

Ziel der Langzeit-Messungen der Biologischen Anstalt Helgoland (BAH)

(Dr. W. Hickel)

Es sollen ökologische Veränderungen in der Nordsee, besonders der Deutschen Bucht, erfaßt werden. Die biologischen Vorgänge im Meer sind eng verbunden mit dem hydrographischen Geschehen sowie den chemischen Veränderungen im Wasser und Sediment. Wasserströmungen und vertikale Dichteschichtung sind wiederum von Wetter und Klima abhängig. Die Deutsche Bucht ist zusätzlich charakterisiert durch starke Süßwasserzuflüsse, die horizontale Gradienten des Salzgehalts und der Nährstoffkonzentrationen bedingen. Die Vielfalt der Wassermassen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zusammen mit den starken jahreszeitlichen Veränderungen der Organismenbestände führen besonders in der Deutschen Bucht zu großer zeitlicher und räumlicher Variabilität aller physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften.

Daher ist es schwierig, Gesetzmäßigkeiten z.B. im Plankton-Vorkommen zu erkennen und kausal zuzuordnen. Dazu benötigt man lange Zeitreihen-Messungen vor allem dann, wenn man die anthropogenen Veränderungen von den natürlichen Schwankungen unterscheiden will, was von Anfang an ein Ziel war. Um Langzeit-Veränderungen biologischer und chemischer Parameter sowie der hydrographischen Situation zu messen, muß man diese von kurzfristigen Schwankungen unterscheiden können, die durch jahreszeitlichen Einfluß, Wind und Wetter sowie durch die Drift der verschiedenen Wasserkörper (Sequenz der Wassermassen) am Meßort hervorgerufen werden.

Dies bedenkend, hat Gillbricht bereits 1962 mit der Zeitreihe „Helgoland Reede“ begonnen, lange bevor die Umweltproblematik öffentlich diskutiert wurde. Der frühe Beginn war ein Glücksfall: erlaubte er doch, die Auswirkungen des „Wirtschaftswunders“ von Beginn an zu untersuchen. Denn in diesen Jahren begannen die Folgen der boomenden Wirtschaft in Zentraleuropa, ihre Spuren auch in entfernten Ökosystemen wie dem Meer zu hinterlassen.

Die BAH-Datensätze stammen aus folgenden Meßreihen:

- Helgoland-Reede-Zeitreihe (ab 1962, erst dreimal die Woche, später werktäglich).
- „Schnittfahrten“ von Helgoland aus in die Mündungstrichter von Weser, Elbe und Eider. Seit 1995 wurde der Weser-Schnitt zugunsten eines Schnittes nach Nordwesten aufgegeben.
- Zahlreiche Forschungsfahrten der BAH in die Deutsche Bucht, die mit einem engen Stationsnetz (10 bzw. 12,5 Seemeilen Abstand) quasisynoptisch untersucht wurde.
- „Sauerstoff-Projekt“: Fünfjähriges Forschungsprojekt zur Untersuchung von Ausmaß und Folgen der Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser der Deutschen Bucht und des Jütlandstromes.

Durch die Kombination der hohen zeitliche Auflösung (Helgoland-Zeitreihe) mit flächendeckenden Untersuchungen der Deutschen Bucht wurde die zeitliche und räumliche Variabilität zahlreicher Parameter gemessen: neben Temperatur, Salzgehalt, pH und Sichttiefe waren dies die anorganischen Nährsalze Phosphat, Silikat, Nitrit, Nitrat und Ammonium. Ferner wurde das Mikroplankton qualitativ erfaßt (nach Größengruppen, Arten oder Gattungen) und quantitativ gezählt. Die Biomasse der Hauptgruppen des Phytoplanktons (Diatomeen und Flagellaten) wurde so quantitativ ermittelt.

Nationale und internationale Bedeutung der BAH-Langzeitmessungen.

Das Environmental Assessment and Monitoring Committee (ASMO) hat 1995 für die Oslo- and Paris Conventions for the Prevention of Marine Pollution (OSPARCOM) einen Bericht angefertigt über die „Importance of maintaining long-term datasets“ (ASMO 95/7/Info3). ASMO hob hierbei die Bedeutung der Helgoländer Zeitreihen hervor und verglich sie mit dem berühmten „Continuous Plankton Recorder Survey“ der Briten. Auf der ASMO-Sitzung am 24.-28.April 1995 wurde von den Briten und Norwegern die einzigartige Bedeutung der Helgoländer Zeitreihen hervorgehoben; Deutschland wurde

aufgefordert, den Fortbestand dieser Messungen auch bei den drohenden Personalkürzungen sicherzustellen.

Das Umweltbundesamt Berlin hat diese Empfehlungen aufgegriffen und die Bedeutung der Helgoländer Messungen für das Erkennen von Umweltveränderungen in der Deutschen Bucht herausgestellt, das ja auch im neuen OSPAR Monitoring Programm gefordert wird. UBA empfahl dem BMBF (dem Träger der BAH), diese Sicherstellung der Meßreihen und wies auf das internationale Interesse hin. Es schloß sich die Empfehlung an, dieses bei der Personalpolitik auch bei der anstehenden Neuorganisation der BAH zu berücksichtigen. Dies ist inzwischen (1999) seitens AWI offensichtlich auch geschehen.

Ergebnis-Beispiel Eutrophierung der Deutschen Bucht

Der Verlauf der Eutrophierung der Deutschen Bucht und dessen Folgen wurde durch die Zeitreihen-Messungen bei Helgoland während mehr als drei Jahrzehnten lückenlos dokumentiert. Als wesentliches Ergebnis stellte sich eine Abkopplung der Phosphat- von der Nitrat-Eutrophierung heraus. Sie kam zustande durch eine frühe Phosphat-Eutrophierung, die bis 1973 zu verdoppelten Konzentrationen führte. Ein Jahrzehnt lang blieb das Phosphat auf diesem hohen Niveau und fiel danach wieder ab, als Folge der Maßnahmen zur Phosphat-Reduzierung. Nitrat hingegen (das bei weitem den größten Anteil des anorganisch gelösten Stickstoffs bildet), stieg erst viel später an, ab 1979/80. Es erreichte dann in mehreren Stufen, jeweils nach starken Hochwässern der Elbe, eine Verfünffachung der winterlichen Konzentrationen, wobei die letzte „Nitrat-Schwemme“ in den Wintern 1993/94 und 1994/95 beobachtet wurde. Diese gegenüber dem Phosphat stark verspätete Nitrat-Eutrophierung führte zu einer Verschiebung der N:P-Verhältnisse, die die Zusammensetzung des Phytoplanktons beeinflussen können.

Die große Variabilität der Plankton-Populationen von Jahr zu Jahr verhindern aber die Erkennbarkeit möglicher Phytoplankton-Trends. Es läßt sich nur sagen, daß die kleinen, nackten Nano-Flagellaten (< 20 µm) am Ende der Siebziger Jahre sprunghaft angestiegen sind. Da gleichzeitig die Nitrat-Konzentrationen anstiegen, ist deren Zusammenhang mit

den Nano-Flagellaten nicht auszuschließen, kann allerdings auch vorgetäuscht sein durch die Ankunft einer andersartigen Wassermasse oder generell durch klimatische Veränderungen auf der Nordhemisphäre.

Literatur

ARGE Elbe, 1991. Trend-Entwicklung der Nährstoffe im Elbwasser von 1980-1989. Wassergütestelle Elbe, Hamburg, 23 pp.

ARGE Elbe, 1995. Nährstoffstudie der Elbe. Teil 2: Von Schmilka bis zur See.. Hamburg, 47 pp.

Bauerfeind, E., Hickel, W., Niermann, U., Westernhagen, H. von, 1990. Phytoplankton biomass and potential nutrient limitation of phytoplankton development in the southeastern North Sea in spring 1985 and 1986. - Neth. J. Sea Res. **25**, 131-142.

Bendschneider, K. & Robinson, R.J., 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. - J. mar. Res. **11**, 87-96.

Brockmann,U., Billen,G. & Gieskes,W.W.C., 1988. North Sea nutrients and eutrophication. In: Pollution of the North Sea. Ed. by W.Salomons, B.L. Bayne, E.K. Duursma. & U. Förstner. Springer, Berlin, 348-389.

Colijn,F., Dooley,H., Owens,N.J.P. & Skjoldal, H.R., 1992. Report of the Expert Group on nutrients to Paris Commission Working Group on nutrients. - Rep. Oslo and Paris Commn **1/14/2**, 1-27.

Dickson, R.R. & Kirkwood, D.S., 1992. An analysis of historical phosphate data for the southern North Sea. - Contrib. to QSR 1993, 1-19.

Eberlein,K., Leal, M.T., Hammer, K.D. & Hickel, W., 1985. Dissolved organic substances during a *Phaeocystis pouchetii* bloom in the German Bight (North Sea). . Mar. Biol. **89**, 311-316.

Eickhoff, M., 1992. Entwicklung eines menügesteuerten Spektralanalyse-Programms zur Trendanalyse mariner Zeitreihen. - Dipl.Arb., FB B.P.V., Fachhochschule Hamburg, 152 pp.

Gerlach, S.A., 1990. Nitrogen, phosphorus, plankton and oxygen deficiency in the German Bight and in Kiel Bay. - Kieler Meeresforsch. (Sonderh.) **7**, 1-341.

Gieskes, W.W.C. & Kraay, G.W., 1975. The phytoplankton spring bloom in Dutch coastal waters of the North Sea. - Neth. J. Sea Res. **9** (2), 166-196.

Gieskes, W.W.C. & Schaub, B., 1990. Correlation of the seasonal and annual variation of phytoplankton biomass in Dutch coastal waters of the North Sea with Rhine river discharge. - Coastal Estuar. Studies **36**, 311-320.

Gillbricht, M., 1961. Eine Methode zum direkten Nachweis von Ammoniak im Seewasser. - Helgoländer wiss. Meeresunters. **8**, 58-64.

Gillbricht, M., 1983. Eine "red tide" in der südlichen Nordsee und ihre Beziehungen zur Umwelt. - Helgoländer Meeresunters. **36**, 393-426.

Gillbricht, M., 1988. Phytoplankton and nutrients in the Helgoland region. - Helgoländer Meeresunters. **42**, 435-467.

Goedecke, E., 1968. Über die hydrographische Struktur der Deutschen Bucht im Hinblick auf die Verschmutzung in der Konvergenzzone. - Helgoländer wiss. Meeresunters. **17**, 108-125.

Grasshoff, K., 1976. Methods of seawater analysis. - Verl. Chemie, Weinheim, 317 pp.

Grasshoff, K., Ehrhardt, M. & Kremling, K. (Ed.), 1983. Methods of seawater analysis. Verl. Chemie, Weinheim, 419 pp.

Hagmeier, E., 1961. Plankton-Äquivalente. - Kieler Meeresforsch. **17**, 32-47.

Hickel, W., Hagmeier, E. & Drebes, G., 1971. Gymnodinium blooms in the Helgoland Bight (North Sea) during August, 1968. - Helgoländer wiss. Meeresunters. **22**, 401-416.

Hickel, W., 1980. The influence of Elbe River water on the Wadden Sea of Sylt (German Bight, North Sea). - Dt. hydrogr. Z. **33**, 43-52.

Hickel, W., 1982. Ceratium red-tide in the German Bight in August, 1981: spatial distribution. - ICES C.M. L:8. 1-6.

Hickel, W., Böse, A. & Radach, G., 1986. Stickstoff-Mengen und Phytoplankton-Bestände in der Deutschen Bucht im Hinblick auf das Eutrophierungsproblem. - Ber. Biol. Anst. Helgoland **1**, 1-46.

Hickel, W., 1989. Inorganic micronutrients and the eutrophication in the Wadden Sea of Sylt (German Bight, North Sea). In: Proceedings of the 21st European Marine Biology Symposium. Ed. by R.Z. Klekowski, E. Styczinska-Jurewicz & L. Falkowski. Polish Academy of Science, Institute of Oceanology, Wroclaw, 309-318.

Hickel, W., Bauerfeind, E., Niermann, U. & Westernhagen, H. von, 1989. Oxygen deficiency in the south-eastern North Sea: Sources and biological effects. - Ber. Biol. Anst. Helgoland **4**, 1-148.

Hickel, W., Berg, J. & Treutner, K., 1992. Variability in phytoplankton biomass in the German Bight (North Sea) near Helgoland, 1980-1990. - ICES mar. Sci. Symp. **195**, 247-257.

Hickel, W, Mangelsdorf, P. & Berg, J., 1993. The human impact in the German Bight: Eutrophication during three decades (1962 - 1991). - *Helgoländer Meeresunters.* **47**, 243-263.

Hickel, W., Eickhoff, M. & Spindler, H., 1994. Changes in the German Bight pelagic environment during three decades. ICES 1994 Annual Science Conference, C.M. E:18 - Ref. C.L., 1-8.

Kalle, K., 1937. Nährstoff-Untersuchungen als hydrographisches Hilfsmittel zur Unterscheidung von Wasserkörpern. - *Annln Hydrogr. Berlin* **65**, 1-18.

Kalle, K., 1956. Chemisch-hydrographische Untersuchungen in der inneren Deutschen Bucht. - *Dt hydrogr. Z.* **9**, 55-65.

Körner, D. & Weichart, G., 1991. Nährstoffe in der Deutschen Bucht, Konzentrationsverteilung und Trends. - *Dt. hydrogr. Z. (Erg. H. A)* **17**, 3-41.

Kuuppo, P., 1994. Annual variation in the abundance and size of heterotrophic nanoflagellates on the SW coast of Finland, the Baltic Sea. - *J. Plankton Res.* **16** (11), 1525-1542.

Lindeboom, H.J., van Raaphorst, W., Beukema, J.J., Cadee, G.C. & Swennen, C., 1994. (Sudden) changes in the biota of the North Sea: oceanic influences underestimated? - ICES C.M. /L: 27, Ref. C.E.G. Biological Oceanography Committee, 1-16.

Lohmann, H., 1908. Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. - *Wiss. Meeresunters. (Kiel)* **10**, 129-370.

Lucht, F. & Gillbricht, M., 1978. Long-term observations on nutrient contents near Helgoland in relation to nutrient input of the River Elbe. - *Rapp. P.-v. Reun., Cons. int. Explor. Mer* **172**, 358-360.

Maier-Reimer, E., 1977. Residual circulation in the North Sea due to the M2-tide and mean annual wind stress. - Dt. Hydrogr. Z. **30**, 669-680.

Morris, A.W. & Riley, J.P., 1963. The determination of nitrate in sea water. - *Analyt. Chim. Acta* **29**, 272-279.

Mullin, J.B. & Riley, J.P., 1955 a. Colorimetric determination of silicate with special reference to sea and natural waters. - *Analyt. Chim. Acta* **12**, 162-174.

Mullin, J.B. & Riley, J.P., 1955 b. The spectrophotometric determination of nitrate in natural waters, with particular reference to sea water. - *Analyt. Chim. Acta* **12**, 464.

Nelissen, P.H.M. & Stefels, J., 1988. Eutrophication in the North Sea, a literature survey. - NIOZ -Rapp. **1988-4**, 1-100.

North Sea Task Force, 1993. North Sea Quality Status Report 1993. Oslo and Paris Commn, London, 132 pp

Otto, L., Zimmerman, J.T.F., Furnes, G.U., Mork, M., Saetre, R. & Becker, G., 1990. Review of the physical oceanography of the North Sea. - *Neth. J. Sea Res.* **26**, 161-238.

Pomeroy, L.R., 1974. The ocean's food web, a changing paradigm. - *Bioscience* **24** (9), 499-504.

Postma, H., 1961. Suspended matter and Secchi disc visibility in coastal waters. - *Neth. J. Sea Res.* **1**, 359-390.

Quality Status of the North Sea, 1987. (Scientific and Technical Working Group). Deptm. of the Environment. United Kingdom Conference Secretariat.

Radach, G. & Berg, J., 1986. Trends in den Konzentrationen der Nährstoffe und des Phytoplanktons in der Helgoländer Bucht (Helgoland Reede Daten). - Ber. Biol. Anst. Helgoland **2**, 1-63.

Radach,G., Berg,J. & Hagmeier,E., 1990. Long-term changes of the annual cycles of meteorological, hydrographic, nutrient and phytoplankton time series at Helgoland and at LV Elbe 1 in the German Bight. - Cont. Shelf Res. **10**, 305-328.

Radach, G. & Bohle-Carbonell, M., 1990. Strukturuntersuchungen der meteorologischen, hydrographischen, Nährstoff- und Phytoplankton-Zeitreihen in der Deutschen Bucht bei Helgoland. - Ber. Biol. Anst. Helgoland **7**, 1-425.

Redfield, A.C., Ketchum, K.H. & Richards, F.A., 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. In: The Sea, Ed. by M.N. Hill. Wiley Interscience, New York, **2**, 26-77.

Reid,P.C., Lancelot,C., Gieskes,W.W.C., Hagmeier,E., & Weichart,G., 1990. Phytoplankton of the North Sea and its dynamics: a review. - Neth. J. Sea Res. **26**, 295-331.

Rydberg,L., Edler,L., Floderus,S. & Graneli,W., 1990. Interactions between supply of nutrients, primary production, sedimentation and oxygen consumption in SE Kattegat. - Ambio **19**, 134-141.

Salomons, W., Bayne, B.L., Duursma, E.K., Förstner, U. (Edts), 1988: Pollution of the North Sea. - Springer, Berlin, 687 pp.

Schaub,B.E.M. & Gieskes,W.W.C., 1991. Eutrophication of the North Sea: the relation between Rhine river discharge and chlorophyll-a concentration in Dutch coastal waters. - In: Estuaries and coasts: temporal and spatial intercomparisons. Ed. by M. Elliot & J.-P. Ducrotoy, Olsen & Olsen, Fredensborg, 85-90.

SDN-Kolloquium 1993: „Geht es der Nordsee besser?“ - Schriftenreihe Schutzgem. Deutsche Nordseeküste 1/1993, 176 pp.

Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R., 1968. A manual of sea water analysis. - Fish. Res. Bd. Canada, Bull. **125**, 203 pp.

Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplanktonmethodik. Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol. **9**, 1-38.

Weichart, G., 1986. Nutrients in the German Bight. A trend analysis. - Dt. hydrogr. Z. **39**, 197-206.

Werner, W. & Wodsak, H.-P. (Hrsg.), 1994. Stickstoff- und Phosphoreintrag in die Fließgewässer Deutschlands unter besonderer Berücksichtigung des Eintragungsgeschehens im Lockergesteinsbereich der ehemaligen DDR. - Schriftenreihe Agrarspektrum **22**, 243 pp.

Westernhagen, H. von, Hickel, W., Bauerfeind, E., Niermann, U. & Kröncke, I., 1986. Sources and effects of oxygen deficiencies in the south-eastern North Sea. - *Ophelia* **26**, 457-473.