

Kathrin WITTE, Jana WÖLFEL & Ulf KARSTEN

Das Vorkommen mikrobieller Matten an der Deutschen Ostseeküste und die saisonale Sukzession in Mikrobenmatten am Beispiel des Windwatts „Großer Werder“

The occurrence of microbial mats along the coast of the German Baltic Sea and the seasonal succession in microbial mats at the windwatt “Großer Werder”

Abstract

During the summer of 2002 the occurrence of microbial mats along the coast of the German Baltic Sea was mapped. Microbial mats were found at 11 stations, essentially in shallow water systems with pronounced variabilities in temperature and salinity. An example of such location is the windwatt “Großer Werder”. During this study a station with a microbial mat was compared with three sediment stations which lacked microbial mats. The organic matter, taken as a marker for biomass was clearly higher in the mat compared to the sediment stations. This result explains the ecological importance of microbial mats in extreme environments to provide and enrich the sediments with organic matter. The dominant species in the mat system were the cyanobacteria *Microcoleus chthonoplastes* and *Lyngbya aestuarii*.

Keywords: microbial mats, cyanobacteria, *Microcoleus chthonoplastes*, *Lyngbya aestuarii*, brackish water, Baltic Sea, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein

1 Einleitung

Mikrobielle Matten sind organosedimentäre Strukturen, die durch benthische mikrobielle Gemeinschaften gebildet werden (MARGULIS et al. 1980). Sie entwickeln sich vor allem in Lebensräumen, in denen extreme Umweltbedingungen die Ansiedlung höherer Pflanzengesellschaften verhindern und das Vorkommen weidender Organismen begrenzen oder vollkommen ausschließen.

Beispiele für aquatische Habitate, in denen sich Mikrobenmatten etablieren können, sind hypersaline Seen, heiße Quellen oder die Gezeitenzone von Küstengewässern (CASTENHOLZ 1994). Grundsätzlich können mikrobielle Matten von einer Vielzahl verschiedener Mikroorganismen gebildet werden, wobei Cyanobakterienmatten am weitesten verbreitet sind. Durch die Photosynthese der photoautotrophen Organismen und die Stickstofffixierung der Cyanobakterien werden die Sedimente mit organischem Material versorgt und angereichert, das dann

heterotrophen Organismen als Hauptnahrungsquelle zu Verfügung steht. Die Produktivität mikrobieller Matten kann die Produktivität tropischer Regenwälder erreichen, welche als die produktivsten Ökosysteme der Erde betrachtet werden (JØRGENSEN & COHEN 1983). Eine weitere ökologische Bedeutung mikrobieller Matten liegt in der Stabilisierung der Küstensedimente. Die Mikroorganismen innerhalb einer Matte produzieren sogenannte extrazelluläre polymere Substanzen (EPS, DECHO 1990), wodurch eine Anheftung der Cyanobakterien an das Substrat möglich ist. Außerdem bilden fädige Cyanobakterien ein sehr dichtes und enges Netzwerk, in das Sedimentpartikel eingelagert werden, was zu einer deutlichen Verfestigung der Küstensedimente führt.

In den letzten drei Jahrzehnten wurden mikrobielle Matten von unterschiedlichsten marinen Standorten der Welt unter ökologischen und physiologischen Aspekten intensiv bearbeitet. Vergleichbare Untersuchungen über Mikrobenmatten der Ostsee liegen dagegen kaum vor. Aus diesem Grund beschäftigen sich innerhalb der Arbeitsgruppe für Angewandte Ökologie der Universität Rostock derzeit mehrere Projekte mit dem Ökosystem „mikrobielle Matte“. Eine Fragestellung beschäftigt sich mit der Entwicklung von Ökotypen im Cyanobakterium *Microcoleus chthonoplastes* (MERTENS) GOMONT, einem der Hauptvertreter mikrobieller Matten, entlang des Salzgehaltgradienten der Ostsee. Im Rahmen dieser Arbeit wurde erstmalig das Vorkommen mikrobieller Matten entlang der deutschen Ostseeküste dokumentiert. Darüber hinaus wurden an dem Windwatt-Standort „Großer Werder“ die saisonalen Veränderungen innerhalb der photoautotrophen Schicht am Beispiel mikrobieller Matten bearbeitet.

2 Material und Methoden

2.1 Kartierung mikrobieller Matten



Abb. 1 Querschnitt einer mikrobiellen Matte im Sinne eines „Farbstreifensandwatts“. Diese Probe wurde im Windwatt „Großer Werder“ gewonnen.

Vom 30.07. bis 23.08.2002 wurden entlang der Küsten Schleswig-Holsteins (S-H) und Mecklenburg-Vorpommerns (M-V) mikrobielle Matten im Sinne eines „Farbstreifensandwatts“ (SCHULZ 1936) kartiert. Das bedeutet, dass im Sediment eine vertikale farbliche Schichtung zu erkennen sein musste (Abb. 1).

Die Stationen wurden so ausgewählt, dass für die inneren Küstengewässer Mecklenburg-Vorpommerns mindestens ein Standort pro Bodden untersucht wurde. Speziell für die Darß-Zingster Boddenkette lag pro Bodden jeweils eine Station auf der dem Festland zugewandten und eine Station der Halbinsel zugewandten Seite. Für die äußeren Küstengewässer wurde entlang der Küstenlinie, zwischen Lubmin (M-V) und Flensburg (S-H), ca. alle 25 km eine Station ausgewählt, wobei die Kieler und Flensburger Förde sowie die Eckernförder Bucht mit je einem Standort in die Kartierung eingegangen sind. Weitere Stationen lagen auf den Inseln Poel, Hiddensee, Rügen und Fehmarn. Zusätzlich wurden Proben in der Dänischen Wiek bei Greifswald und in der Wohlenberger Wiek bei Wismar genommen. Insgesamt sind in die Kartierung 43 Standorte entlang der deutschen Ostseeküste eingegangen (Abb. 2).

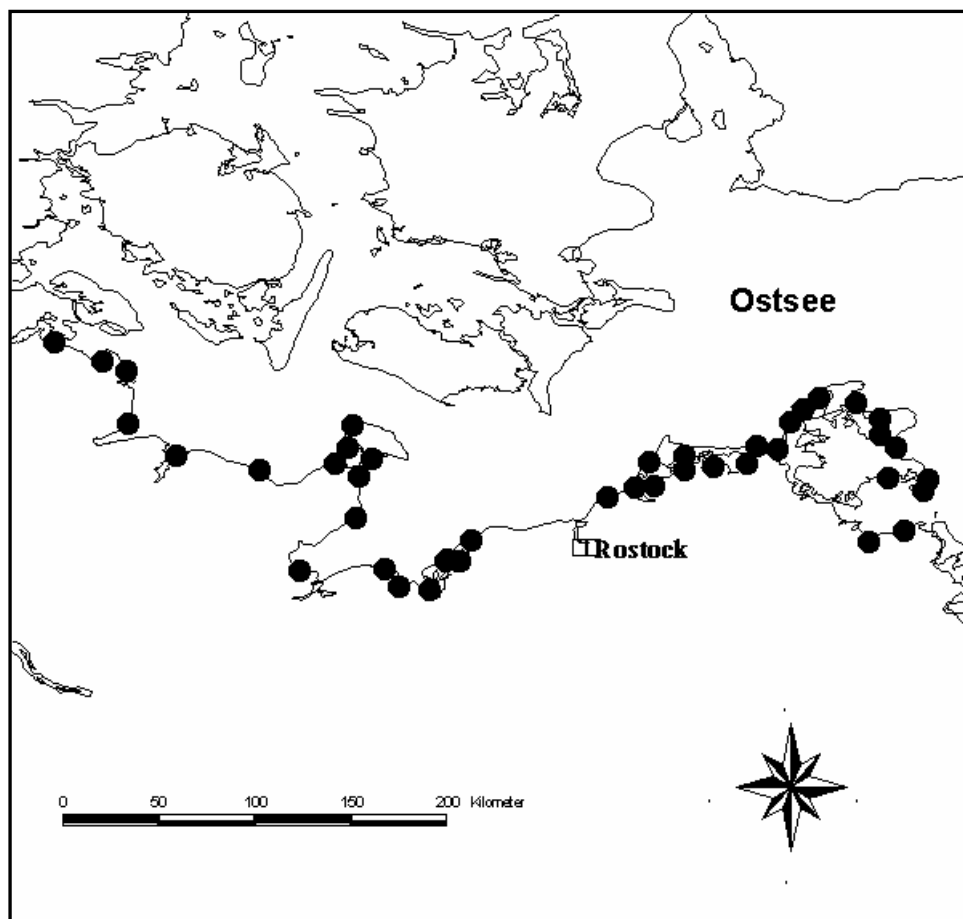


Abb. 2 Karte der deutschen Ostseeküste. Dargestellt sind alle Standorte, die im Rahmen der Kartierung 2002 untersucht wurden.

2.2 Saisonale Sukzession der photoautotrophen Schicht mikrobieller Matten

2.2.1 Das Untersuchungsgebiet

Die saisonale Entwicklung der photoautotrophen Schicht wurde an mikrobiellen Matten des Windwatt „Großer Werder“ (Abb. 3) untersucht. Der „Große Werder“ gehört zu einer kleinen Inselkette, den Werderinseln, die sich östlich vor der Halbinsel Zingst erstreckt. Westlich vor den Werderinseln befindet sich das Windwatt „Großer Werder“, welches nördlich durch die Insel Bock begrenzt wird. Es handelt sich um eine rund 1600 ha große, 9,5 bis 12 km lange und 2,5 bis 3 km breite (SCHULZ & RÖSEL 1993) Flachwasserzone, in der das steigende Wasser bei normalem Pegelstand nur wenige Dezimeter tief ist. Allgemein versteht man unter einem Windwatt große, freiliegende, sandige Sedimentflächen. Im Unterschied zu einem Gezeitenwatt, wie das der Nordsee, werden Windwattgebiete der Ostsee nicht in einem regelmäßigen Rhythmus von 12 Stunden überflutet, sondern in unregelmäßigen Abständen in Abhängigkeit von der Windrichtung und -geschwindigkeit. Das Windwatt „Großer Werder“ fällt z. B. bei ablandigen Winden südlicher Richtung zum größten Teil trocken (REINICKE 1994).

Das Gebiet der Werderinseln und der Insel Bock ist der größte Kranichrastplatz Mitteleuropas. Ein Großteil des nordeuropäischen Bestandes mit gegenwärtig 30000 Rastvögeln konnte in der Hauptflugzeit Ende September/Anfang Oktober beobachtet werden (GNOTH-AUSTEN & SPECHT 1995). Insgesamt wurden über 100 Wasser- und Watvogelarten registriert (GRAUMANN & NEUMANN 2001). Mit der Gründung des Nationalparks Vorpommersche Boddenlandschaft 1990 wurde dieses Gebiet der Schutzzone 1 (Kernzone) zugeordnet.

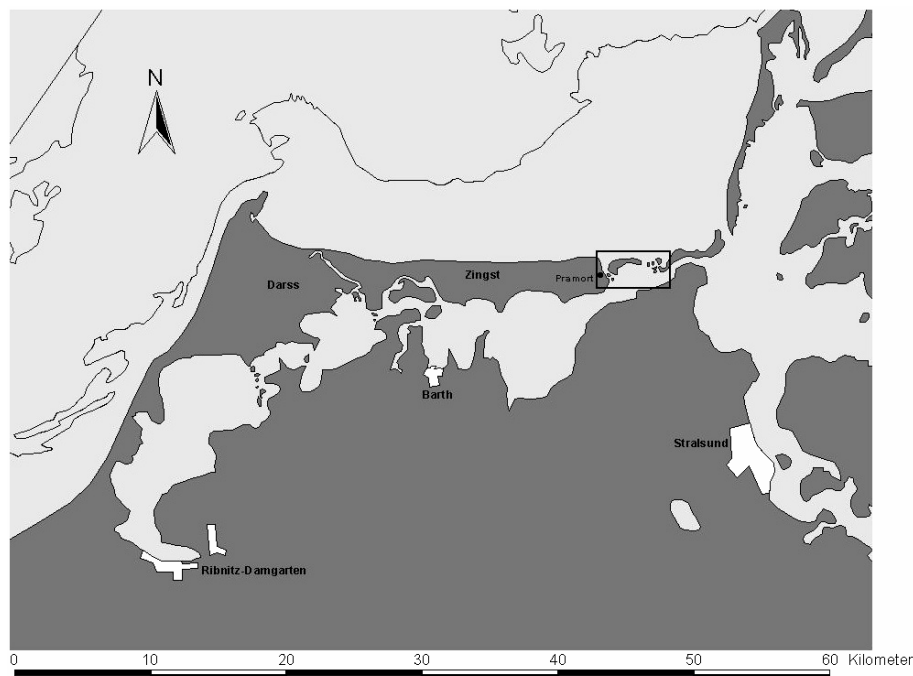


Abb. 3 Karte der Darß-Zingster-Boddenkette. Das Untersuchungsgebiet Windwatt „Großer Werder“ liegt östlich von Pramort und ist mit einem Rahmen markiert. (Karte: F. PEINE)

2.2.2 Probennahme

Unter dem Aspekt der saisonalen Entwicklung der photoautotrophen Schicht mikrobieller Matten wurden von März bis November 2002 vier Standorte einmal im Monat beprobt. Davon war ein Standort eine großflächig ausgedehnte mikrobielle Matte mit einer Länge von ca. 160 m und einer Breite von ca. 65 m (Abb. 4). Dieser Standort ist erst ab Juni 2002 in die Beprobung eingegangen, da die zunächst beprobte Fläche während eines Sturmes zu stark beschädigt wurde. Im Vergleich dazu wurden drei Sedimentstandorte gewählt, an denen sich zum Zeitpunkt der ersten Probennahme noch keine Mikrobenmatten entwickelt hatten. Als Biomasseparameter wurde der organische Kohlenstoffgehalt bestimmt.

Weiterhin wurden monatlich Proben genommen um die vorwiegend auftretenden Cyanophyceen- wie auch Bacillariophyceenarten zu bestimmen. Die Dominanz der Arten wurde abgeschätzt. Die Beprobung erfolgte nach einer Methode von GÄTJE (1992). Dabei wurde die oberste 1 cm tiefe Sediment- bzw. Mattenschicht mit einer abgeschnittenen Plastikspritze Ø 2 cm beprobt. Eventuelle Fehler, die durch Patchiness der Mikrophytobenthosverteilung auftreten können, wurden dadurch reduziert, dass am Mattenstandort 40 Sedimentkerne auf einer Fläche von 4 m² sowie jeweils 15 Proben an den Sedimentstandorten (Σ 45) entnommen wurden. Die Auswahl der Kerne erfolgte nach einem mathematisch Zufallsprinzip. Die einzelnen Proben wurden zu Mischproben vereinigt bzw. als Parallelen bearbeitet.



Abb. 4 Mikrobielle Matte im Windwatt „Großer Werder“. Ihre Begrenzung hebt sich dunkel im Mittelgrund ab.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Kartierung mikrobieller Matten an der deutschen Ostseeküste

Im Rahmen der Kartierung mikrobieller Matten konnte an 11 von 48 untersuchten Standorten mikrobielle Matten im Sinne eines Farbstreifensandwattes dokumentiert werden. Aus Abb. 5 geht deutlich hervor, dass vor allem die reich gegliederte Küste Mecklenburg-Vorpommerns gute Umweltbedingungen für die Etablierung von Mikrobenmatten bietet. Großflächige Matten, von ca. 200-500 m², wurden in den Windwatten „Großer Werder“ und auf der Vogelschutzinsel Langenwerder beobachtet. Weitere Windwattgebiete befinden sich z. B. im Westen und Osten der Insel Hiddensee und dem Krumsteet Haken auf der Insel Fehmarn. Diese Standorte sind in die Kartierung jedoch nicht eingegangen, da eine Betretung der Naturschutzgebiete nicht genehmigt wurde. Es wurde eingangs bereits beschrieben, dass Windwattgebiete in Abhängigkeit von der Windrichtung überspült werden oder trocken fallen.

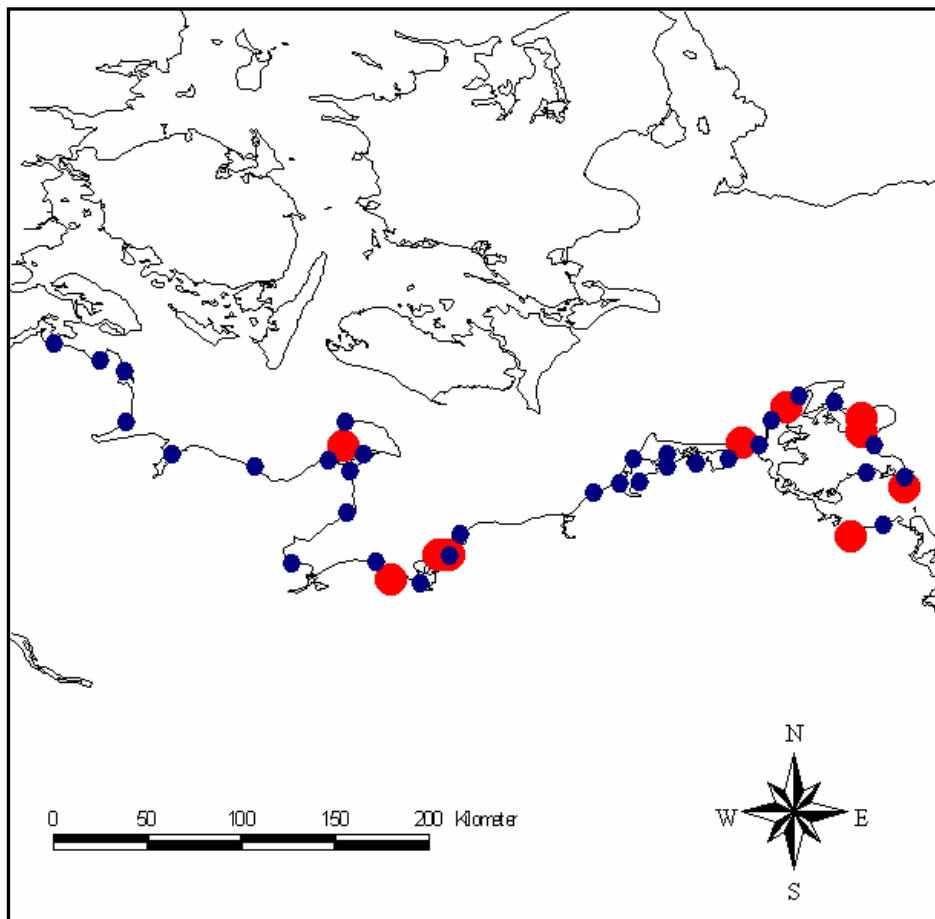


Abb. 5 Karte der deutschen Ostseeküste. Dargestellt sind alle Standorte, die während der Kartierung 2002 untersucht wurden. Die Standorte, an denen sich mikrobielle Matten entwickelt hatten, sind rot hervorgehoben.

Wie auch in den Gezeitenbereichen von Küstengewässern sind die Organismen in einem Windwatt großen Salinitäts- und Temperaturschwankungen ausgesetzt. Unter so extremen Lebensbedingungen ist in der Regel keine Konkurrenz durch niedere oder höhere Pflanzen gegeben und die Aktivität von Weidegängern ist stark reduziert oder fehlt vollständig (STAL 1994). Diese sind zwei wichtige Voraussetzungen für die Akkumulation organischen Materials. Weitere Standorte an denen sich Mikrobenmatten entwickelt hatten, waren z. B. die Dänische Wiek im Greifswalder Bodden, am Boiensdorfer Werder oder die Wohlenberger Wiek in der Wismarbucht. Die Uferbereiche dieser flachen, geschützten Buchten und Bodden sind in der Regel mit einem nahezu vollständig geschlossenen Schilfgürtel (*Phragmites australis*) oder *Carex spec.* bewachsen. An diesen Standorten sind mikrobielle Matten in erster Linie auf exponierte Sedimente in Häfen oder Badestellen beschränkt. Wie auch in den Windwattgebieten ist der Bereich, der dem des Eulitorals und Supralitorals der Nordsee entspricht, in Abhängigkeit von der Windrichtung unregelmäßig überspült oder exponiert. An den offenen, sandigen Küstenabschnitten, wie bei Graal Müritz (M-H) oder Ahrenshoop (M-H) konnten keine mikrobielle Matten gefunden werden. An diesen Küsten können die Wellen ungehindert auf den Strand auflaufen. Die mechanische Belastung durch häufige Umlagerungsprozesse ist vermutlich so groß, dass eine Anheftung von Cyanobakterien an Sedimentpartikeln nur schwer möglich ist.

3.1 Saisonale Sukzession in Mikrobenmatten des Windwatts „Großer Werder“

Cyanobakterien sind photoautotrophe Mikroorganismen, die aufgrund einer hohen Affinität zu Nährstoffen, eines sehr geringen Energiebedarfs für den Erhaltungsstoffwechsel und der Fähigkeit zur Anreicherung von Reservestoffen (STAL 1991) besonders gut an extreme Standorte angepasst sind. In dem Untersuchungsgebiet Windwatt „Großer Werder“ waren *Microcoleus chthonoplastes* (Abb. 7) und *Lyngbya aestuarii* (MERTENS) LIEBMANN (Abb. 8) die dominanten Cyanobakterienarten. Es handelt es sich dabei um fädige Vertreter der Familie Oscillatoriaceae, die zu den wichtigsten Mattenbildnern gehören (GEMERDEN 1993). Beide Arten sind in der Lage, hohe Sulfidkonzentrationen zu tolerieren (FISCHER et al. 1999) und kommen vor allem in Mikrobenmatten vor, die eine deutliche farbliche Schichtung aufweisen (vergl. GOLUBIC et al. 1999). *Microcoleus chthonoplastes* zeigte sowohl in der Mikrobenmatte als auch in den Sedimentstandorten von März bis Mai 2002 die höchsten Abundanzen. Ab Juni 2002 setzte sich dann *Lyngbya aestuarii* durch und blieb bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes quantitativ dominant. Im Unterschied zu *M. chthonoplastes* trat *L. aestuarii* jedoch hauptsächlich in der mikrobiellen Matte auf, weniger an den Sedimentstandorten. Auf den beprobten Sedimenten konnte die Ausbildung einer Mikrobenmatte im Sinne des Farbstreifensandwattes nicht über den gesamten Untersuchungszeitraum beobachtet werden. Möglicherweise kann sich *L. aestuarii* erst in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium der Mikrobenmatte durchsetzen.

Der saisonale Verlauf des organischen Kohlenstoffgehaltes, als Biomasseparameter, war an beiden Standorten (die Sedimentstandorte wurden zusammengefasst) vergleichbar (Abb. 9). Von Juni bis September war an allen

Standorten eine deutliche Zunahme der Biomasse zu beobachten, die dann bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes wieder stetig abnahm. Im Vergleich zu den Sedimentstandorten (0,28 - 0,6 in % TM) konnte in der Mikrobenmatte (1,2 - 1,7 in % TM) ein deutlich höherer organischer Kohlenstoffgehalt über den gesamten Untersuchungszeitraum nachgewiesen werden (Abb. 9). Dieses Ergebnis unterstreicht noch einmal die ökologische Bedeutung mikrobieller Matten, Küstensedimente mit organischem Material zu versorgen und anzureichern.

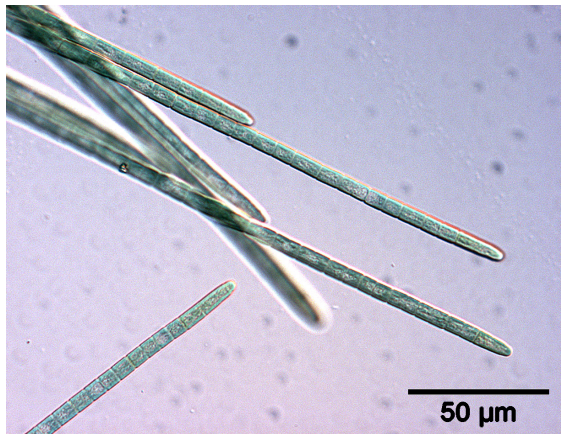


Abb. 7 *Microcoleus chthonoplastes* GOM.

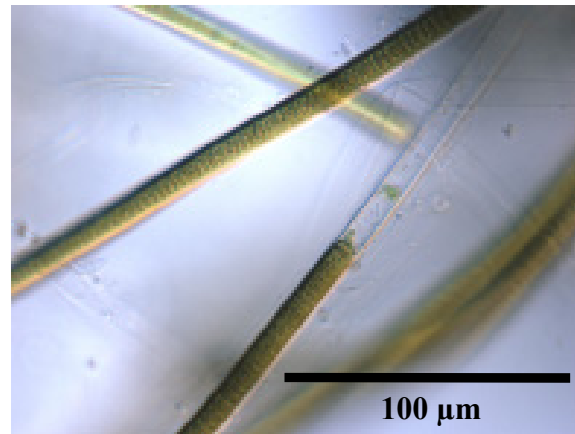


Abb. 8 *Lyngbya aestuarii* (MERT.) LIEBMANN

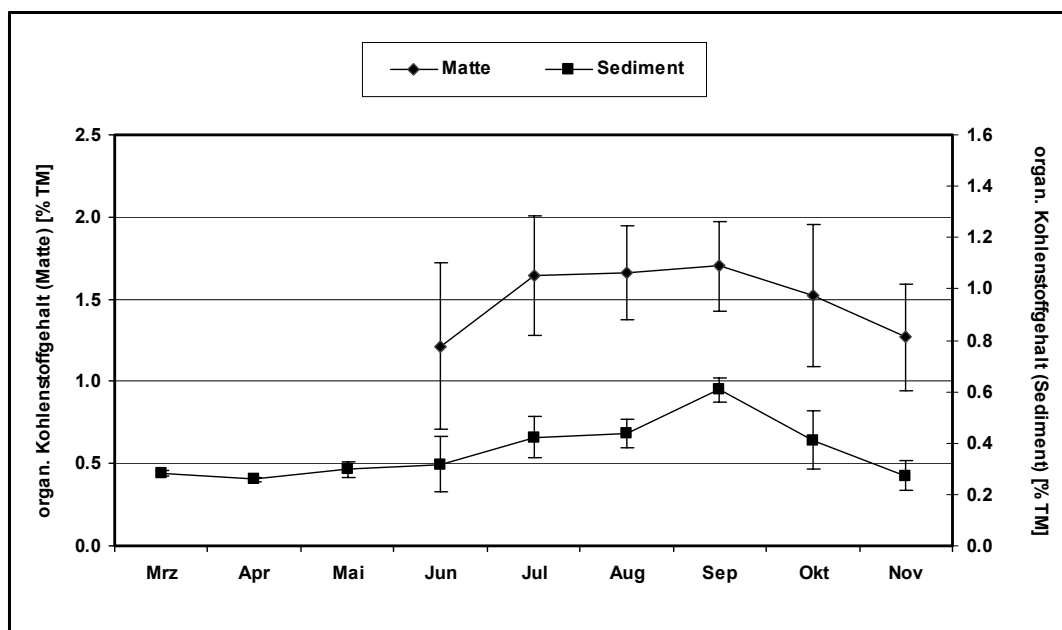


Abb. 9 Saisonaler Verlauf des organischen Kohlenstoffgehaltes [% TM] in einer Mikrobenmatte und eines sandigen Sedimentes am Standort „Großer Werder“ im Jahr 2002. Die rechte y-Achse bezieht sich auf das Sediment, die linke y-Achse auf die Matte.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir den Mitarbeitern des Nationalparkamtes Rügen (Biosphärenreservat Südost-Rügen), des Nationalparkamtes Vorpommersche Boddenlandschaft, des LUNG Mecklenburg-Vorpommerns und der BFN-Außenstelle Vilm für die Genehmigungen zur Begehung der Naturschutzgebiete und die Bereitstellung von Daten danken. Dr. Henning Baudler danken wir sehr herzlich für die Koordinierung und Hilfe bei der Probenahme im Windwatt „Großer Werder“. Die Kartierung mikrobieller Matten wurde im Rahmen eines Promotionsstipendiums der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

Literatur

- CASTENHOLZ, R. W. (1994): Microbial mat research: The recent past and new perspectives. – [In:] STAL, L. J., CAUMETTE, P. (eds.): *Microbial Mats: Structure, Development and Environmental Significance*. NATO ASI Series, 35: 3-18; Heidelberg (Springer Verlag).
- DECHO, A. W. (1990): Microbial exopolymer secretions in ocean environments: the role(s) in food webs and marine processes. – *Oceanography and Marine Biology Annual Reviews*, 28: 73-153.
- FISCHER, U., RETHMEIER, J., RABENSTEIN & POTTHOFF, A. (1999): Cyanobacterial community changes in sulfide biotopes of shallow coastal water of the Baltic Sea. – [In:] CHARPY, L. & LARKUM, A. W. D. (eds.) 19: 257-263; Monaco (Monaco Musee oceanographique).
- GÄTJE, C. (1992): Artenzusammensetzung, Biomasse und Primärproduktion des Mikrophytobenthos des Elbe-Ästuars. – Dissertation, Universität Hamburg: 210 S.; Hamburg.
- GEMERDEN, H. (1993): Microbial mats: A joint venture. – *Marine Geology*, 113: 3-25.
- GNOTH-AUSTEN, F. & SPECHT, R. (1995): Deutsche Nationalparke: Jasmund, Vorpommersche Boddenlandschaft.: 61-62; Werl i. W. (Vehling-Verlag).
- GOLUBIC, S., LE CAMPION-ALSUMARD, T., CAMPBELL, S. E. (1999): Diversity of marine cyanobacteria. – [In:] CHARPY, L. & LARKUM, A. W. D. (eds.) 19: 53-76; Monaco (Monaco Musee oceanographique).
- GRAUMANN, G. & NEUMANN, R. (2001): Wasser- und Watvögel im Nationalparkgebiet Windwatt Bock und Werder-Inseln. – *Meer und Museum*, 16: 96-100.
- JØRGENSEN, B. B. & COHEN, Y. (1983): Photosynthesis and structure of benthic microbial mats: microelectrode and SEM studies of four cyanobacterial communities. – *Limnology and Oceanography*, 28, 1075-1093.
- MARGULIS, L.; BARGHOORN, E.S.; ASHENDORF, D.; BANERJEE, S.; CHASE, D.; FRANCIS, S.; GIOVANNONI, S. & STOLZ, J. (1980): The microbial community in the layered sediments of laguna Figueroa, Baja California, Mexico: does it have Precambrian analogues? – *Precambrian Research*, 11: 93-123.
- REINECKE, R. (1994). Nationalpark Vorpommersche Boddenlandschaft. - 10 S.; Rostock (Hinstorff Verlag).
- SCHULZ, E. (1936): Das Farbstreifensandwatt und seine Fauna, eine ökologische biozonotische Untersuchung an der Nordsee. – *Kieler Meeresforschungen*, 1: 359-378.
- SCHULZ, F. & RÖSEL, E. (1993). Neumanns Landschaftsführer Vorpommersche Boddenlandschaft und Recknitztal. - 94 S.; Radebeul (Neumann Verlag).
- STAL, L. J. (1991): The metabolic versatility of the mat-building cyanobacteria *Microcoleus chthonoplastes* and *Oscillatoria limosa* and its ecological significance. – *Algological Studies*, 64: 453-467.
- STAL, L. J. (1994): Microbial mats: Ecophysiological interactions related to biogenic sediment stabilization. – [In:] KRUMBEIN, W. E., PATERSON, D. M. & STAL, L. J. (eds.): *Biostabilization of sediments*. 41-53; Universität Oldenburg (BIS-Verlag).

Autoren:

Kathrin Witte, Jana Wölfel & Prof. Dr. Ulf Karsten

Angewandte Ökologie
Universität Rostock
Albrecht-Einstein-Straße 3a
18051 Rostock

E-mail: kathrin.witte@stud.uni-rostock.de

Manuskripteingang: 01.06.2003; angenommen: 13.08.2003

