht wichtig.

Die Dichte des Meerwassers nimmt mit Abnahme der Temperatur und besonders zunehmendem Salzgehalt zu, entsprechend stellt sich im Ozean, in der Ostsee und der Förde die Schichtung nach dem spezifischen Gewicht ein. Folglich findet sich bei gleicher Temperatur in einer Wassersäule das kalte Wasser unter der erwärmten Deckschicht. Im Sommer bildet sich häufig eine scharfe thermische Sprungschicht (Thermokline) heraus, die den Wasserkörper darunter regelrecht abdeckelt und biologisch wichtige Austauschprozesse mit

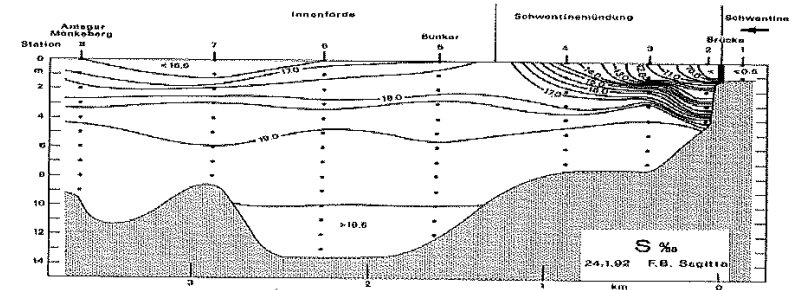
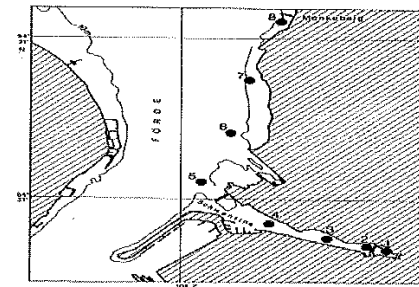


Abb. 5  
Der Einfluss des Schwentineausflusses auf die Salzgehaltsverteilung im östlichen Hafengebiet wurde bereits vor 300 Jahren wissenschaftlich beschrieben.

der Oberfläche unterbinden kann. Das Süßwasser der Schwentine vermischt sich erstaunlich schnell, ist aber als leichtere Fahne an der Oberfläche noch weit vom Mündungsgebiet bei Neumühlen entfernt festzustellen. Bei Ostwind treibt das leichtere Schwentinewasser in starker Vermischung auch manchmal bis zum Westufer. Fische und andere Lebewesen reagieren hierauf sehr empfindlich. Andere Zuflüsse sind von geringerer Bedeutung. In die Hörn münden noch die verrohrte Mühlenau und einige Regenwasserkanäle. Die Levensau bei Holtenau verschwand als Süßwassereintrag mit dem Bau des Nord-Ostsee-Kanals, durch dessen Schleusen heute ein Austausch zwischen brackigem Kanalwasser und Förde stattfindet, der für die Heringswanderungen im Frühjahr von Bedeutung ist. Grundsätzlich kann man aber feststellen, dass der Wasserkörper der Förde als Ganzes zu jeder Jahreszeit recht homogen ist und abgesehen von einigen charakteristischen lokalen Abweichungen in physikalischer, chemischer

und biologischer Hinsicht weitgehend den marinen Verhältnissen der offenen westlichen Ostsee entspricht.

Gemessen werden Temperatur und Salzgehalt in der Kieler Förde regelmäßig seit Einrichtung einer Termination der 1880 unter maßgeblicher Beteiligung Kieler Gelehrter zur Förderung der Fischerei begründeten Königlich Preußischen Kommission zur Untersuchung der Deutschen Meere in der Enge von Friedrichsort, später auch beim Feuerschiff Kiel. Die Förde gehört damit wohl zum am längsten und intensivst erforschten Bereich des Meeres überhaupt. Um so erstaunlicher ist es, dass die Naturverhältnisse bislang nur gelegentlich zusammenfassend dargestellt wurden. Der Kieler Geograph und Begründer der Ozeanographie in Deutschland, Otto Krümmel (1854-1912), dessen zweibändiges Handbuch der Ozeanographie (1907/1911) über Jahrzehnte zuverlässige Grundlage des neuen Fachgebietes war, fasste 1896 vor der 21. Versammlung des Vereins für öffentliche Gesundheitspflege in Kiel in einem Vortrag die wesentlichen Aspekte unter dem Titel „Die Kieler Förde als Theil der Ostsee“ zusammen. Dieser Blickwinkel wird hier erneut aufgegriffen und aktualisiert.

Die ausführlichste und im methodischen Ansatz beste Beschreibung der meereskundlichen Verhältnisse in der Kieler Förde wurde zweifellos von dem IfM-Biologen R. Kändler 1959 auf Grund von langfristigen Beobachtungen (1952-1957) auf drei Terminationen (Hörn, Friedrichsort, Aussenförde) veröffentlicht. Noch ohne moderne elektronische und selbstregistrierende Messgeräte und ohne Computereinsatz bei der Auswertung des umfassenden Datensatzes (insgesamt 80 Aufnahmen) wurden in dieser klassischen Studie erstmals die noch heute für die Bewertung der ökologischen Gegebenheiten gültigen Grundlagen für eine meereskundliche Betrachtung der Kieler Förde gelegt, auf die hier nicht in allen Einzelheiten eingegangen werden kann. Insbesondere wird die entscheidende Beeinflussung durch die jeweiligen Großwetterlagen herausgestellt und der morphologisch durch Barren und Rinnen vorgegebene Weg zur Erneuerung des Bodenwassers in dem Hafenbecken beschrieben, die zu den kurzfristigen Veränderungen der Schichtungsverhältnisse in der Kieler Bucht und Förde führen. Von dem bis in die Eckernförder Bucht reichenden Rinnensystem der Kieler Bucht als gelegentlichem Zubringer von hochsalinem Bodenwasser bei Einstromlagen in die Ostsee durch die Belte ist die Kieler Förde durch eine bis 12,5 m Wassertiefe reichende Absperrung getrennt, die weit in die See vom Stollergrund über das Gabelsfloch bis zum Stakendorfer Strand reicht. Grossräumig gese-

hen handelt es sich hierbei wohl um einen durch marine Erosion abgeflachten Moränenzug. Die Förde ist deshalb im Bodenwasser in der Regel etwas „süßler“ als das Nachbarbecken.

Kändler fasst treffend zusammen: „Somit stellt die Kieler Förde einen kleinen Blindsack an der Südküste der Kieler Bucht dar, der mit der offenen Ostsee in breiter Kommunikation steht und mangels stärkerem Süßwasserzufluss die Schichtungsverhältnisse dieses Teils der Ostsee widerspiegelt.“ Die zu Grunde gelegte Meßserie ergab erstmals statistisch zuverlässige monatliche Durchschnittswerte von Temperatur und Salzgehalt in der Wassersäule. Trägt man diese in einer Graphik (Isoplethendiagramm) zusammen, erhält man für die Stationen den „typischen“ Jahresgang dieser grundlegenden Messwerte. Abb. 3 zeigt für die Station „Hörn“, wie sich die winterliche gut durchmischte Wassersäule (durchgehend um 2 °C) von Mai bis August unterschiedlich stark und schnell bis auf 13 °C erwärmt und schichtet, um dann ab Oktober in allen Wassertiefen gleichmässig wieder abzukühlen. Es handelt sich wohlgerne um Durchschnittswerte, an der Oberfläche (gemessen wurde hierfür in 1 m Tiefe) werden für die Sommermonate Temperaturen unter 16 °C angegeben. Natürlich werden auch hier und auf den anderen Stationen gelegentlich kurzfristig Badewassertemperaturen von 18° C und mehr erreicht.

Die Salzgehaltsentwicklung in der Hörn und damit im inneren Hafenbecken zeigt bei einer deutlichen dichtebedingten Schichtung Höchstwerte im Bodenwasser im Februar und Oktober. Während der Untersuchungsjahre 1952-1957 schwankte an der Oberfläche der Salzgehalt des Fördewassers zwischen 8,8 ‰ (27.6.1953) und 26 ‰ (11.8.1954). Kurzfristige Änderungen als Indikator für Bewegungen von Fronten und Wasserkörpern in der vorgelagerten Kieler Bucht sind durch ältere Langzeitbeobachtungen beim Kieler Feuerschiff nachgewiesen und wirken sich auf alle drei Fördestationen aus.

Überraschend ist insgesamt, dass die Durchschnittswerte der Messreihe für die Hörn, die Station Friedrichsort und die Aussenförde weitgehend übereinstimmen. Hieraus folgt, dass der Wasserkörper der Förde insgesamt recht homogen ist und den Verhältnissen der vorgelagerten offenen See entspricht. Die Ostsee reicht somit in der Tat bis in die Kieler Innenstadt!

## NEUERE UNTERSUCHUNGEN IN DER FÖRDE

Ist diese alte Messreihe des Instituts für Meereskunde als historisch abzutun? Im Gegenteil, sie bildet einen Bezugspunkt für weitere Untersuchungen. So wäre eine Wiederholung nach nunmehr einem halben Jahrhundert von einigem wissenschaftlichen Interesse, um statistisch relevante Veränderungen zu ermitteln und gegebenenfalls zu erklären. Die Abgabe von erwärmtem Kühlwasser in die Förde beim Kraftwerk Ostufer dürfte sich hierbei aber ebensowenig auswirken wie Veränderungen im Schwentinezufluss.

Heute ist die Förde natürlich für die studentische Ausbildung am Institut für Meereskunde immer noch wichtig. Für Praktika können bis 10 m Wassertiefe jederzeit Planktonfänge von der Pier für Forschungsschiffe (Abb. 2) gemacht werden. Benthosproben werden auf den Flachwasserbereichen Strander Grasberg und Kleverberg bei Bülk gewonnen. Temperatur und Salinität des Hafensbereichs werden kontinuierlich an der Seewassereinleitung des IfM-Aquariums an der Kiel-Linie aufgezeichnet. Über das Internet (<http://www.ifm.uni-kiel.de/>) sind jederzeit Oberflächentemperaturen des Wassers mit zahlreichen meteorologischen Parametern (Temperaturen, Luftdruck, Einstrahlung, Windrichtung und -stärke etc.) am Institut und Leuchtturm Kiel auch für die Öffentlichkeit abrufbar, auch ein Dienst des Instituts für Wassersportler.

Seitdem meereskundliche Themen vor kurzem für die 9. Klasse im Lehrplan für Schleswig-Holstein in der Unterrichtseinheit „Ökosystem Weltmeer“ an der Schule zu behandeln sind, werden auch Geographie-Lehramtskandidaten am praktischen Beispiel der Kieler Förde in einige Grundfragen eingewiesen. Im Abstand von 14 Tagen wird hierbei in Anknüpfung an die Untersuchung von Kändler ein hydrographisches Profil von der innersten Hörn bis in die Aussenförde (Leuchtturm Kiel) bearbeitet und die auf 18 Stationen gewonnenen Daten mit der jeweiligen Wetterlage und hydrographischen Gesamtsituation der westlichen Ostsee verknüpft. Hierbei wird das kleinste Fahrzeug des IfM, die ehemalige Forschungsbarkasse „Polarfuchs“ (Abb. 4) des grössten deutschen Forschungsschiffes „Polarstern“, eingesetzt. In Tab. 1 wird beispielhaft für ausgewählte Stationen der Kieler Förde eine typische winterliche Situation dargestellt (9. Februar 2000), die zeitlich im Jahresgang mit der ersten Messung im „Experimentum Novum“ von 1697 verglichen werden kann. Im letzten milden Winter gab es allerdings kein Eis im Hafen, und die Temperaturen lagen mit

etwa 4° C in der gesamten Wassersäule höher. Ebenfalls der Salzgehalt, der von der Oberfläche bis zum Boden geringfügig zunimmt, ist mit 21-22 ‰ höher: Rechnet man die ersten Kieler Messungen von 1697 um, kommt man auf nur 16 ‰.

Hieraus darf man natürlich keinesfalls den Schluss ziehen, dass sich die Ostsee in der Zwischenzeit erwärmt hat oder dass die Förde salzhaltiger geworden ist. Die Daten liegen durchaus innerhalb der witterungs- und strömungsbedingten Variationsbreite und den Abweichungen von Jahr zu Jahr. Der Datensatz von Februar 2000 zeigt ferner sehr deutlich die Süßwasserfahne der Schwentine und die mit der weißen Secchi-Scheibe festgestellte und im Vergleich zum planktonreichen Frühjahr höhere Durchsichtigkeit der Wassersäule. – Erst Auswertungen über zumindest ein volles Jahr oder länger werden allerdings systematische Schlüsse erlauben.

Dieser längerfristig angelegte Monitoring-Ansatz für die Förde ist keineswegs neu und liegt eigentlich auch nahe. Ein ähnliches Programm gibt es in Zusammenarbeit mit Dänemark bereits seit längerer Zeit in der Flensburger Förde. Über Jahre wurde bis zur deutschen Vereinigung die Förde im Rahmen des Programms „Biologisches Monitoring der Ostsee“ vom IfM beprobt. Ein Folgeprojekt „Ökosystemforschung Kieler Bucht“ erfasste alle physikalischen, chemischen und produktionsbiologischen Daten in der „Werftkuhle“ am Hörnaustrang und verglich diese mit der Referenzstation „Boknis Eck“ im IfM-Forschungssperrgebiet vor Damp in der Eckernförder Bucht. Hierbei wurde deutlich, wie die meeresökologische Sonderstellung von Förden im Rahmen der offenen Kieler Bucht zu bewerten ist. Hafen und Förde behalten also als Forschungsobjekt und Lehrbeispiel ihre Bedeutung. Zahlreiche Diplom- und Semesterarbeiten der letzten Jahre befassten sich mit diesem besonderen Ostsee-Teil.

Dies zeigt sich auch in der Tatsache, dass Wissenschaftler des Instituts für Meereskunde in den letzten Jahren die gesetzlich erforderlichen Umweltverträglichkeitsstudien im Hafensbereich durchgeführt haben. Sie betrafen Hafenbaumaßnahmen in der Hörn, am Fährterminal und den Ausbau des Ostuferhafens. Es galt, die Auswirkungen auf die natürliche Habitatstruktur für Benthos und Fische detailliert aufzuzeigen und Ausgleichsmaßnahmen zu empfehlen. Bekanntlich spielt die Hörn als Laichgebiet der Heringsschwärme eine grosse Rolle. Der Hafen war seit jeher fischreich, vor den Ausbaggerungen für die Werftbauten um 1900 waren vor dem damaligen Fischerort Ellerbek einige Bänke mit umfangreichen Seegrassbeständen, aus denen man im Ne-



benerwerb Matratzen herstellte. Und natürlich war damals das Fördewasser viel klarer, fast überall konnte man den Grund sehen. Diese Zeiten sind aber in der gesamten Ostsee durch den erhöhten Eintrag von Phosphaten und Nitraten, die das Planktonwachstum als Nährstoffe sehr fördern (Eutrophierung), endgültig vorbei. Auch Plankton ist schliesslich Leben und bildet den Hauptbaustein in der marinen Nahrungskette.

Die Untersuchungen ergaben u.a., dass die auf Hartsubstrate angewiesenen Lebewesen wie Seepocken und Muscheln überall durch Spundwände und Dalben recht gute Lebensbedingungen im völlig verbauten Bereich der Innenförde finden. Im Juli 1995 wurde die Artenzahl und Biomasse des Benthos in der Hörn festgestellt: Es fanden sich 7 Mollusken-Arten (5.900 Individuen/qm), 3 Crustaceen (695), 8 Erranta (2.700) und 6 Sedentaria (10.300). Die Biodiversität hat sich damit seit 1900 nicht wesentlich verändert. Von Juli bis Dezember 1995 wurden auf drei regelmässig beprobten Netz- bzw. Reusenstationen (Hörn, IfM-Pier, Schwentinemündung) von Fischereibiologen insgesamt 29 Fischarten gefangen. Dieser Befund entspricht im wesentlichen der Fischfauna der westlichen Ostsee. Man kann mithin feststellen, dass nicht nur in hydrographischer, sondern auch meeresbiologischer Hinsicht der Kieler Hafenbereich ein Stück Ostsee-Umwelt darstellt, wenn es durch die geschützte Lage auch zu gewissen Abweichungen von der offenen See kommt.

Mariner Umweltschutz ist natürlich notwendig. Der Eintrag von Ölrückständen, Abfällen und Abwässern in das Hafenbecken ist auch in Folge entsprechender Bestimmungen deutlich geringer geworden. Keine Ölfahne im Hafen und im Bereich der Kanalzufahrt entgeht dem wachsamen Auge der Wasserschutzpolizei. Auch die einzig verbliebene Grosswerft HDW bemüht sich um möglichst umweltschonende Methoden beim Schiffbau. Aber – zum Ostsee-Schutzgebiet kann man die Kieler Förde natürlich nicht mehr renaturieren. Wenn seinerzeit im Reichsmarineamt Umweltbeauftragte ein Mitspracherecht gehabt hätten, wäre die Förde und ihr Umfeld vielleicht so geblieben wie Mitte des 19. Jhds. Aber Kiel wäre auch nicht zu dem geworden, was es heute ist. Kiel zur Kaiserzeit – das waren Grosswerften, wilhelminischer Kieler Woche-Pomp und ein Hafen voller Linienschiffe. Kiel heute – eine weltoffene Landeshauptstadt, die im Zeitalter der Globalisierung hinaus nach Skandinavien und in den Ostseeraum blickt.

Geblichen ist die Förde als Lebensnerv.

## Literaturhinweise:

- KÄNDLER, R. (1959): Hydrographische Beobachtungen in der Kieler Förde 1952-57. In: Kieler Meeresforschungen XV, H.2, S. 145-156.
- KORTUM, G. (1983): Die Kieler Innenförde im 19. und 20. Jahrhundert. Eine hafengeographische Skizze. In: Kieler Geographische Schriften, Band 58, S. 99-121.
- KÖGLER, F.-Chr. und J. ULRICH (1985): Bodengestalt und Sedimente der Kieler Förde. In: Schr. Naturwiss. Verein Schlesw.-Holst., Bd.55., S.1-33.
- KRÜMMEL, O. (1896): Die Kieler Förde als Theil der Ostsee. Festschr. f. d. 21. Versamml. d. Ver. f. öffentl. Gesundheitspflege. Kiel, S. 22-27.
- LOHFF, B., G. KORTUM, G. KREDEL et al. (1993): 300 Jahre Meeresforschung an der Universität Kiel. Ein historischer Rückblick. Berichte aus dem Inst. für Meereskunde, Nr. 246. (2.Aufl. 1997)
- RHEINHEIMER, G. (Hrsg.) (1996): Meereskunde der Ostsee. Berlin, Heidelberg, New York, (2. Aufl.).
- Aktuelle meteorologische und hydrographische Daten Kieler Förde und laufende Programme des Instituts für Meereskunde im Internet: <http://www.ifm.uni-kiel.de/>

| Station         | Hörn | Wert-<br>kuhle |      | Witt.-kühle |      | Schwen-<br>linemünd. |      | Bellevue |      | Mitte<br>Kanalausf. |      | Friedrichs-<br>ort |      | Laboe |      |     |      |
|-----------------|------|----------------|------|-------------|------|----------------------|------|----------|------|---------------------|------|--------------------|------|-------|------|-----|------|
|                 |      | T°C            | S%   | T°C         | S%   | T°C                  | S%   | T°C      | S%   | T°C                 | S%   | T°C                | S%   | T°C   | S%   |     |      |
| Tiefe           |      | T°C            | S%   | T°C         | S%   | T°C                  | S%   | T°C      | S%   | T°C                 | S%   | T°C                | S%   | T°C   | S%   |     |      |
| 0               |      | 3,9            | 21,6 | 3,9         | 21,3 | 3,9                  | 21,5 | 4,6      | 7,1  | 4,1                 | 21,1 | 4,0                | 21,0 | 4,2   | 20,4 | 4,0 | 21,5 |
| 1               |      | 3,8            | 21,5 | 3,9         | 21,4 | 3,9                  | 21,5 | 4,7      | 7,2  | 4,1                 | 21,1 | 4,0                | 21,0 | 4,0   | 20,4 | 4,0 | 21,5 |
| 2               |      | 3,8            | 21,8 | 3,9         | 21,5 | 3,9                  | 21,5 | 4,7      | 7,2  | 4,1                 | 21,1 | 4,0                | 21,1 | 4,0   | 20,5 | 4,0 | 21,5 |
| 3               |      | 3,8            | 21,8 | 3,8         | 21,6 | 3,9                  | 21,6 | 4,5      | 19,9 | 4,1                 | 21,1 | 4,0                | 21,1 | 4,0   | 20,5 | 4,0 | 21,6 |
| 4               |      | 3,8            | 21,9 | 3,8         | 21,7 | 3,8                  | 21,7 | 4,1      | 21,1 | 4,1                 | 21,1 | 4,0                | 21,1 | 4,0   | 20,6 | 4,0 | 21,7 |
| 5               |      | 3,8            | 21,9 | 3,8         | 21,7 | 3,8                  | 21,7 | 4,1      | 21,3 | 4,0                 | 21,2 | 4,0                | 21,1 | 4,0   | 20,8 | 4,0 | 21,8 |
| 6               |      | 3,8            | 21,9 | 3,8         | 21,8 | 3,8                  | 21,7 | 4,0      | 21,6 | 4,0                 | 21,2 | 4,0                | 21,1 | 4,0   | 20,7 | 3,9 | 21,9 |
| 7               |      | 3,8            | 22,0 | 3,8         | 21,8 | 3,8                  | 21,8 |          |      | 4,0                 | 21,2 | 4,0                | 21,2 | 4,0   | 20,7 | 3,9 | 21,9 |
| 8               |      | 3,8            | 22,0 | 3,8         | 21,8 | 3,8                  | 21,8 |          |      | 4,0                 | 21,3 | 4,0                | 21,3 | 4,0   | 20,8 | 3,9 | 21,9 |
| 9               |      |                |      | 3,8         | 21,8 | 3,8                  | 21,8 |          |      | 3,9                 | 21,6 | 4,0                | 21,3 | 4,0   | 20,7 | 3,9 | 21,9 |
| 10              |      |                |      | 3,8         | 21,8 | 3,8                  | 21,8 |          |      |                     |      | 4,0                | 21,4 | 4,0   | 21,5 | 3,9 | 21,9 |
| 11              |      |                |      | 3,8         | 21,8 | 3,8                  | 21,8 |          |      |                     |      | 4,0                | 21,7 | 4,0   | 21,7 | 3,9 | 21,9 |
| 12              |      |                |      | 3,8         | 21,8 | 3,8                  | 21,8 |          |      |                     |      | 3,9                | 21,9 | 3,9   | 21,8 | 3,9 | 22,0 |
| 13              |      |                |      | 3,8         | 21,9 | 3,8                  | 21,9 |          |      |                     |      | 3,9                | 21,9 | 3,9   | 21,9 | 3,9 | 22,0 |
| 14              |      |                |      | 3,8         | 21,9 | 3,8                  | 21,9 |          |      |                     |      | 3,9                | 21,9 | 3,9   | 22,0 |     |      |
| 15              |      |                |      | 3,8         | 21,9 | 3,8                  | 21,9 |          |      |                     |      |                    |      |       |      |     |      |
| 16              |      |                |      | 3,8         | 21,9 | 3,8                  | 21,9 |          |      |                     |      |                    |      |       |      |     |      |
| 17              |      |                |      | Grund:21,8m |      | Grund:21m            |      |          |      |                     |      |                    |      |       |      |     |      |
| Secchi-T<br>(m) |      | 3,0            |      | 3,5         |      | 3,8                  |      | 1,5      |      | 3,0                 |      | 3,0                |      | 3,5   |      | 3,5 |      |

Tabelle 1  
Hydrographisches Profil durch die Kieler Förde im Winter (9. Februar 2000)  
(Wetterdaten hierzu Leuchtturm Kiel: 16.00 Uhr: Lufttemperatur 7,1 °C, Wasser-  
temperatur Oberfläche 3,5 °C, Windgeschwindigkeit 14,8 m/s aus 301 Grad,  
solare Einstrahlung 44 W/ qm, rel. Feuchte 78%, Luftdruck 1005,3 hpa) –  
Aufnahme mit F.B. „Polarfuchs“ (G. Kortum)

Manuskript abgeschlossen: 2. Juni 2000

Anschrift des Verfassers  
Prof. Dr. G. Kortum  
Inst. f. Meereskunde an der Univ.Kiel  
Düsternbrooker Weg 20  
24105 Kiel

## Zur Entstehung der eiszeitlichen Landschaft Schleswig-Holsteins

Von HANS-JÜRGEN STEPHAN

### 1. Einführung

Seit dem späten 19. Jahrhundert sind die Entstehung und Entwicklung der schleswig-holsteinischen Landschaft in wissenschaftlichen Arbeiten behandelt, ihre Formen und Ablagerungen betrachtet und untersucht worden. Einblicke in den Aufbau und das Gefüge der Ablagerungen, wie sie Aufschlüsse liefern, waren allerdings immer verhältnismäßig selten. Auch die Zahl von gut bearbeiteten Bohrungen, die zumindest punktuell Kenntnisse über die Schichtfolge liefern, war noch lange Zeit gering. Flächenhafte geologische Kartierungen der oberflächennah anstehenden Schichten, wie sie in den geologischen Karten, insbesondere im Maßstab 1:25000 (GK 25) dargestellt sind, gab es über viele Jahrzehnte nur von wenigen Gebieten, und auch in kartierten Gebieten beruhte die Darstellung oft auf einer mäßigen Dichte von Untersuchungspunkten. Für die Deutung der Landschaftsentwicklung spielte deshalb die morphologische Analyse und Interpretation eine herausragende Rolle. Die Beobachtung heutiger Gletscher und der Bildung und Formung ihrer Ablagerungen und die Übertragung der so gewonnenen Erkenntnisse auf unsere eiszeitlichen Landschaften war die bevorzugte Methode der forschenden und publizierenden Geowissenschaftler. Dabei entwickelten sich einige Grundvorstellungen zur Entstehung unserer Landschaften, die man bis in jüngste Zeit sowohl in Publikationen findet, die für die breitere landschaftskundlich interessierte Öffentlichkeit gedacht sind, als auch in spezielleren Arbeiten für den Fachwissenschaftler. Sie prägen außerdem weithin die Lehrinhalte an Schulen und Hochschulen.

Die fortschreitende Erkundung der eiszeitlichen Ablagerungen Norddeutschlands und deren teilweise intensive petrographische und stratigraphische Untersuchung haben jedoch gezeigt, dass einige dieser Vorstellungen falsch sind. Entsprechende Richtigstellungen in der Fachliteratur sind aber bis heute kaum zur Kenntnis genommen wor-