

BERICHTE  
aus dem  
**INSTITUT FÜR MEERESKUNDE**  
an der  
CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT · KIEL

**Nr. 259**

**Dinoflagellaten-Dauercysten in  
deutschen Küstengewässern:  
Vorkommen, Verbreitung und  
Bedeutung als Rekrutierungspotential**

von

**Stefan Nehring**



---

1994

# INHALTSVERZEICHNIS

Summary.....	I
List of figures .....	III
List of tables .....	VII
Danksagung .....	IX
<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2. DIE RUHESTADIEN DER DINOFLAGELLATEN: TEMPORÄRCYSTEN UND DAUERCYSTEN.....</b>	<b>6</b>
<b>3. MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>10</b>
3.1 Untersuchungsgebiete .....	10
3.1.1 Deutsche Bucht (Nordsee).....	10
3.1.2 Beltringharder Koog und Speicherkoog Dithmarschen .....	15
3.1.3 Kieler Bucht (Ostsee).....	20
3.2 Dauercysten - Probennahme und -aufarbeitung .....	22
3.2.1 Sediment .....	22
3.2.2 Wassersäule .....	24
3.2.3 Cystenzählungen und -identifikation .....	24
3.2.4 Dauerpräparate.....	27
3.2.5 Keimungsexperimente und Identifikation vegetativer Zellen .....	28
3.3 Abiotische Parameter und Phytoplanktonanalysen .....	29
3.3.1 Sedimentklassifizierung.....	29
3.3.2 Wassersäule .....	29
<b>4. DINOFLAGELLATEN-DAUERCYSTEN IN REZENTEN SEDIMENTEN DER DEUTSCHEN BUCHT.....</b>	<b>32</b>
4.1 Arteninventar.....	32
4.2 Allgemeine horizontale und vertikale Verbreitung .....	40
4.3 Horizontale und vertikale Verbreitung auf Artniveau .....	46
<b>5. DINOFLAGELLATEN-DAUERCYSTEN IM OBERFLÄCHENWASSER DER DEUTSCHEN BUCHT.....</b>	<b>57</b>
5.1 Arteninventar.....	57
5.2 Allgemeine horizontale Verbreitung .....	59
5.3 Horizontale Verbreitung auf Artniveau.....	61
<b>6. DINOFLAGELLATEN-DAUERCYSTEN IN AUSGEWÄHLTEN BRACK- WASSERBECKEN AN DER WESTKÜSTE SCHLESWIG-HOLSTEINS.....</b>	<b>65</b>
6.1 Beltringharder Koog.....	65
6.1.1 Arteninventar .....	65
6.1.2 Horizontale und vertikale Verbreitung im Salzwasserbiotop .....	68
6.1.3 Jahreszeitliche Verbreitung im Salzwasserbiotop .....	71

6.1.4	Phytoplankton-Sukzession.....	80
6.2	Speicherkoog Dithmarschen.....	90
6.2.1	Arteninventar .....	90
6.2.2	Vertikale Verbreitung im Hafen- und Speicherbecken .....	93
6.2.3	Jahreszeitliche Verbeitung im Hafen- und Speicherbecken .....	94
6.2.4	Phytoplankton-Sukzession.....	99
6.3	Dauercysten und Phytoplanktondynamik.....	109
<b>7.</b>	<b>DINOFLAGELLATEN-DAUERCYSTEN IN REZENTEN SEDIMENTEN DER KIELER BUCHT.....</b>	<b>113</b>
7.1	Arteninventar .....	113
7.2	Allgemeine horizontale und vertikale Verbreitung .....	118
7.3	Horizontale und vertikale Verbreitung auf Artniveau .....	121
<b>8.</b>	<b>KEIMUNGSEXPERIMENTE.....</b>	<b>126</b>
8.1	Ergebnisse.....	126
<b>9.</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>137</b>
9.1	Dinoflagellaten-Dauercysten in deutschen Küstengewässern: Die "hidden flora" .....	137
9.2	Relevanz der Dauercystenbildung bei Dinoflagellaten als Lebensstrategie: Habitaterhaltung, Populationsausweitung, Rekrutierung .....	149
9.3	<i>Gymnodinium catenatum</i> in Europa: Ein wachsendes Problem? .....	158
<b>10.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>168</b>
<b>11.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>172</b>
	Appendix 1. Identification key for recent marine dinoflagellate resting cysts .....	196
	Appendix 2. Die Dinoflagellaten-Dauercystenflora der deutschen Küstengewässer .....	200

## Summary

Stefan Nehring (1994). Dinoflagellate resting cysts in German coastal waters: Occurrence, distribution and importance as recruitment potential. Ber. Inst. f. Meeresk., Kiel, 259: 231pp.

The aim of this study was to investigate the occurrence and distribution of dinoflagellate resting cysts in Recent sediments of German coastal waters and to check its importance as a recruitment potential for motile planktonic cells. For this purpose three study areas were surveyed: 1) German Bight (North Sea) including North Frisian Wadden Sea, 2) semi-enclosed brackish water basins at the German North Sea coast and 3) Kiel Bight (Baltic Sea). The investigations were carried out during several measurement campaigns from May 1991 to February 1994.

Dinoflagellate resting cysts were numerous and widely distributed in German coastal waters. From the German Bight, thirty-two known cyst species and twelve unknown cyst types, which may act as seed population for planktonic dinoflagellate blooms, were recorded for the first time. In brackish water basins, which have a direct contact to Wadden Sea water, resting cysts were found but had lower species diversity compared to the Wadden Sea area and the German Bight. The Kiel Bight assemblage comprised 25 known cyst species and 4 unknown cyst types. Hence it follows that about 15 to 25 % of the locally recorded planktonic dinoflagellate species have resorted resting cyst formation, as part of their life strategy, and use it actively to escape unfavourable environmental conditions.

The abundances of resting cysts were closely related to sediment type. In the German Bight maximal abundance of 1500 living cysts  $\text{cm}^{-3}$  were found in muddy sand. Sandy areas had lowest cyst abundances, mostly  $<10$  cysts  $\text{cm}^{-3}$ . A similar type of colonization was found in the brackish water basins also, but the maximal concentration of 160 cysts  $\text{cm}^{-3}$  was distinctly lower. In the Kiel Bight up to 1900 living cysts  $\text{cm}^{-3}$  were found in muddy sediments. At sandy stations cysts abundances varied from 2 to 170 living cysts  $\text{cm}^{-3}$ . Small-scale vertical distribution of cysts in the areas under investigation usually exhibited maximum concentrations below the sediment surface. Empty cysts constituted 17-64 % of total cyst abundance.

The comparative distribution of the cysts in the German Bight showed a general increase in diversity and abundance from inshore sites to the offshore area. In the Kiel Bight and in the brackish water basins more of cysts were found at the deepest stations. The abundance of resting cysts in Recent offshore sediments of the German Bight reflects the predominance of planktonic dinoflagellates in this area. It was suggested that most of the cysts in the brackish water basins have an allochthonous origin, i.e. they were brought by Wadden Sea water. It is concluded that in these basins and in Kiel Bight the spatial distribution of cysts is controlled by water circulation patterns.

The German Bight and brackish water basin cyst assemblages were characterized by the dominance of *Scrippsiella trochoidea* and living cysts of this species comprised up to 80 %. In Kiel Bight the cyst flora was dominated by *Protoperidinium* cf. *divergens* (up to 90 %). The cysts of *Gonyaulax polyedra*, *Peridinium dalei* and *Protoceratium reticulatum*, isolated from Recent Kiel Bight sediments, exhibited a reduced length of their spiny processes compared to individuals from marine habitats (German Bight). This may suggest an influence

## II

of salinity on cyst morphology and could be important in recognizing salinity regimes in geological records.

In the Recent sediments several resting cysts were identified whose motile cells have not been officially recorded in the areas up to now. The wide distribution of living and empty cysts of *Pheopolykrikos hartmannii*, *Scrippsiella lachrymosa*, *S. precaria* und *S. trifida* in German Bight sediments as of *Alexandrium minutum* and *Peridinium dalei* in Kiel Bight sediments suggests that they are common members of phytoplankton communities in respective areas and were overlooked in the regions. The occurrence of the non-indigenous species *Gonyaulax polyedra*, *Protoperidinium* cf. *americanum* and *P. compressum*, which were found sporadically as cyst in German Bight sediments as well as the occurrence of *Diplopelta symmetrica*, *P. compressum*, *P. denticulatum*, *P. cf. excentricum*, *P. punctulatum* and *S. lachrymosa* cysts in the Kiel Bight may be related to transport in water currents from adjacent areas. The wide distribution of *Gymnodinium catenatum* cysts in German coastal sediments is interpreted as a recent re-colonization after three centuries of absence in northern Europe from the Atlantic coast of the Iberian peninsula. The relatively high cyst abundances of this species indicated that the occurrence of vegetative form of *G. catenatum* in northern Europe is very likely and may be a potential source for paralytic shellfish poisonings. Personnel responsible for phytoplankton monitoring programmes have to be aware of this fact. The possibility emerges that the recent occurrence of *G. catenatum* may be a first biological indicator for the effects of climate change on North European marine ecosystems.

In all surface water samples analysed from the German Bight, resuspended resting cysts were observed at concentrations of up to 30 living cysts  $\text{dm}^{-3}$ . These relatively high cyst abundances emphasized the importance of cyst advection as relevant spreading mechanism for cyst-forming dinoflagellates.

In germination experiments conducted with natural sea water 21 of 24 tested cyst types produced within few hours to days vegetative, motile cells. Experiments showed that temperature is an important factor in cyst germination whereas salinity and nutrient concentrations have no influence. The linkage between the relatively high cyst abundances in Recent German coastal sediments and the observed high germination rate demonstrate the potential importance of benthic resting cysts as a 'cyst bank' in recruitment of motile planktonic cells.

All known cyst-forming, modern dinoflagellate species are listed (77 marine and 29 freshwater species). In appendix 1 a useful key for identifying modern marine dinoflagellate resting cysts based on shape is given (in English). Appendix 2 give a description of all Recent cyst types found in German coastal waters with comparisons to roughly all published cyst figures and descriptions.

**Key words:** Phytoplankton, Dinophyceae, benthic resting cyst, Recent, North Sea, Wadden Sea, Baltic Sea, distribution, benthic pelagic coupling, *Gymnodinium catenatum*, *Scrippsiella*

## Danksagung

Herrn Prof. Dr. B. Zeitzschel danke ich für sein mir entgegengebrachtes Vertrauen und für seine hilfreichen und kritischen Anregungen. Er gewährte nicht zuletzt den notwendigen wissenschaftlichen Freiraum, um diese Untersuchungen in der vorliegenden Form durchführen zu können.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Dr. K.-J. Hesse für die ausgezeichnete Betreuung verbunden mit seiner ständigen Bereitschaft zur Diskussion und für die kritische Durchsicht dessen, was schließlich herausgekommen ist. Für die vielen ereignisreichen Mittwoche im FTZ Westküste waren vor allem Frau B. Egge, Frau A. Mayer-Brinkmann und Herr Dr. U. Tillmann mitverantwortlich.

Herrn Dr. H. Rumohr danke ich für seine mir gewährte Integration in seine Arbeitsgruppe und für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes. Eine wichtige Hilfe war das freundschaftliche Verhältnis zu seinen Mitarbeitern Frau F. Nielsen, Frau R. Schütt und den Herren Dipl.-Biol. T. Kujawski, H. Schomann und W. S. Kim. Für die Sorgfalt bei der Erstellung einiger Zeichnungen möchte ich mich bei Herrn W. Hukriede bedanken.

Frau Dr. J.-C. Riedel-Lorjé stellte bisher unveröffentlichtes Planktondatenmaterial zur Verfügung.

Für die besonders gute Zusammenarbeit bei der Beprobung des Salzwasserbiotops im Beltringharder Koog danke ich Herrn Dipl.-Biol. A. Hagge.

Herr Dr. W. Brenner und Herr Dr. J. Mathießen führten mich in die Geheimnisse der Paläontologie ein und standen mit Rat und Tat bei den geologischen Techniken zur Seite.

Frau U. Albrecht sei ganz besonders für das Korrekturlesen gedankt.

Mein Dank gilt den Besatzungen des FS Gauss, FS Heincke, FS Meteor und insbesondere der Besatzung des FK Littorina.

Ein Teil dieser Studie wurde vom Umweltbundesamt im Rahmen des Umweltforschungsplans des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Vorhaben 108 02 085/01) und durch das Land Schleswig-Holstein gefördert.

## 10. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Untersuchung hatte zum Ziel, das Vorkommen und die Verbreitung von sexuell gebildeten Ruhestadien (Dauercysten) der Dinoflagellaten in rezenten Sedimenten der deutschen Küstengewässer von Nord- und Ostsee zu analysieren und deren potentielle Bedeutung als Rekrutierungspotential in diesen Seegebieten abzuschätzen.

Zu diesem Zweck wurden drei verschiedene Untersuchungsgebiete ausgewählt:

- 1) Deutsche Bucht und nordfriesisches Wattenmeer
- 2) Halbabgeschlossene Brackwasserbecken am Rande des Wattenmeeres
- 3) Kieler Bucht

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen mehrerer Meßkampagnen im Zeitraum von Mai 1991 bis Februar 1994.

1. Dinoflagellaten-Dauercysten sind in den deutschen Küstengewässern häufiger und weitverbreiteter, als nach bisherigen Vermutungen angenommen. Für den Bereich der Deutschen Bucht konnten 44 verschiedene Cystentypen isoliert werden, von denen 32 jeweils einer Art eindeutig zugeordnet werden konnten. Nur in den direkt mit Wattenmeerwasser in Kontakt stehenden Brackwasserbecken konnten Dauercysten nachgewiesen werden, jedoch mit einer stark verringerten Artendiversität gegenüber dem Wattenmeerbereich und der offenen Deutschen Bucht. In der Kieler Bucht wurden 29 verschiedene Cystentypen gefunden, von denen 25 jeweils einer Art eindeutig zugeordnet werden konnten. In den deutschen Küstengewässern haben somit zwischen 15 und 25 % der hier vorkommenden Dinoflagellaten Dauercystenbildung als Teil ihrer Lebensstrategie ausgebildet und nutzen sie aktiv für eine Habitaterhaltung. Dieser relativ hohe Anteil kann eine Adaption an die ausgeprägten chemischen und physikalischen Fluktuationen in der Wassersäule darstellen, die neben physiologischen Anpassungen der vegetativen Zelle komplexere Lebensstrategien fordert.

2. Die Häufigkeit von Dauercysten ist eng an den Sedimenttyp gebunden. In der Deutschen Bucht wurden im schlickigen Sand Höchstwerte von 1500 lebenden Dauercysten  $\text{cm}^{-3}$  gefunden. Auf sandigen Stationen hingegen lag die Abundanz stets sehr niedrig, meistens unter 10 Cysten  $\text{cm}^{-3}$ . Ein ähnliches Besiedlungsmuster wurde auch in den Brackwasserbecken vorgefunden, jedoch lag hier die Maximalkonzentration mit 160 Cysten  $\text{cm}^{-3}$  deutlich niedriger. Für den Bereich der Kieler Bucht lagen die Höchstwerte an Cysten im

reinen Schlick (1900 Cysten  $\text{cm}^{-3}$ ). Cystenabundanzen an Sandstationen lagen zwischen 1,5 bis 170 Cysten  $\text{cm}^{-3}$ .

3. Die horizontale Verteilung der Dauercysten in der Deutschen Bucht zeigte eine generelle Abnahme in Diversität und Abundanz von küstenfernen zu küstennahen Gebieten. In der Kieler Bucht und in den Brackwasserbecken wurde eine Anreicherung von Dauercysten in den tieferen Bereichen festgestellt.
4. Der Vergleich von Cystenbesiedlung im Sediment und Planktonverhältnissen im Pelagial der Deutschen Bucht zeigt, daß das Cystenvorkommen i.d.R. an das Hauptverbreitungsgebiet der Motilzellen gekoppelt ist. Die in den Brackwasserbecken vorgefundenen Dauercysten sind vermutlich größtenteils allochthonen Ursprungs, d.h. mit Wattenmeereswasser eingeschwemmt worden. Sie beeinflussen hier jedoch nicht nachhaltig die Phytoplanktonentwicklung. In den Speicherbecken wie auch in der Kieler Bucht scheinen vor allem laterale Wassertransporte für die quantitative Cystenverteilung verantwortlich zu sein.
5. Das vertikale Verteilungsmuster der Dauercysten auf allen untersuchten Stationen zeigte weitgehend identische Charakteristika: Lebende Cysten finden sich vor allem im Tiefenbereich von 0,5 bis 2 cm, in allen anderen Horizonten überwiegen leere Cysten. Es wird vermutet, daß im obersten halben Sedimentzentimeter Milieubedingungen vorliegen, die eine erfolgreiche Keimung der Cysten fördern. Die durch Sedimentüberlagerungen oder Bioturbation in tiefere Schichten verlagerten lebenden Cysten können hingegen hier nicht mehr auskeimen und sterben nach einiger Zeit ab.
6. Die Cystenpopulationen in Sedimenten der Deutschen Bucht und in den Brackwasserbecken wurden von *Scrippsiella trochoidea*-Cysten dominiert, die mit einem Anteil von bis zu 80 % an der Gesamtcystenanzahl beteiligt waren. Für die Sedimente der Kieler Bucht wurde eine Dominanz von *Protoperidinium cf. divergens*-Cysten mit teilweise über 90 % festgestellt.
7. Neben den Dauercysten der für die Untersuchungsgebiete bereits bekannten Dinoflagellaten-Formen wurden mehrere "fremde" Arten gefunden. Die zahlreichen Lebend- und Leerfunde von *Pheopolykrikos hartmannii*, *Scrippsiella lachrymosa* und *S. trifida*-Cysten



in den Nordseesedimenten sowie von *Alexandrium minutum* und *Peridinium dalei*-Cysten in Ostseesedimenten weisen daraufhin, daß diese Arten fester Bestandteil der jeweiligen Planktongemeinschaften sind, bisher aber übersehen worden sind. Die gebietsfremden Arten *Gonyaulax polyedra*, *Proto-peridinium* cf. *americanum* und *P. compressum*, die vereinzelt als Cyste in den Nordseesedimenten gefunden wurden, bzw. die Funde von *Diplopelta symmetrica*, *P. compressum*, *P. denticulatum*, *P. cf. excentricum*, *P. punctulatum* und *S. lachrymosa*-Cysten in der Kieler Bucht sind vermutlich mit Wasserströmungen aus entfernteren Gebieten eingetragen worden. Das flächendeckende Vorkommen von *Gymnodinium catenatum*-Cysten in der Deutschen Bucht und der Kieler Bucht wird als eine rezente Rekolonisierung Nordeuropas von Spanien her interpretiert. Die hohen Abundanzen von Lebendcysten weisen auf die Vermehrung dieser potentiell toxischen Art in der Wassersäule des Untersuchungsgebietes hin.

8. Im Oberflächenwasser der Deutschen Bucht konnten in allen Proben Dauercysten nachgewiesen werden. Die Anzahl an Dauercysten war positiv korreliert mit dem Detritusgehalt im Wasser, was auf Resuspension hindeutet. Der prozentuale Anteil lebender Cysten an der Gesamtcystenanzahl lag im Gegensatz zu den Oberflächensedimenten meistens nur zwischen 25 und 35 %. Die hohen Cystenabundanzen im freien Wasser (bis zu 30 lebende Cysten dm<sup>-3</sup>) unterstreichen die Bedeutung der Verdriftung als relevanten Verbreitungsmechanismus für cystenbildende Dinoflagellaten.
9. Ein morphologischer Vergleich von Dauercysten-Arten aus der Kieler Bucht und der Deutschen Bucht zeigte bei den Ostseeindividuen von *Gonyaulax polyedra*, *Peridinium dalei* und *Protoceratium reticulatum* eine Reduzierung in der Länge ihrer Anhänge, was auf einen möglichen Einfluß der Salinität auf die Cystenmorphologie hindeutet. Anhand von Keimungsexperimenten konnte nachgewiesen werden, daß *Proto-peridinium pentagonum* zwei vollkommen unterschiedliche Cystentypen ausbilden kann. Der im paläontologischen Taxon als *Trinovantedinium capitatum* bezeichnete Typ stellt wahrscheinlich die marine Form dar, der als *Brigantedinium majusculum* bezeichnete Typ hingegen die mesohaline Form. Verschiedene Morphotypen der Cysten können somit Ausdruck bestimmter Ökotypen sein oder stellen genetische Varianten dar, die verschiedene ökologische Ansprüche repräsentieren.
10. Von den in Laborexperimenten auf Keimung getesteten Cysten 24 verschiedener

Dinoflagellaten-Arten bildeten 21 Typen innerhalb von Stunden bis Tagen im Wasser des Herkunftsgebietes vegetative Zellen aus, was die Bedeutung des Rekrutierungspotentials der Dauercysten unterstreicht. Die Keimung wird vermutlich durch die Temperatur gesteuert, sie ist jedoch nicht salinitäts- oder nährsalzabhängig.

### Die wichtigsten Ergebnisse aus der Dissertation wurden veröffentlicht als

21. Nehring, S. (1994): Spatial distribution of dinoflagellate resting cysts in Recent sediments of Kiel Bight, Germany (Baltic Sea). – *Ophelia* 39: 137-158.
22. Nehring, S. (1994): *Scrippsiella* spp. resting cysts from the German Bight (North Sea): A tool for more complete check-lists of dinoflagellates. – *Neth. J. Sea Res.* 33: 57-63.
30. Nehring, S. (1995): *Gymnodinium catenatum* Graham (Dinophyceae) in Europe: A growing problem? – *J. Plankton Res.* 17: 85-102.
31. Nehring, S. (1995): Dinoflagellate resting cysts as factors in phytoplankton ecology of the North Sea. – *Helgoländer Meeresunters.* 49: 375-392.
32. Nehring, S., Hesse, K.-J. & Tillmann, U. (1995): The German Wadden Sea: A problem area for nuisance blooms? – In: Lassus, P., Arzul, G., Erard, E., Gentien, P. & Marcaillou, C. (Hrsg.), *Harmful Marine Algal Blooms*. Lavoisier, Paris: 199-204.
40. Hesse, K.-J., Tillmann, U., Nehring, S. & Brockmann, U. (1996): Specific factors controlling phytoplankton distribution in coastal waters of the German Bight (North Sea). – In: Eleftheriou, A., Ansell, A.D. & Smith, C.J. (Hrsg.), *Biology and Ecology of Shallow Coastal Waters*. Olsen & Olsen, Fredensborg: 11-22.
47. Nehring, S. (1996): Recruitment of planktonic dinoflagellates: importance of benthic resting cysts and resuspension events. – *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 81: 513-527.
58. Nehring, S. (1997): Dinoflagellate resting cysts from Recent German coastal sediments. – *Bot. Mar.* 40: 307-324.