

Helmut Pankow; Norbert Wasmund

Produktionsbiologie und Soziologie des Makro- und Mikro- phytobenthos der Darß-Zingster Boddenkette

Abstract

The associations of the benthic macrophytes and microalgae of the Darß-Zingst bodden chain, a shallow inlet on the German coast of the Baltic Sea, are described. At the end of the 1970s and the beginning of the 1980s, the area covered by macrophytes decreased drastically. For example in the Barther Bodden, the lower boundary of the vegetation rose to a depth of 70 cm by the end of the 1980s, perhaps due to a reduction of light penetration. The primary production of the macro- and microphytobenthos decreased to only 5% of the total primary production. Especially the Charophyceae diminished for the benefit of *Potamogeton pectinatus* and *Cladophora glomerata*.

1 Einleitung

Seit nunmehr 25 Jahren wird die Darß-Zingster Boddenkette, ein Brackgewässer an der Mecklenburg-Vorpommerschen Ostseeküste, vom Fachbereich Biologie der Universität Rostock intensiv untersucht. In den 70er Jahren ging es vorrangig um eine Bestandsaufnahme der biotischen Komponenten, die schließlich die Grundlage für ein Ökosystemmodell bilden sollten. Ein wesentlicher Bestandteil des Ökosystems sind die Primärproduzenten. Gerade in flachen Gewässern sollte man von einer besonderen produktionsbiologischen Bedeutung des Phytobenthos ausgehen. Dabei ist schon aus methodischen Gründen die Unterteilung in Makrophytobenthos (= die submersen Spermatophyten und Großalgen) und Mikrophytobenthos (= die epiphytischen, epipelischen und epipsammischen Kleinalgen) sinnvoll. Die Bestandsaufnahme erlaubt Aussagen zur Artenzusammensetzung, zur Soziologie und Verbreitung der Arten und aus der besonderen Beachtung von Indikatoren heraus auch Aussagen über den Gewässerzustand. Aus der Veränderung der Phytobenthos-Bestände in den 80er Jahren sind Schlußfolgerungen über die Veränderung der Qualität des Gewässers möglich.

Gerade die flachen Küstengewässer unterliegen wegen der sehr direkten anthropogenen Beeinflussung starken Veränderungen. Andererseits soll gerade ihre Qualität für die weitere vielfältige Nutzung erhalten bleiben oder noch verbessert werden. Die Darß-Zingster Boddenkette hat eine große Bedeutung für

die Fischerei und sollte auch als Badegewässer wieder attraktiv werden. Sie gliedert sich in mehrere hintereinanderliegende, miteinander verbundene Wasserkörper, die "Bodden". Diese sind von West nach Ost: Saaler Bodden, Bodstedter Bodden, Barther Bodden und Grabow. Vom Grabow aus gibt es bei Pramort eine Verbindung zur Ostsee. Da der Wasseraustausch zwischen Ostsee und Boddenkette sowie zwischen den einzelnen Bodden gering ist, bildet sich von Ost nach West ein Gradient abnehmenden Salzgehalts, aber zunehmenden Nährstoff- und Trübstoffgehalts aus.

2 Methoden

Die Makrophytenbestände (einschl. Verlandungsgürtel) wurden durch Begehen oder Befahren der Bodden mit kleinen Booten erfaßt. Abschätzungen der Primärproduktion wurden sowohl durch Wägung abgeernteter Pflanzen als auch durch Bestimmung nach der Sauerstoffmethode vorgenommen.

Das Mikrophytobenthos wurde prinzipiell mikroskopisch untersucht. Zur Bestimmung der Primärproduktion des Aufwuchses an Glasplatten (TÄUSCHER 1976), Schilfhalmen (KRAUSE 1977) und Sediment (WASMUND 1979, 1983) wurde die Sauerstoffmethode mit Titration nach Winkler angewendet.

3 Ergebnisse

3.1 Makrophytobenthos

3.1.1 Vegetationsverhältnisse

Die Vegetationsverhältnisse der submersen Makrophyten der Darß Zingster Boddenkette sind nach einigen Vorarbeiten von JESCHKE (1960), FUKAREK (1961), HOPPE (1967) sowie HOPPE und PANKOW (1968) zuerst von LINDNER (1972) gründlich untersucht und dargestellt worden (vgl. auch LINDNER 1975 und 1976). Es schlossen sich produktionsbiologische Arbeiten von FESTERLING (1973) an. 1978 publizierte LINDNER die Beschreibungen der vorkommenden Gesellschaften sowie detaillierte Verbreitungskarten. Danach bewuchs seinerzeit die vorwiegend aus Characeen aufgebaute Vegetation oberhalb der 2m-Isobathe die gesamte Boddenkette. Die tieferen Boddenabschnitte waren infolge der geringen Transparenz des Wassers unbewachsen. TEUBNER (1989) bestimmte einige Jahre später die mittlere Bewuchsgrenze bei 70 cm Tiefe.

Von den 12 beobachteten Gesellschaften sind folgende besonders zu erwähnen:

1. Das *Ruppium spiralis* ist eine Pioniergesellschaft, die im östlichen Grabow mosaikartig windexponierte, flache Sandbänke besiedelt;

2. Das Ruppium maritima bewächst die flachen Stillwassergebiete des Grabow, des Zingster Stromes sowie im Raume der Barther Oie und der Meininge Inseln auf nährstoffreichem Grund;
3. Kleinflächig ist in alpha-mesohalinen Bereichen des östlichen Grabow das Tolypelletum nidificae ausgebildet; der ständige Rückgang dieser Art im Gebiet seit 1869 (vgl. die Literaturangaben bei LINDNER 1975) dokumentiert die Veränderung der Wasserqualität in den Bodden sehr deutlich;
4. Dominierend auf den wellenexponierten, flachen Sandscharen in der gesamten Boddenkette ist das Charetum asperae; diese Gesellschaft besiedelt in mehreren Subassoziationen in einer Wassertiefe von 10-80 cm mineralische Sedimente;
5. Bei starker Detritusaufgabe entwickelt sich aus voriger Gesellschaft das Charetum canescentis;
6. Bei zunehmender Wassertiefe und damit einhergehenden schlechteren Sichtbedingungen wird das Charetum asperae von der Chara baltica-Gesellschaft (= Ch. hispida var. baltica f. baltica) abgelöst;
7. Auf losem, schwarzem, stark nach H₂S riechendem, eutrophem Sapropel siedelt das Charetum tomentosae;
8. Aus ihm kann sich bei weiterer Schlammaufgabe das Najadetum marinae entwickeln.

Ein wichtiger Begleiter verschiedener Gesellschaften ist in den Bodden das Kamm-Laichkraut (*Potamogeton pectinatus*).

3.1.2 Langzeitentwicklung

Der Makrophytenbestand der Bodden wurde 1982 ein weiteres Mal von BEHRENS kartiert. Nach ihm war es zu einem Artenrückgang wie auch zu einer Verringerung der bewachsenen Flächen um 280 ha gekommen. TEUBNER (1989) wertete Luftbilder aus den Jahren 1973 und 1986 für den Ostteil des Zingster Stromes und den Nordwestteil des Barther Boddens aus und sprach von einem Rückgang der bewachsenen Fläche zwischen 1973 und 1986 um 33,5 %. BEHRENS (1982) hatte den Rückgang um 71,6 % geschätzt. Beide führten diese Entwicklung auf die Verschlechterung der Wasserqualität der Bodden zurück. Sie wird auch angezeigt durch die stärkere Entwicklung von *Potamogeton pectinatus* und *Cladophora glomerata*. Dabei bleibt jedoch zu beachten, daß große Schwankungen im Hinblick auf die Ausdehnung der besiedelten Areale auch durch Sedimentverlagerungen hervorgerufen werden können. So waren umfangreiche Decken von *Najas marina* aus dem Jahre 1970 ein Jahr später nur mosaikartig ausgebildet (LINDNER 1978). WALTER (1981) beschrieb eine völlige Versandung eines Charetum asperae nach einem Sturm in der Kirr-Bucht.

3.1.3 Produktionsbiologie

Mit der Produktionsbiologie der Boddenmakrophyten befaßten sich FESTERLING (1973), WALTER (1981) und BEHRENS (1982). Für den Barther Bodden berechnete FESTERLING (1973) die produzierte Frischmasse pro ha mit 49,93 t. Bei einer geschätzten Deckung (Besiedlungsdichte) von etwa 20% ergäbe das eine Gesamtproduktion von 14978,4 t Frischmasse pro Jahr. Für einige wichtige Makrophyten aus den Bodden gab FESTERLING die Durchschnittswerte der Produktionsmessungen wie folgt an:

			Nettoprod. ¹⁾	Resp.int. ¹⁾
Potamogeton pectinatus			5,03	1,07
Ruppia	spiralis		2,64	0,72
Zannichellia palustris				
var. <i>pedicellata</i>			2,84	1,41
Myriophyllum	spicatum		6,12	1,24
Chara tomentosa			2,19	0,73
Chara aspera			1,32	9,45
Enteromorpha intestinalis	2,76	-	6,30	0,65 - 3,83
Cladophora glomerata			0,5 - 4,86	0,3 - 0,72

¹⁾ mg O₂ g TM⁻¹h⁻¹

3.2 Das Mikrophytobenthos

3.2.1 Vorkommende Arten

Das Mikrophytobenthos der Darß-Zingster Boddenkette ist durch die Arbeiten von PANKOW und MARTENS (1973), KELL, MARTENS, PANKOW und RIESENWEBER (1975), PANKOW (1980), PODELLECK (1982) sowie PODELLECK und PANKOW (1986) gut bekannt.

In den Boddengebieten mischen sich in den Algenbeständen auf dem Sediment wie auch in den epiphytischen Belägen auf Makrophyten Süß- und Brackwasserarten entsprechend der Salinität des Wassers. Im Saaler Bodden dominieren Süßwasserarten; in den mittleren Bodden nehmen Brackwasserarten stark zu, und schließlich finden sich in östlichen Abschnitten nur noch wenige Süßwasserarten, dafür umso mehr Brackwasserarten und zunehmend mehr Ostseealgen, z.B. *Cylindrotheca closterium*. In diesem Bereich fällt auch die Artenzahl durch die starke Dezimierung der Süßwasserarten steil ab (vgl. KELL, MARTENS, PANKOW und RIESENWEBER 1975).

Ein auffälliger Artenwechsel ist bei Salzwerten um 5‰ zu registrieren. In den westlichen Bodden konnte im Sediment, auf Steinen und Holz u. a. die *Navicula salinarum* - *Amphora coffeaeformis*-Gesellschaft stets beobachtet werden, in der *Mastogloia braunii*, *M. smithii*, *Cocconeis scutellum*, *Brebissonia boekii*, *Entomoneis paludosa*, *Tropfdoneis lepidoptera* und *Campylodiscus clypeus*

wichtige Bestandsbildner sind. Eine Kieselalgenvegetation mit *Melosira juergensii* et var. *subangularis* (beide a-mesohalob) sind für die Bodden besonders charakteristisch. Diese Bestände gehen fließend in die *Diatoma elongatum-Synedra pu/chet/a*-Gesellschaft sowie in das Naviculatum cryptocephalae über (vgl. PAN-KOW 1980). An submersen Pflanzen (Characeae, *Potamogeton pectinatus*, *Ruppia*, *Zannichellia*, *Cladophora*) sowie an *Phragmites australis* dominiert das Cocconeidum placentulae.

3.2.2 Produktionsbiologie

Produktionsbiologische Untersuchungen führten TÄUSCHER (1976), KRAUSE (1977) und WASMUND (1979, 1983) durch. Produktionsbestimmende Arten sind u.a. *Diatoma elongatum*, *D. vulgare*, *Cocconeis placentula* incl. var. *euglypta*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Mastogloia smithii* incl. var. *amphicephala*, *Navicula gracilis* und *N. peregrina*. Als untere Verbreitungsgrenze gab TÄUSCHER (1976) eine Wassertiefe von 100 - 150 cm an. WASMUND (1983) bestimmte den Kompensationspunkt der benthischen Biozönose bei 100 - 120 cm Tiefe. Der optimale Produktionsbereich liegt zwischen 25 und 60 cm. Innerhalb des Sediments nimmt die Lichtintensität schnell ab. Die euphotische Zone umfaßt nur etwa die oberen 5 mm des Sediments.

Den Jahresgang der Produktion der Mikrophytobenthosalgen auf dem Sediment beschrieb WASMUND (1983). Nach der Eisschmelze kommt es zu einem schnellen Anstieg der Chlorophyll a-Konzentration und der Primärproduktionsraten im Sediment. Das Jahresmaximum der Primärproduktion, der Biomasse und meist auch des Chlorophyll a wird Ende Mai / Anfang Juni erreicht. Im Tagesverlauf ist die Bruttoproduktionsrate in der Regel mit der Globalstrahlung korreliert.

Unter Berücksichtigung der zeitlichen Veränderungen der Produktionsraten errechnete WASMUND (1983) für die untersuchte Station in der Kirr-Bucht (20 cm Tiefe) eine Bruttoproduktionsrate des epipsammischen Mikrophytobenthos für den Zeitraum von April bis Oktober von 75 g Kohlenstoff pro Quadratmeter.

Unter Hinzuziehung der vertikalen Komponente der räumlichen Abhängigkeit kann man aus diesem Wert für den Zeitraum von April bis Oktober eine Bruttoproduktion von $466 \cdot 10^6$ l O₂ bzw. 200 t C für den Barther Bodden errechnen.

Aus den Angaben bei KRAUSE (1977) errechnete WASMUND (1983) für das an Schilf angeheftete Mikrophytobenthos eine Bruttoproduktion von 34,9 g C und eine Nettoproduktion von 25,5 g C pro m² Substrat.

Geht man von der Angabe bei NUKLIES und PFÜLLER (1972) aus, wonach der Schilfgürtel im Barther Bodden eine Fläche von 31,82 ha einnimmt, erhält man für den Zeitraum von April bis Oktober für den Barther Bodden eine Bruttoproduktion des an Schilf angehefteten Mikrophytobenthos von 10,0 t C und eine Nettoproduktion von 7,3 t C.

WASMUND (1983) berechnete und verglich die Nettoproduktion verschiedener Pflanzengruppen des Barther Boddens im Zeitraum vom April bis Oktober:

Nettoproduktion im gesamten Barther Bodden

	in t C	in %
Phytoplankton	4570	95,0
epipsam.Mikrophytobenthos	160	3,3
Makrophytobenthos und epiphyt.Mikrophytobenthos	82	1,7
gesamt	4812	100,0

3.3 Der Verlandungsgürtel

Der Verlandungsgürtel der Darß-Zingster Boddenkette wurde 1972 von NUKLIES und PFÜLLER floristisch und soziologisch untersucht. Die Vegetation des Barther Boddens wird auf Karten dargestellt.

Die wichtigsten Pflanzengesellschaften sind das Scirpetum maritimi mit z.T. bemerkenswerten *Aster tripolium*-Vorkommen sowie das Scirpo-Phragmitetum, die von einer typischen Subassoziation zu einer solchen mit *Oenanthe lachenalii* und *Solarium dulcamara* und einer Variante mit *Glyceria maxima* variiert.

Über die wichtigsten Arten des Barther Boddens gibt es produktionsbiologische Daten.

Art	Ertrag (t Frischmasse)	Fläche (ha)
<i>Phragmitis australis</i>	31,80	1360,0
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	3,64	84,9
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	1,15	39,4
<i>Typha angustifolia</i>	0,60	36,8

Zusammenfassung

Die Pflanzengesellschaften des Makro- und Mikrophytobenthos wurden beschrieben. Ende der siebziger / Anfang der achtziger Jahre kam es in der Darß-Zingster Boddenkette zu einem bemerkenswerten Rückgang der Makrophytenbestände. Die Primärproduktion des Makro- und Mikrophytobenthos machte z.B. im Barther Bodden nur noch etwa 5% der Gesamt-Primärproduktion aus. Insbesondere die Characeen-Bestände verringerten sich zugunsten von *Potamogeton pectinatus* und *Cladophora glomerata*. Die Bewuchsgrenze im Barther Bodden

verringerte sich bis zum Ende der 80er Jahre auf nur 70 cm Tiefe. Eine der Ursachen könnte die Verschlechterung der Lichtbedingungen sein.

Literatur

- BEHRENS, J. (1982): Soziologische und produktionsbiologische Untersuchungen an den submersen Pflanzengesellschaften der Darß-Zingster Boddengewässer. Diss. Univ. Rostock.
- FESTERLING, E. (1973): Ökologische und produktionsbiologische Untersuchungen am Phyto-benthos der Darßer Boddengewässer. Diss. Univ. Rostock.
- FUKAREK, F. (1961): Die Vegetation des Darß und ihre Geschichte, Pflanzensoziologie 12, 1-321.
- HOPPE, E. (1967): Ein Beitrag zur Kenntnis der Vegetation der Boddengewässer südlich des Zingst und des Bocks (südliche Ostsee). Diplomarbeit Univ. Rostock.
- HOPPE, E. und H. PANKOW (1968): Ein Beitrag zur Kenntnis der Vegetation der Boddengewässer südlich der Halbinsel Zingst und der Insel Bock (südl. Ostsee). Natur Naturschutz in Meckl. 6, 139-151.
- JESCHKE, L. (1960): Die Vegetation der als Vogelschutzinsel geplanten Insel Oie im Barther Bodden. Naturschutzarbeit in Meckl. 3, 22-27.
- KELL, V., B. MARTENS, H. PANKOW und S. RIESENWEBER (1975): Die Mikroalgenbesiedlung der Darßer Boddengewässer (südliche Ostsee) - Artenliste. Wiss. Zeitschr. Univ. Rostock, Math.-nat. R., Jg.24, 725-734.
- KRAUSE, H. (1977): Produktionsbiologisch-ökologische Untersuchungen am Mikrophytobenthos im Zingster Strom der Darß-Zingster Boddenkette (südliche Ostsee). Diplomarbeit Univ. Rostock.
- LINDNER, A. (1972): Soziologisch-ökologische Untersuchungen an der submersen Vegetation in der Boddenkette südlich des Darß und des Zingst. Diss. Univ. Rostock.
- LINDNER, A. (1975): Katalog der submersen Makrophyten in der Boddenkette südlich des Darß und des Zingst unter Berücksichtigung der Autökologie produktionsbiologisch wichtiger Spezies. Wiss. Zeitschr. Univ. Rostock, Math.-nat. R., Jg. 24, 735-742.
- LINDNER, A. (1976): Verbreitungskarten der produktionsbiologisch wichtigen Makrophyten und Makrophytengesellschaften in der Boddenkette nördlich des Zingst und des Darß. Wiss. Zeitschr. W.- Pieck-Univ. Rostock, Math.-nat. R., Jg. 25, 263-265.
- LINDNER, A. (1978): Soziologisch-ökologische Untersuchungen an der submersen Vegetation in der Boddenkette südlich des Darß und des Zingst (südliche Ostsee). Limnologica 11, 229-305.
- NUKLIES, R. und G. PFÜLLER (1972): Soziologisch-ökologische Untersuchungen am Verlandungsstreifen der Darßer Boddenkette. Diplomarbeit Univ. Rostock.
- PANKOW, H. (1980): Die benthischen Kieselalpengesellschaften der Boddengewässer des Darß und des Zingst (südliche Ostsee). Wiss. Zeitschr. W.-Pieck-Univ. Rostock, Math.-nat. R., Jg. 29, 131-137.
- PANKOW, H. und B. MARTENS (1973): Die Beziehungen der Kleinalgenflora der Darßer Boddenkette (südliche Ostsee) zur Qualität dieser Gewässer. Wiss. Zeitschr. Univ. Rostock, Math.-nat. R., Jg. 22, 1147-1151.
- PODELLECK, R. (1982): Saprobologische Untersuchungen am Mikrophytobenthos der Darß-Zingster Boddengewässer. Diss. Univ. Rostock.
- PODELLECK, R. und H. PANKOW (1986): Saprobologische Untersuchungen der Kleinalgenflora in einem Brackgewässer (Darß-Zingster Boddenkette). Acta hydrochim. hydrobiol. 14, 135-151.
- TÄUSCHER, L. (1976): Ökologische Untersuchungen am Mikrophytobenthos im Zingster Strom der Darß-Zingster Boddenkette (südliche Ostsee). Diplomarbeit Univ. Rostock.
- TEUBNER, J. (1989): Quantitative und qualitative Erfassung submerser Makrophyten 1986/87 - Luftbildanalyse. Diplomarbeit Univ. Rostock.
- WALTER, T. (1981): Produktionsbiologische Untersuchungen an submersen Makrophyten unter Einsatz selbstregistrierender Meßgeräte. Diss. Uni. Rostock.

WASMUND, N. (1979): Produktionsbiologische Untersuchungen am Mikrophytobenthos des Sediments im Zingster Strom. Diplomarbeit Univ. Rostock.

WASMUND, N. (1983): Produktionsbiologisch-ökologische Untersuchungen am Mikrophytobenthos der Darß-Zingster Boddengewässer. Diss. Univ. Rostock.

Verfasser

Prof. Dr. Helmut Pankow
Universität Rostock
FB Biologie
18051 Rostock

Dr. Norbert Wasmund
Institut für Ostseeforschung
an der Universität Rostock
18119 Rostock