

Günter Jost; Gertraud Klinkenberg

Bakterien in der Darß-Zingster Boddenkette

Abstract

Bacteria play an important role in the pelagic environment of the Darß-Zingst lagoon, especially as the main pathway for dissolved organic compounds into the food web. Their biomass shows distinct seasonal and regional fluctuations. Despite their low biomass when compared to phytoplankton, estimates show that annual bacterial production demands more than 75% of the organic matter produced by primary production.

Bacterial concentration within the upper 3 cm of Sediments is about $10 \cdot 10^9$ bacteria $\cdot \text{cm}^{-2}$. This would correspond to bacterial concentrations equivalent to a water column of about 10 m. These considerations clearly indicate the need to investigate bacterial activities in the Sediments of this shallow water system.

Future activities in pelagic microbial foodweb studies should focus on quantification of loss processes due to bacterial populations and their regulation. The role of bacteriophages should be included in such studies.

1 Einleitung

Über die Bakterien liegen im Vergleich zu ihrer Bedeutung im Stoffkreislauf und Energiefluß in der Darß-Zingster Boddenkette im Gegensatz zu anderen Ökosystemkomponenten relativ wenig Untersuchungsergebnisse vor. Und diese konzentrieren sich fast ausschließlich auf die Rolle der Bakterien des Pelagials im Stoffkreislauf. Über die Bakterien im Sediment sind die Angaben eher sporadisch.

2 Material und Methoden

Es wird an dieser Stelle auf eine Beschreibung der einzelnen Methoden verzichtet da hier nur eine Zusammenfassung von Ergebnissen mikrobiologischer Untersuchungen in der Darß-Zingster Boddenkette vorgenommen wird. Die Methoden für die einzelnen Parameter sind in den Publikationen enthalten, aus denen die Originaldaten entnommen wurden.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Vorkommende Arten

Aufgrund der Schwierigkeiten, die Zusammensetzung natürlicher Bakterienpopulationen bis auf das Niveau einzelner Arten zu ergründen, verwendete man in den vergangenen drei Jahrzehnten den Ansatz der numerischen Taxonomie. Hierbei wurden dichotome Merkmalschlüssel für aquatische Bakterien entwickelt, die die Zuordnung von Bakterienisolaten zu größeren Gruppen erlaubten (vgl. BÖLTER 1977). Eine vollständige taxonomische Bestimmung der isolierten saprophytischen Bakterien ist nur für die Untersuchung spezifischer Fragestellungen gerechtfertigt. Mit den üblichen Plattenisolierungsmethoden bekommt man im Vergleich zur Direktzählung nur einen geringen Anteil der vorkommenden Bakterien als Kolonien. Dieser Anteil kann zwischen weniger als 0,1 und mehr als 20 % der Gesamtbakterienkonzentration schwanken.

Aufgrund der Selektivität der Nährböden muß man davon ausgehen, daß die Isolate nicht die Zusammensetzung der natürlichen Bakterienpopulation widerspiegeln. Deshalb soll an dieser Stelle nur ein Beispiel für eine derartige Untersuchung angeführt werden. SCHLEICHER (1982) untersuchte mehr als 300 Bakterienstämme, die im Juli 1981 aus dem Zingster Strom isoliert wurden, von denen sie 288 nach dem Schema von SHEWAN et. al. (1960) den folgenden Gruppen zuordnen konnte: 174 Flavobakterien (60,4 %), 34 Enterobakterien (11,9 %), 26 Mikrokokken (9%), 20 Actinomyceten (7 %), 9 Pseudomonaden (3,1 %), 9 Bacillus-Stämme (3,1 %), 8 Acinetobacter-Stämme (2,7 %), 3 Aeromonas-Stämme (1 %), 3 Lactobacillen (1 %) und 2 Vibrio-Stämme (0,8 %). Erwartungsgemäß überwogen die gramnegativen Bakterien im Pelagial mit 80%.

Während einer synoptischen Untersuchung im Juni 1979 wurden unter den saprophytischen Bakterien an 5 Stationen der Anteil der über verschiedene Exoenzymaktivitäten verfügenden Kolonien bestimmt (WESTPHAL et. al. 1980). Die Konzentration der saprophytischen Bakterien lag zwischen 55 und $105 \cdot 10^3$ Kolonien ml^{-1} . Dabei schwankten die Anteile der amylolytischen, proteolytischen und lipolytischen Bakterien mit 40-70 %, 30-55 % bzw. 18-45 %.

3.2 Biomasse

Die Bestimmung der bakteriellen Biomasse erfolgte über die Ermittlung der Zellkonzentration und der Umrechnung mit mittleren Biovolumina und entsprechenden Umrechnungsfaktoren von Biovolumen in Kohlenstoff (z.B. SOROKIN; KADOTA 1971). Es sei darauf verwiesen, daß durch mehrfache Umrechnungen und Übernahme von aus der Literatur bekannten Faktoren nur eine relative Genauigkeit der berechneten Kohlenstoffgehalte zu erwarten ist (BRATBAK 1985). Erste Konzentrationsangaben zu Bakterien im Pelagial der DZBK liegen von GUBSCH (1975) vor. Er fand durch Direktzählung (Erythrosinmethode) im inneren Teil des Gewässers Werte von $2,6 - 16,1 \cdot 10^6$ Zellen mr^{-1} (März - Oktober

1973). Zum Ausgang der Boddenkette Richtung Ostsee lagen deutlich niedrigere Konzentrationen ($0,3 - 1,4 \cdot 10^6$ Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$) vor. Die daraus kalkulierten Biomassen von $< 50 - 400$ gC l $^{-1}$ machten etwa ein Viertel der Zooplanktonbiomasse im Untersuchungszeitraum aus.

Während der synoptischen Untersuchung 1979 wurde eine Zunahme der mittleren Bakterienkonzentration vom Grabow bis zur Ribnitzer See um den Faktor 2 von 3,7 auf $7,6 \cdot 10^6$ Zellen $\cdot$ ml $^{-1}$ festgestellt (JOST und BALLIN 1980). Für diesen Untersuchungszeitraum gab es damit im Mittel eine gute Korrelation mit der Ermittlung der Konzentration saprophytischer Bakterien (s.o.).

Durch die Kopplung der Epifluoreszenzmikroskopie mit einem Bildverarbeitungssystem wird die Ermittlung des Bakterienvolumens jeder einzelnen gezählten Zelle möglich. So wurden die Biomassewerte ab 1990 über den Mittelwert des Biovolumens der gezählten Bakterien ermittelt.

1985 und 1986 wurden für einige wenige Sedimentproben der Kirr-Bucht und des nördlichen Barther Bodden (Salzhaken) die Bakterienkonzentrationen in den oberen 3 cm des Sedimentes bestimmt. Die Werte lagen im Bereich von $1 - 5 \cdot 10^9$ Zellen $\cdot$ cm $^{-3}$.

3.3 Kurzzeitvariabilität und Jahresgang

In dem von uns untersuchten Flachwasserbiotop kann es bereits bei geringem Windeinfluß zu einer Aufwirbelung von Sediment kommen. Solche Resuspensionen, aber auch andere Wasserbewegungen in diesem System führen dazu, daß es schnell zu Veränderungen des sich an einer Station befindlichen Wasserkörpers kommen kann. Das führt dazu, daß es auch bei relativ stabilen Parametern, wie z.B. der Bakterienkonzentration, zu starke Schwankungen zwischen zwei Probenahmeterminen oder zwischen den Proben zweier nahe beieinander liegender Stationen kommen kann. Variationen von über 100 % sind durchaus möglich (vgl. JOST 1984). Das gilt umso mehr für funktionelle Parameter.

Eine ausgeprägte Tagesperiodik von bakteriellen Parametern ließ sich nicht eindeutig nachweisen, wenngleich auch signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Meßzeitpunkten gefunden wurden.

Für die Jahre 1980 und 1981 liegen vom Zingster Strom zwei komplette Jahresgänge für die bakterielle Biomasse, Produktion und das heterotrophe Potential für Glucose vor (JOST 1984). Alle untersuchten mikrobiologischen Parameter zeigten einen deutlichen Jahresgang, am deutlichsten für die Bakterienbiomasse (s. Abb. 1). Dabei wurde die saisonale Abhängigkeit der Bakterienbiomasse mit einer einfachen Cosinusfunktion beschrieben, die bei einer Periodenlänge von einem Jahr für die Daten aus den Jahren 1980-82 ein Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,58$ ergab. Die Bakterienwerte aus den Jahren 1988 und 1990-92 liegen zum großen Teil innerhalb des Toleranzintervalles, so daß man

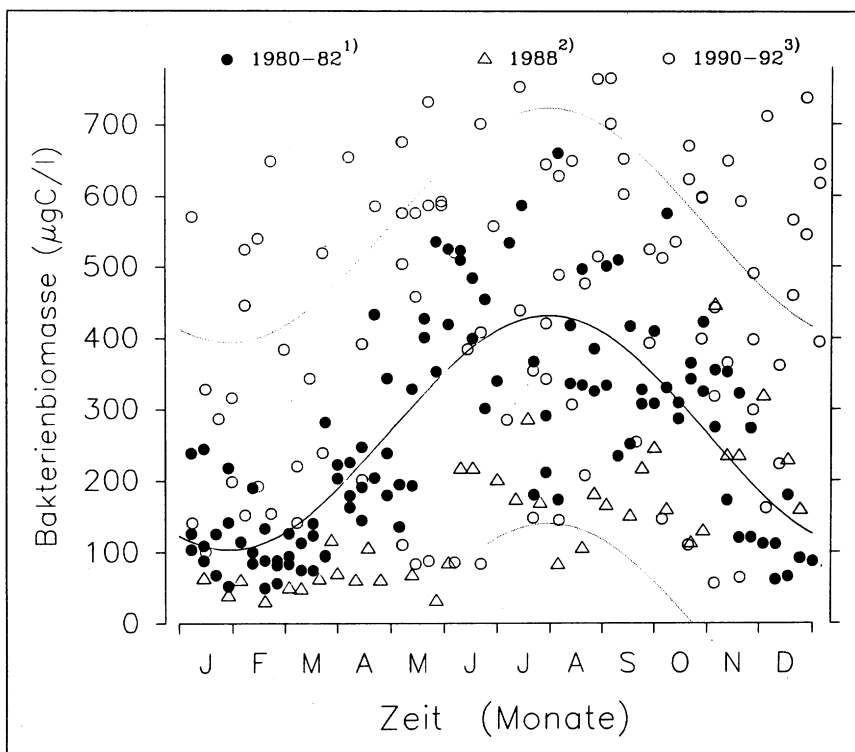


Abb. 1 Approximierte Cosinusfunktion für den jahreszeitlichen Verlauf der Bakterienbiomasse im Zingster Strom und deren 95%-Toleranzintervall, wobei die Bakterienkonzentrationswerte unter Verwendung eines mittleren Volumens $V = 0,15 \text{ m}^3 \cdot \text{Zelle}^{-1}$, der Dichte $= 1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ und dem Kohlenstoffanteil $C = 0,2 \cdot \text{FM}$ umgerechnet wurden.

¹⁾ JOST (1984); Werte wurden für die Approximation verwendet.

²⁾ PRENA (1990); ³⁾ KLINKENBERG (unveröffentlicht).

für diese untersuchten Zeiträume von keiner deutlichen Veränderung des Charakters der Station hinsichtlich der Bakterienbiomasse ausgehen kann. Es deutet sich jedoch an, daß die Bakterienbiomassen vor allem im Zeitraum 1990-92 stärker variierten (KLINKENBERG unveröff.).

Aufgrund der Bimodalität der Häufigkeitsverteilung der Werte wurden die Winter- und Sommerwerte getrennt (JOST 1984, 1991). Für alle ergaben sich signifikante Unterschiede. Besonders erwähnenswert sind die niedrigeren medianen Bakterienzellvolumen im Sommerhalbjahr.

Tabelle 1 Medianwerte einiger ausgewählter mikrobiologischer Parameter aus den Jahresgängen 1980/81

Parameter	Winterhalbjahr	Sommerhalbjahr
Bakterienbiomasse ($\mu\text{gC} \cdot \text{l}^{-1}$)	180	390
bakterielle Produktion ($\text{mgC} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)	80	350
V_{max} -Glucoseaufnahme ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	1,5	6,5
Turnoverzeit der Glucose (h)	2,5	0,8

Die bakterielle Produktion wurde damals mit der CO_2 -Dunkelfixierung nach ROMANENKO (1964) als Nettoproduktion bestimmt. Spätere Produktionsbestimmungen über die Thymidininkorporation kommen zu ähnlichen Werten. Allerdings wurden dabei bisher eher konservative Umrechnungsfaktoren aus der Literatur verwendet.

Aus dem Zusammenhang zwischen der maximalen Aufnahmerate für Glucose und der Bakterienkonzentration leiteten JOST und BALLIN (1984) den Wert für die biotopspezifische maximale Bakterienkonzentration ab. Er betrug $22 \cdot 10^6$ Zellen $\cdot \text{ml}^{-1}$. Spätere Daten (z.B. SCHUMANN 1993) zeigten, daß kurzzeitig wesentlich höhere Bakterienabundanzen auftreten können.

3.4 Funktion

Die unter dem Gesichtspunkt der Produktionsbiologie vorgenommenen Untersuchungen im Bereich der Bakterien belegen ihre wichtige Rolle im Ökosystem Darß-Zingster Boddenkette. Die Größe der bakteriellen Sekundärproduktion liegt häufig deutlich über 50 % der Primärproduktion. Die im gesamten Jahr niedrigen Turnoverzeiten für Glucose lassen auf eine enge Kopplung zwischen der Bereitstellung bzw. Nachlieferung leicht verwertbarer organischer Verbindungen und deren Nutzung durch die Bakterien schließen. Das illustriert sehr deutlich die Funktion der bakteriellen Produktion, die in der Nutzbarmachung dieser aus verschiedensten Quellen stammenden gelösten organischen Substanzen für andere partikuläre Nahrung benötigende Organismen (Flagellaten, Ciliaten, Rotatorien, usw.) besteht. Die Produktion der chemoorganotrophen Bakterien dürfte danach im wesentlichen durch die zur Verfügung stehenden DOC-Quellen limitiert werden, während bakterivore Organismen, vor allem Flagellaten, Ciliaten und teilweise Rotatorien die Bakterienkonzentration über Grazing regulieren (z.B. JOST et al. 1992).

Aus den Analysen über den Zusammenhang zwischen den untersuchten mikrobiologischen Parametern und abiotischen Ökosystemparametern, die eine deutliche Abnahme der gefundenen signifikanten Korrelationen vom Winterhalbjahr zum Sommerhalbjahr zeigen, schließen wir auf eine deutlich größere Bedeutung biotischer Wechselwirkungen im Sommerhalbjahr. Im Winterhalbjahr übt vor allem die Temperatur einen dominierenden Einfluß auf die Bakterien aus (JOST 1984, 1991).

Zusammenfassung

Die Bakterien spielen im Pelagial des Ökosystems Darß-Zingster Boddenkette eine wichtige Rolle, indem sie durch die hauptsächliche Nutzung des Pools der gelösten organischen Substanzen diese wieder dem Nahrungsgefüge zuführen. Ihre Biomasse unterliegt deutlichen jahreszeitlichen und regionalen Veränderungen. Trotz der im Verhältnis zum Phytoplankton geringen Biomasse zeigen Hochrechnungen, daß für die bakterielle Jahresproduktion mehr als 75 % der durch das Phytoplankton produzierten organischen Substanz notwendig ist.

Vergleicht man die Bakterienkonzentrationen von Wasser- und Sedimentproben, so sind bereits innerhalb der obersten 3 cm des Sedimentes etwa $10 \cdot 10^9$ Bakterien cm^{-2} zu finden. Das entspräche der Bakterienkonzentration in einer Wassersäule von etwa 10 m. Damit möchten wir auf die Bedeutung von zukünftig notwendigen Untersuchungen der bakteriellen Aktivitäten in den Sedimenten dieses Flachgewässers hinweisen.

Innerhalb der Untersuchungen des mikrobiellen Nahrungsgefüges im Pelagial sollte das Hauptaugenmerk im Hinblick auf die Bakterien auf der Quantifizierung und Regulation verschiedener Verlustprozesse für die Bakterienpopulationen liegen. Hierbei sollte auf jeden Fall auch der Verlust durch Bakteriophagen mit berücksichtigt werden.

Literatur

- BRATBAK, G. (1985). Bacterial biovolume and biomass estimations. *Appl. Environ. Microbiol.* 49: 1488-1493
- BÖLTER, M. (1977). Numerical taxonomy and character analysis of saprophytic bacteria isolated from the Kiel Fjord and the Kiel Bay. *Ecological Studies* 25: 138-147
- GUBSCH, G. (1975). Bestimmung der Gesamtbakterienzahl in Brackwässern durch Direktzählung auf Membranfiltern. *Acta hydrochim. hydrobiol.* 3: 87-90
- JOST, G. (1984). Zur Struktur und Funktion der Bakterien im Pelagial eines flachen eutrophen Ostsee-Ästuars. Diss., W.-Pieck-Univ. Rostock
- JOST, G. (1991). Annual changes in some bacteriological Parameters of a eutrophic estuary in the Southern Baltic Sea. *Kieler Meeresforsch. Sonderh.* 8: 34-41
- JOST, G.; BALLIN, G. (1980). Bestimmung der Bakterienzahl und Abschätzung der Bakterienbiomasse in der Darß-Zingster Boddenkette. *Wiss. Z. W.-Pieck-Univ. Rostock, Math-nat. R.* 29: 87-89
- JOST, G.; BALLIN, G. (1984). Seasonal changes in bacteriological Parameters at a Station in the chain of shallow waters (boddens) south of the Darss-Zingst Peninsula (South Baltic). *Limnologia (Berl.)* 15: 597-603

- JOST, G.; KLINKENBERG, G.; SPITTLER, P. (1992). Bacteria between grazing pressure and organic carbon limitation. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 37: 233-240
- PRENA, A. (1990). Zur Bedeutung heterotropher Protozoen im Nahrungsgefüge des Zingster Stromes (Darß-Zingster Boddenkette). Diss., Universität Rostock
- ROMANENKO, V. I. (1964). Geterotrofnaja assimiljacija CO₂ bakterial'noj firoj vody. Mikrobiologija 33: 679-683
- SCHLEICHER, A. (1982). Taxonomisch-ökologische Untersuchungen an Bakterienstämmen der Darß-Zingster Boddenkette. Diplomarbeit, Sektion Biologie, W.-Pieck-Univ. Rostock
- SCHUMANN, R. (1993). Zur Rolle des Pico- und Nanoplanktons im mikrobiellen Nahrungsgefüge der Darß-Zingster Boddenkette. Diss., Univ. Rostock
- SHEWAN, J. M.; HOBBS, G.; HODGHISS, W. (1960). The Pseudomonades, and Achromobacter-groups of bacteria in the spoilage of marine white fish. J. Appl. Bact. 23: 463-468
- SOROKIN, J. I.; KADOTA, H. (1972). Techniques for the assessment of microbial production and decomposition in fresh waters. IBP Handbook No. 23, Oxford
- WESTPHAL, H.; BALLIN, G.; JOST, G. (1980). Mikrobiologische Untersuchungen in der Darß-Zingster Boddenkette. Wiss. Z. W.-Pieck-Univ. Rostock, Math-nat. R. 29: 91-93

Verfasser

Dr. Günter Jost
Institut für Ostseeforschung
an der Universität Rostock
18119 Rostock

Dr. Gertraud Klinkenberg
Universität Rostock
FB Biologie
18051 Rostock