

Veränderungen der Fischdichte in der flachen SW-Ostsee im Laufe von 20 Jahren

Alterations of fish density in the shallow SW Baltic Sea during the course of 20 years

C. Dieter ZANDER

Biozentrum Grindel und Zoologisches Museum, Universität, Martin-Luther-King-Platz 3, D-20146 Hamburg, cedezet@zoologie.uni-hamburg.de

Zusammenfassung: Im Laufe von 20 Jahren wurde die Fischfauna vor Dahmeshöved (Lübecker Bucht, SW-Ostsee) beobachtet, vergleichende Untersuchungen wurden während vier Jahren in der Kieler Bucht durchgeführt. Die Häufigkeiten wurden mithilfe einer Abundanzschätzung erfasst, wobei sechs Abundanzstufen verwendet wurden. Im Jahresdurchschnitt dominierten in der Fischgemeinschaft deutlich sechs Grundel-Arten, während die übrigen 18 Arten höchstens moderate (*Zoarces viviparus*), meistens aber seltene Abundanzen erreichten. In der Kieler Bucht wurden 16 Fischarten beobachtet, unter denen wiederum die Grundeln dominierten. Während der 20 Jahre nahmen die durchschnittliche Artenzahl und die Diversität ab. Im Frühjahr waren die Abundanzen der Grundeln am geringsten, im Sommer am höchsten, wobei *Pomatoschistus minutus* und *Gobiusculus flavescens* die häufigsten waren; nur bei *Pomatoschistus pictus* lag die höchste Abundanz im Herbst. Auf den Sandböden dominierte *Pomatoschistus minutus*, während auf den flachen Hartböden *Gobius niger* und *Gobiusculus flavescens*, auf den tieferen Hartböden *G. flavescens* und *P. pictus* dominierten. Damit konnten die Zeit- und Habitatsdimensionen der ökologischen Nische der Grundeln unterschieden werden. Der Rückgang von Artenzahl und Diversität sowie das Verschwinden einzelner Arten während der Untersuchungszeit wird unter dem Hintergrund der Erhöhung der Wassertemperatur und dem Einfluss von Verschmutzungsfaktoren diskutiert.

Schlüsselwörter: Abundanz, Artenzahl, Diversität, Habitate, Jahreszeiten.

Summary: During the course of 20 years the benthic and suprabenthic fish fauna off Dahmeshöved (Lübeck Bight, SW Baltic Sea) was observed. As a comparable location Blank Eck, Kiel Bight, was chosen for an investigation time of four years. The frequency was registered by estimating the presence of fish species and assigning it to six levels of abundance. Within the fish community of Dahmeshöved the goby species (six) clearly dominated in every of the 20 years whereas the other 18 species attained at most moderate (*Zoarces viviparus*) but mostly rare appearance. In Kiel Bight, 16 fish species were observed of which the gobies dominated, too. During the 20 years of investigation the species richness as well as the diversity decreased. The abundance of gobies increased from spring to summer when *Pomatoschistus minutus* and *Gobiusculus flavescens* dominated. In autumn abundance decreased slightly, only *Pomatoschistus pictus* attained its maximum in this season. The preferred habitats of gobies were clearly marked by their abundance because *Pomatoschistus minutus* dominated on sand bottoms whereas *Gobius niger* and *Gobiusculus flavescens* (the only suprabenthic goby) were on the hard bottoms most abundant. *Pomatoschistus pictus* preferred the deeper hard grounds. Thus, it was possible to discriminate the time as well as the habitat dimensions of the ecological niche of gobies. The decrease of species richness and diversity and the disappearance of single species during the observation time was discussed under regard of increasing water temperatures and pollution factors.

Key words: Abundance, species richness, diversity, habitats, seasons.

1. Einleitung

Die Struktur von Lebensgemeinschaften unterliegt meistens einem natürlichen Wandel in Form von Sukzessionsvorgängen. Diese streben entweder einem Endpunkt, dem Klimax, zu, an dem die Artendiversität hoch ist und die ganze Produktion durch die Respiration verbraucht wird. Oder sie kehren in Form des Mosaik-Zyklus' regelmäßig zu einem bestimmten Ausgangspunkt zurück, um danach eine neue Abfolge zu beginnen. Eine entgegengesetzte Entwicklung ist die Folge vieler menschlicher Einflüsse, bei denen die Artendiversität abnimmt, die Populationsdichte aber zunimmt. Der Grad dieser Abnahme spiegelt dann die Stärke der menschlichen Beeinflussung wieder. Der negative Endpunkt wäre Artenarmut, die mit niedriger Populationsdichte gekoppelt wäre, solche Lebensgemeinschaften kommen unter sehr extremen Bedingungen vor und sind vom Aussterben bedroht.

Die Ostsee als Brackwassermeer unterliegt dem Stress eines verminderten und oft wechselnden Salzgehalts, zudem nimmt dieser von West nach Ost kontinuierlich ab und erreicht limnisches Niveau am Ende der Bottnischen und Finnischen Meerbusens. Diesen Bedingungen haben sich die Organismen seit ca. 8000 Jahren anpassen können, so dass sich eine ausgewogene Lebensgemeinschaft entwickeln konnte. Ihre Elemente sind euryhaline Organismen mariner und limnischer Herkunft, echte Brackwasserarten, ana- und katadrome Wanderformen und sog. Eiszeitrelikte (REMANE 1958).

Im Gegensatz zum Stressor Salzgehalt ist in der Ostsee als vom Menschen bedingte Störung besonders die Eutrophierung zu nennen, die in relativ kurzer Zeit erfolgte, so dass sich die Organismen genetisch nicht haben anpassen können. Die Eutrophierung der Ostsee ist immer noch auf einem hohen Niveau (HELCOM 1993, LOZAN et al. 1996), obwohl inzwischen die Zahl der Kläranlagen in den Anrainerstaaten größer geworden ist. Daher erscheint ein Zeitraum von 20 Jahren, wie in den vorliegenden Untersuchungen abgedeckt, nur bedingt

ausreichend, um Strukturveränderungen in einer Gemeinschaft zu erfassen. Weil allerdings Langzeituntersuchungen in solchem Umfang nicht bekannt sind, soll hier eine derartige Analyse mit benthischen und suprabenthischen Fischen vorgestellt werden.

Die Untersuchungsstelle liegt in der Lübecker Bucht, SW-Ostsee, die dort ein brackiges Milieu von 8-15 ‰ Salzgehalt aufweist. Dabei wurden die Abundanzen der auftretenden Fische von Frühjahr bis Herbst 1987-2006 geschätzt. Diese Methode erwies sich als einfacher als die Bestimmung der Fischdichte, wie sie beim „Visual Census“ (z.B. JANSSON et al. 1985) verwendet wird. Die genauen Zahlen der Fische werden besonders für Nahrungs- und Produktionsuntersuchungen wichtig (ZANDER 1994, ZANDER & HAGEMANN 1986, 1987, 1989). Für eine reine Analyse der Häufigkeiten erscheint eine halbquantitative Zählung mithilfe von Stufen der Abundanz, bei der die Dominanzen von Arten bewertet werden, vollkommen ausreichend; diese Methode wurde schon erfolgreich bei Riffischen von Galapagos angewendet (ZANDER 2006).

Daher verfolgen die vorliegenden Untersuchungen folgende Ziele: Es soll festgestellt werden, ob einschneidende Änderungen während der Abfolge von 20 Jahren in Hinsicht auf abiotische Faktoren wie Temperatur und Salzgehalt, Artenzusammensetzung und Dichte der Fischfauna sowie ihrer Diversität zu bemerken sind. Ferner werden Analysen des jeweiligen saisonalen Auftretens der Grundeln und deren Bindung an bestimmte Habitate durchgeführt und ergänzen somit die Nahrungsdimension der ökologischen Nische (PIANKA 1994), die bei Grundeln bereits früher analysiert wurde (ZANDER 1994). Die Ergebnisse sollen daher auch einen Beitrag zur ökologischen Verbreitung der Fischfauna an der flachen Küste der Ostsee leisten.

2. Material und Methoden

Als Untersuchungsstelle wurde das Sublitoral von Dahmeshöved an der nördlichen Grenze der Lübecker Bucht ausgesucht und während

der Jahre 1987-2006 einer intensiven Beobachtung der benthischen und suprabenthischen Fischfauna unterzogen. In den Jahren 1992-1995 wurde die Station Blank Eck westlich von Heiligenhafen, östliche Kieler Bucht, für vergleichende Untersuchungen einbezogen. Letztere Station weist einen höheren Salzgehalt (13-16 ‰, ZANDER & KESTING 1996) als Dahmeshöved (Abb. 1) auf. Die Arbeiten umfassten monatliche Beobachtungen der Fische mit Einordnung in sechs Abundanzstufen: 1 = selten, 2 = wenig, 3 = moderat, 4 = häufig, 5 = viel,

6 = massenhaft. Solche Abundanzschätzungen wurden mindestens monatlich mit Hilfe von Tauchgeräten von April oder Mai bis Oktober oder auch November eines Jahres durchgeführt. Diese wurden auf ein Jahr gemittelt, bei den Grundeln zusätzlich jeweils in drei Jahreszeiten zusammengefasst: Frühjahr von April bis Juni, Sommer von Juli bis September und Herbst von Oktober bis zum Rest des Jahres. Ebenfalls bei den Grundeln wurde eine Analyse von fünf Habitaten vorgenommen: Sandgründe bis 3 m sowie mehr als 3 m Wassertie-

a

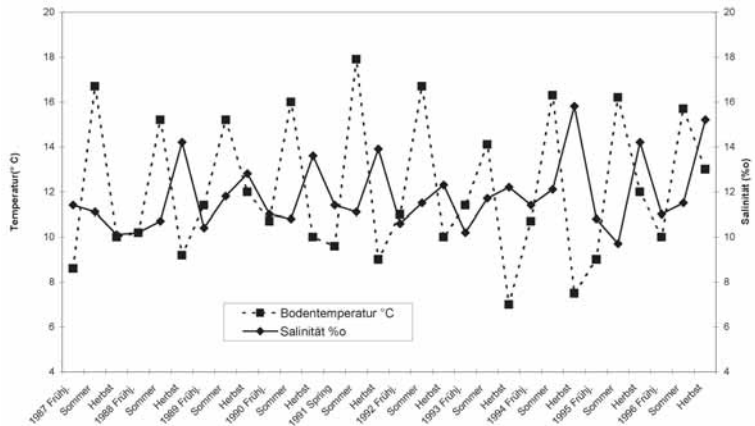


Abb. 1 a und b: Jahreszeitliche Schwankungen von Temperatur und Salzgehalt während 20 Jahren in Dahmeshöved; **a** Werte von 1987-1996; **b** Werte von 1997-2006.

b

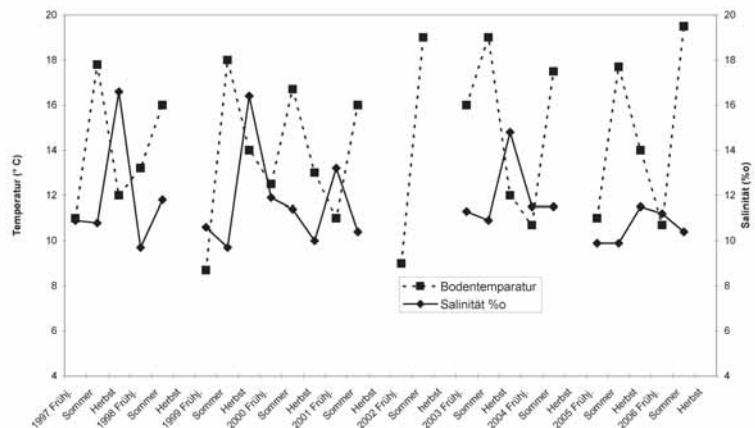


Fig. 1 a and b: Seasonal alterations of temperature and salinity during a course of 20 years in Dahmeshöved; **a** values of the years 1987-1996; **b** values of the years 1997-2006.

fe, eine Mole in 3 m, Geröllgründe in 3-6 m sowie mehr als 6 m Wassertiefe (bis 8 oder 9 m). Zusätzlich wurden Temperatur und Salzgehalte gemessen und für die jeweiligen Jahreszeiten gemittelt. Als ökologische Parameter wurden die Artenzahl „S“, die Diversität „Hs“ (nach SHANNON-WIENER) und die Evenness „J“ sowie die Standardabweichungen von allen Jahres- bzw. Saison-Mittelwerten berechnet. Schließlich wurden Regressionsgeraden für die S- und Hs-Werte während der 20 Untersuchungsjahre erstellt. Die Wahrscheinlichkeit ergab sich aus STUDENT's t-Test.

3. Ergebnisse

Der Jahresgang der Durchschnittstemperaturen beginnt mit tiefen Werten im Frühjahr und endet mit ähnlichen Werten im Herbst (im Winter fanden keine Messungen statt) (Abb. 1). Die mittleren Temperaturen erreichten im Sommer 16-19 °C, nur selten weniger (z.B. Sommer 1993: 14 °C). Auffällig war, dass zwischen 1987 und 1999 nur vier Mal 18 °C, aber in den Jahren 2002

bis 2006 zwei Mal 18 °C und sogar drei Mal 19 °C erreicht wurden. Die Differenzen zwischen den Durchschnittstemperaturen des Sommers und den beiden anderen Jahreszeiten konnte bis zu 10 °C (2002) betragen. Im Frühjahr lagen die mittleren Temperaturen oft unter 10 °C, am tiefsten mit 8 °C im Jahr 1999. Im Herbst konnten die Werte sowohl tiefer als auch höher als im Frühjahr sein, am niedrigsten waren sie mit 7 °C in den Jahren 1993 und 1994 (Abb. 1).

Der mittlere Salzgehalt konnte in den drei Jahreszeiten zwischen 9 und 16 ‰ schwanken, wobei – gegenläufig zur Temperatur – im Sommer die niedrigsten, im Herbst aber die höchsten Werte gemessen wurden (Abb. 1). Die Salinität ähnelte im Frühjahr der des Sommers mit meistens 10-13 ‰, Werte unter 10 ‰ wurden 1995, 1999 und 2002 gemessen. Die höchsten mittleren Salzgehalte erreichten mehr als 16 ‰ im Herbst 1997 und 1999. Allerdings wurde bei diesem Faktor – anders als bei der Temperatur – kein Trend während der 20 Jahre festgestellt.

Unter den Fischen zeigen die Grundeln die höchste Abundanz, unter denen *Pomatoschistus*

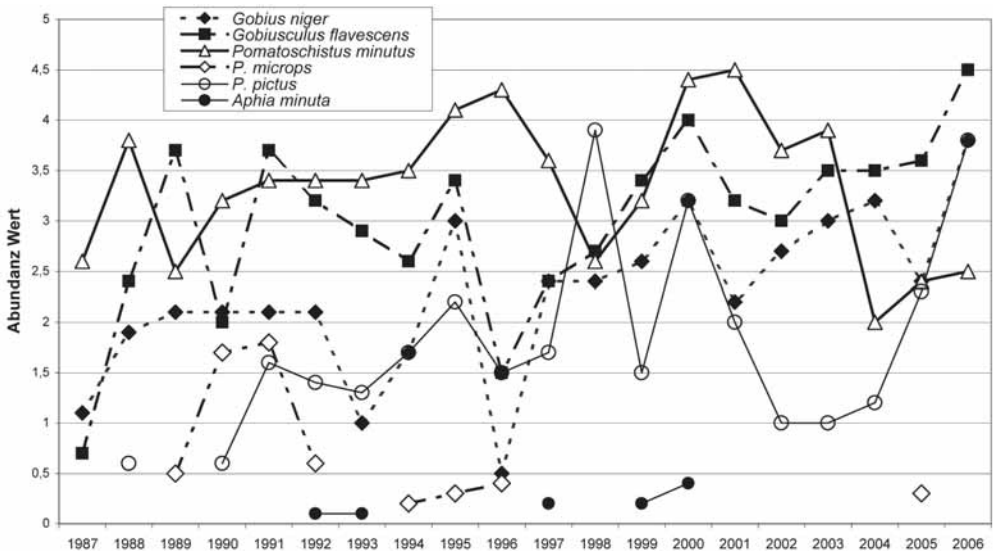


Abb. 2: Schwankungen der Abundanz von sechs Grundel-Arten in Dahmeshöved während des Zeitraums von 20 Jahren. 48 der 83 Grundelabundanz (= 57 %) weisen eine Standardabweichung auf, die geringer als der Mittelwert ist.

Fig. 2: Alterations of the abundance of six goby spp. in Dahmeshöved during a course of 20 years. 48 of 93 abundance values (= 52 %) present standard deviations which are lower than the mean.

minutus und *Gobiusculus flavescens* im gesamten Zeitraum dominierten (Abb. 2). Dagegen zeigten *Gobius niger* und *Pomatoschistus pictus* einen ansteigenden Trend der Werte, während *Pomatoschistus microps* und besonders *Aphia minuta* keine große Rolle spielten. Von beiden Blennioiden-Arten war anfangs nur *Zoarces viviparus* regelmäßig vertreten, später aber nur sporadisch (Abb. 3). *Pholis gunellus* war bis 1990 zwar selten, aber in jedem Jahr, später allerdings nur noch in wenigen Jahren vertreten. Regelmäßig, aber in ebenfalls niedriger Abundanz wurde bis 1992 *Gasterosteus aculeatus* gefunden, danach auch nur noch sporadisch. Während *Spinachia spinachia* nur fünfmal beobachtet wurde, ähnelte das Auftreten von *Syngnathus typhle* dem von *G. aculeatus* (Abb. 3). Weitere fünf Fischarten aus verschiedenen Gruppen waren unregelmäßig und in geringer Abundanz beobachtet worden (Abb. 4). Unter diesen war *Taurulus bubalis* noch am häufigsten (13 Mal) vertreten, bis 1994 sogar noch jedes Jahr. Unter den Plattfischen war *Pleuronectes flesus* immerhin in zehn Jahren, *Rhombus maximus* in acht, aber *P. platessa* nur in vier Jahren beobachtet worden. Der Labride *Cteno-*

labrus rupestris wurde in sieben Jahren gefunden (Abb. 4). Weitere acht Fischarten konnten nur in weniger als vier Jahren nachgewiesen werden: *Gadus morhua*, *Pungtius pungtius*, *Pleuronectes limanda*, *Cyclopterus lumpus*, *Agonus cataphractus*, *Centrolabrus exoletus*, *Perca fluviatilis* und *Conger conger*.

Somit wurden insgesamt 24 Fischarten während der 20 Untersuchungsjahre festgestellt, die meisten in den Jahren 1988 (17 Arten), 1992 (16), und 2000 (14) (Abb. 5). Ein deutlicher Trend mit abnehmenden Werten konnte in einer negativen Regression bestätigt werden ($r = -0,61$). Den gleichen Trend dokumentieren auch die Diversitätswerte (H'), die zwischen 2,15 (1988) und 1,33 (2001) variierten (Abb. 6), aber nicht immer mit den Werten der Artenzahlen korrespondieren ($r = -0,93$). Die entsprechenden Evenness-Werte liegen in 19 Jahren über 0,7, nur 2000 bei 0,63.

Die saisonale Abundanz während der 20 Jahre konnte bei den Grundeln verfolgt werden, wobei die äußerst seltene *Aphia minuta* vernachlässigt wurde. Die mittlere Abundanz war generell im Sommer am höchsten, im Frühjahr

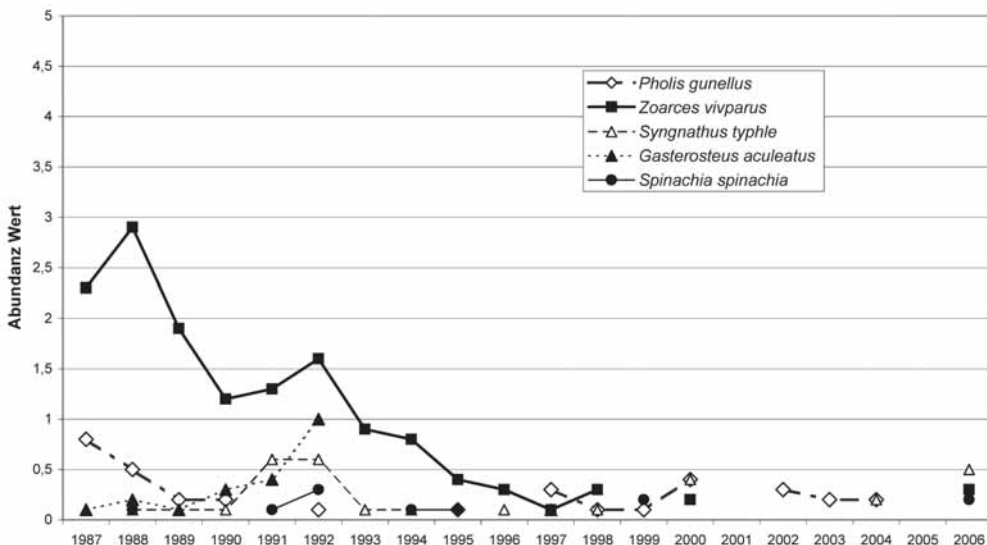


Abb. 3: Schwankungen der Abundanz von zwei Blennioidei- und vier Gasterostiformes-Arten während eines Zeitraums von 20 Jahren.

Fig. 3: Alterations of the abundance of two blennioid and four gasterosteiform species in Dahmeshöved during a course of 20 years.

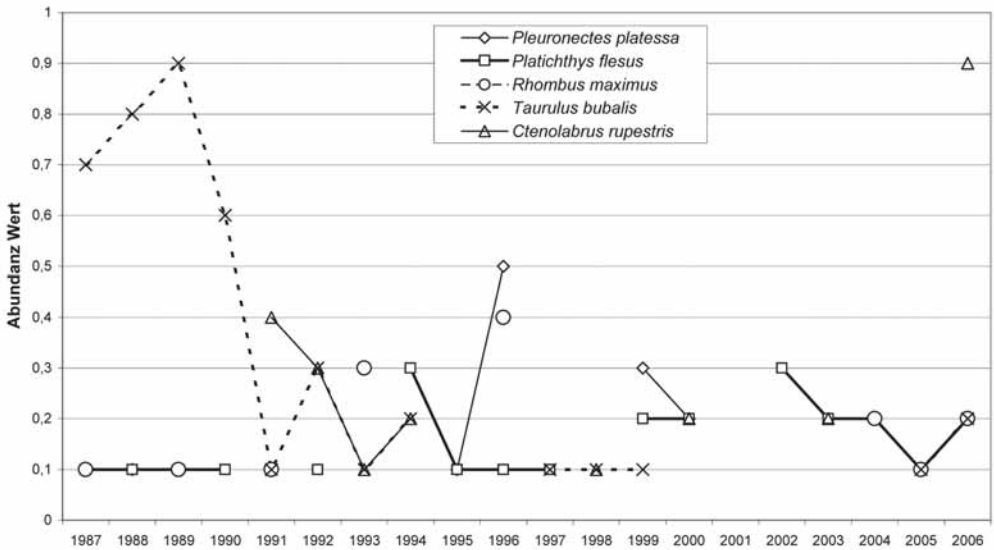


Abb. 4: Schwankungen der Abundanz von drei Pleuronectiformes- und zwei andere Fischarten während eines Zeitraums von 20 Jahren.

Fig. 4: Alterations of the abundance of three pleuronectiform and and two other fish species in Dahmeshöved during a course of 20 years.

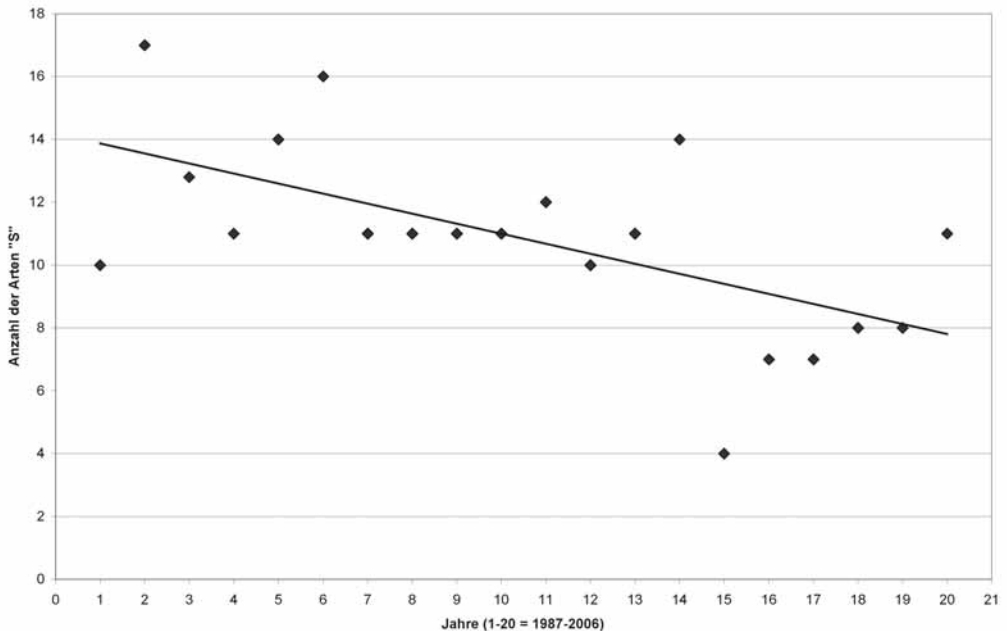


Abb. 5: Zahl der in Dahmeshöved gefundenen Fischarten während der Zeit von 1987-2006 mit Darstellung der Regressiongeraden: $y = 14,1 - 0,31x$, $r = -0,61$.

Fig. 5: Species richness of fish species found in Dahmeshöved during 1987-2006 presenting also the regression line: $y = 14,1 - 0,31x$, $r = -0,61$.

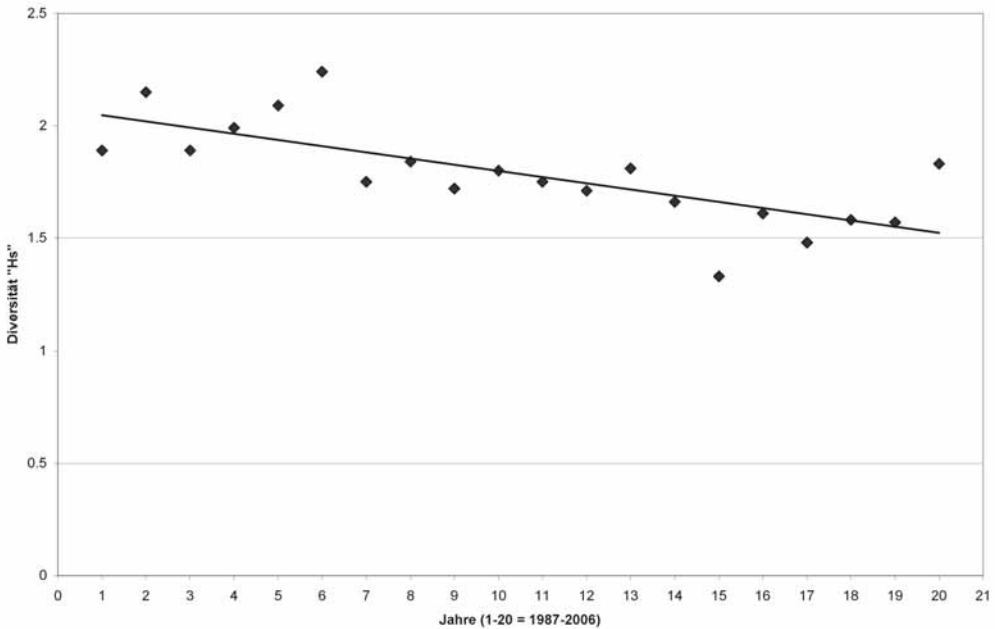


Abb. 6: Diversität der vor Dahmeshöved gefundenen Fischarten während der Zeit von 1987-2006 mit Darstellung der Regressionsgeraden: $y = 2,09 - 0,03x$, $r = -0,93$.

Fig. 6: Diversity of fish species found in Dahmeshöved during 1987-2006 presenting also the regression line: $y = 2.09 - 0.03 x$, $r = -0.93$.

am geringsten (Abb. 7a-c); zu dieser Zeit erreicht nur *P. minutus* Stufe 3 (= moderat), während die anderen Arten meistens unter Stufe 1 (= selten) bleiben. Ausnahmen sind nur *P. pictus* mit der höchsten Abundanz im Herbst und *P. microps* mit der niedrigsten Abundanz in der gleichen Jahreszeit. Durchschnittswerte von > 4 (= häufig) wurden von *G. flavescens* und *P. minutus* im Sommer erreicht. Die Rolle von *P. microps* mit einer Abundanz von < 1 in allen Jahreszeiten ist dagegen unbedeutend. Die Varianzanalyse bestätigt die Inhomogenität ($p < 0,025$).

Von 1991 bis 2000 war auch eine Analyse der Abundanz von Grundeln (außer *Aphia minuta*) in verschiedenen Habitaten möglich, die jeweils in zweimal fünf Jahren zusammengefasst wurden (Abb. 8). Während am flachen und tieferen Sandboden *P. minutus* dominierte, wurden die Felsgründe von *G. flavescens* und teilweise noch von *P. pictus* und *G. niger* beherrscht. *P. minutus* war dort nur selten vertreten, ebenso *P. microps*. Auffallend war, dass die Abundan-

zen in den Jahren 1996-2000 gegenüber der vorhergehenden Periode (Abb. 8a) rückläufig waren, *P. microps* wurde später gar nicht mehr nachgewiesen (Abb. 8b). Die Varianzanalyse bestätigt auch diese Inhomogenität ($p < 0,025$).

Ein ähnliches Bild wie in Dahmeshöved ergaben die Beobachtungen in Blank Eck, Kieker Bucht (Abb. 9). Hier konnten drei Jahrgänge, 1992, 1993 und 1994, mit 1995 kombiniert analysiert werden. Unter insgesamt 16 Fischarten dominierten wiederum die Grundeln, die höchsten Werte erreichten *G. flavescens* und *P. minutus* mit Stufe 3 (= moderat) und mehr. Die Werte von *G. niger* und *P. pictus* wechselten stark zwischen 0,7 und 2,9. Andere Arten wie *Zoarces viviparus* und *Ctenolabrus rupestris* übertrafen nur manchmal die Stufe 1 (= selten), weitere Fische traten noch seltener auf (Abb. 9). Bezeichnenderweise war *Z. viviparus* 1995/6 nicht mehr vertreten. Die Unterschiede zwischen Blank Eck und Dahmeshöved sind in den Jahren 1992-1994 signifikant ($p < 0,001$, $< 0,05$ bzw. $< 0,01$).

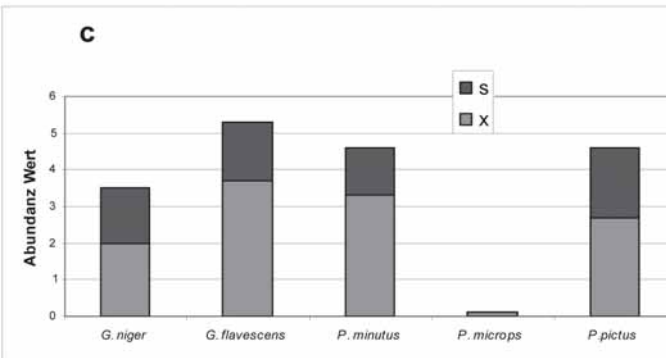
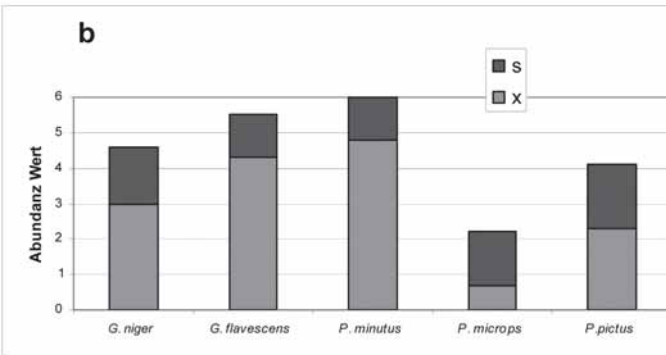
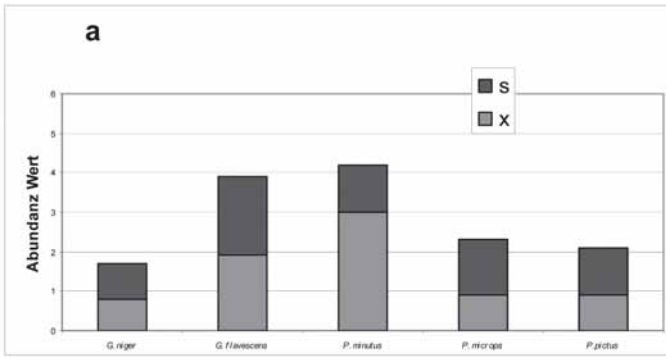


Abb. 7 a-c: Veränderungen der Abundanzen von fünf Grundelarten im Laufe der Jahreszeiten. m = Mittelwert, s = Standardabweichung. **a** Frühjahr; **b** Sommer; **c** Herbst.

Figs. 7 a-c: Alterations of the abundance of five goby species during different seasons. m = mean, s = standard deviation. **a** spring; **b** summer; **c** autumn.

4. Diskussion

Die Methode der Abundanzschätzung, wie sie hier und schon in Galapagos (ZANDER 2006) verwendet wurde, ist gut geeignet, die Häufigkeit von Fischen in einer Gemeinschaft zu analysieren. Sie ist zwar auf die Hilfe von Tauchgeräten angewiesen, aber anders als beim „Visual Census“ (BAGGE et al. 1975, JANSSON et al.

1985) nicht abhängig von einer zeitraubenden Auslegung von Messleinen und der Anfertigung langer Zähllisten. Daher konnte eine halbquantitative Analyse der Fischgemeinschaften in Dahmeshöved in fünf verschiedenen Habitaten während eines normalen Tauchganges erfolgen. Es gab verschiedene Ansätze, den „Visual Census“ zu optimieren, um die Fischfauna weitgehend quantitativ zu erfassen (CHRIS-

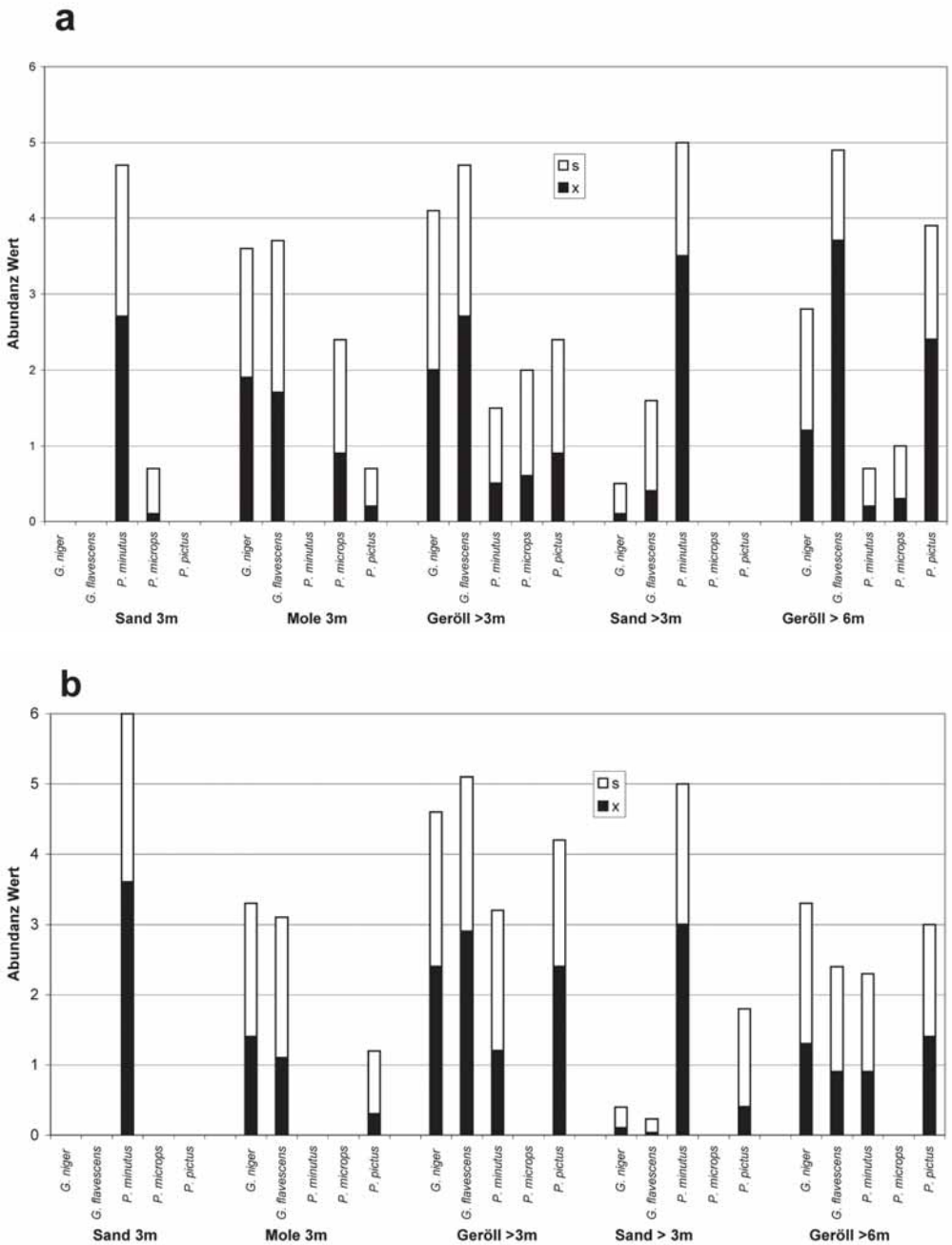


Abb. 8 a und b: Abundanz von fünf Grundelarten in verschiedenen Habitaten vor Dahmeshöved, die sich in Tiefenlage und Bodenstruktur unterscheiden; **a** Werte der Jahre 1991-1995; **b** Werte der Jahre 1996-2000. m = Mittelwert, s = Standardabweichung

Figs. 8 a and b: Abundance of five goby species in different habitats off Dahmeshöved which differ in depth and bottom structure; **a** values of the years 1991-1995; **b** values of the years 1996-2000. m = mean, s = standard deviation.

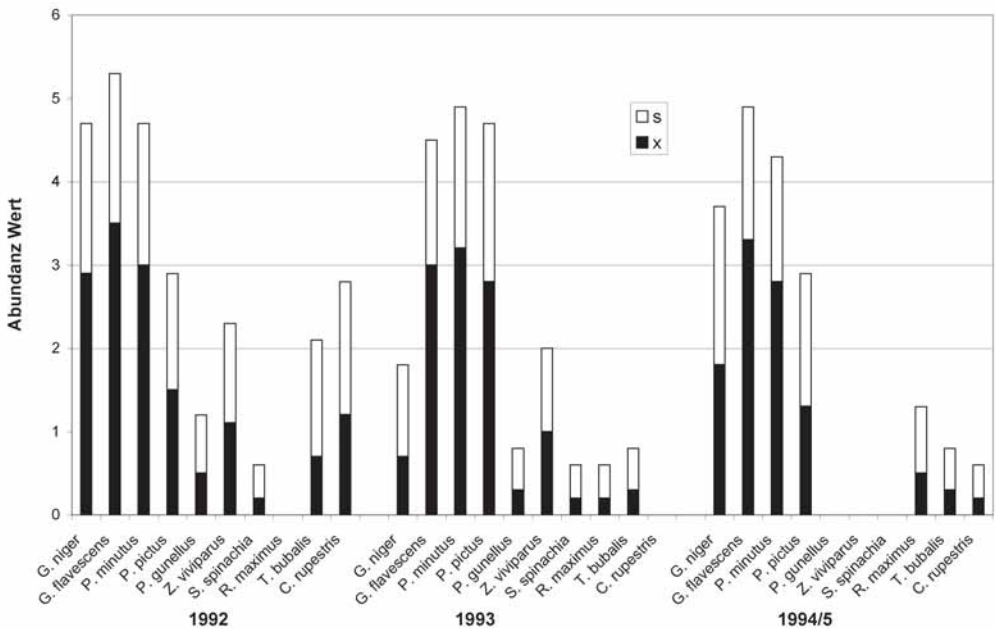


Abb. 9: Abundanzen von zehn Fischarten in Blank Eck, Kieler Bucht, während der Jahre 1992-1995. m = Mittelwert, s = Standardabweichung.

Fig. 9: Abundance of ten fish species in Blank Eck, Kiel Bight, during 1992-1995. m = mean, s = standard deviation.

TENSEN & WINTERBOTTOM 1981, KIMMEL 1985), ohne dass aber immer ein 100 %-Erfolg garantiert war. Andererseits verzichtet die Methode der Abundanzschätzung darauf, dieses Ziel zu erreichen. Sie kann aber ebenso wie der „Visual Census“ ein übersichtliches Areal und die wesentlichen Häufigkeiten der Fische notieren. Allerdings könnten dann dämmerungs- oder nachtaktive Arten wie z.B. Dorsche übersehen werden.

Die Analyse der Fischabundanz in der SW-Ostsee hat während 20 Jahren eindeutig eine Abnahme der Artenzahl und auch der Diversität ergeben. Die Grundelarten *Gobius niger*, *Gobiusculus flavescens*, *Pomatoschistus minutus* und *P. pictus* blieben während dieser Periode klar die häufigsten und auch dominanten Arten. Diese Grundeln bilden somit auch das Fundament für die gesamte Fischabundanz, die sich daher kaum änderte. In einer Reihe von Stationen der mecklenburgisch-vorpommerschen Küste fanden WINKLER & THIEL (1993) 18 Kleinfischarten, deren Spektrum sich mit dem dieser Un-

tersuchungen fast deckt. Ein „Visual Census“ an der schwedischen Ostküste umfasste 33 Arten, eingeschlossen acht Süßwasserformen und zwei pelagische Arten (JANSSON et al. 1985). Dort erzielten ebenfalls die Grundeln die höchsten Abundanzen, deutlich weniger häufig folgten *Taurulus bubalis* und *Zoarces viviparus*. Aus diesen Untersuchungen ging nicht hervor, welche der Grundelarten am häufigsten auftrat, da die *Pomatoschistus*-Arten nicht unterschieden wurden.

In Dahmeshöved dagegen wurden Trends von wechselnder Dominanz in verschiedenen Jahren bzw. Dekaden gefunden. Schon früher, 1983 und 1984, wurden *Gobiusculus flavescens* und *Pomatoschistus minutus* als hoch abundante Arten festgestellt (ZANDER & HAGEMANN 1986, 1987), die anderen Arten waren schwächer vertreten. Von 1987 bis 2006 nahm z. B. *P. pictus* deutlich zu, während *P. minutus* weniger häufig wurde. Ergänzende Beobachtungen im Jahre 2008 verzeichneten tiefgreifende Änderungen mit einer Dominanz von *G. niger* und eine geringe bis

seltene Abundanz von *P. minutus* (ZANDER unveröff.).

Die Abnahme der Diversität nach 20 Jahren ist eine Folge der gleichzeitigen Abnahme der Artenzahlen sowie der geringer werdenden Abundanz der sonstigen Fischarten bei gleichbleibender Dominanz der Grundeln. Besonders auffällig war der Rückgang der *Zoarces viviparus*-Population, aber auch die anfangs noch regelmäßig auftretenden *Pholis gunellus* und *Taurulus bubalis* waren bis 2006 weitgehend unbedeutend geworden. Andere Arten traten im Laufe der Jahre nur noch sporadisch auf und verursachten schon deshalb ein Absinken der Diversität.

Die leichten Unterschiede im Vergleich mit Dahmeshöved wurden in Blank Eck, Kieler Bucht, von höheren Abundanzen bei *G. niger* und *P. pictus* verursacht, trotz ähnlicher Struktur beider Lokalitäten mit flachen und tieferen Sand- und Hartböden. Durch eine flachere Neigung des Meeresbodens sind in Blank Eck die Geröllflächen ausgedehnter und begünstigen somit die Abundanz von *G. niger* und *P. pictus*. Die Stürme im Herbst und Winter 2006 und 2007 legten auch in Dahmeshöved weite Flächen des Geröllbodens von Sand frei, damit kann die oben erwähnte Dominanz dieser beiden Grundeln im Jahre 2008 auch hier begründet werden.

Diese Verhältnisse werden durch die Habitatanalyse bestärkt, die eine deutliche Trennung der Grundelarten hinsichtlich ihrer Sediment- und Raumbindung aufzeigt und somit die Habitatdimension der ökologischen Nische beschreibt. *G. flavescens* bevorzugt eindeutig das Suprabenthos über den Hartböden mit einer leichten Bevorzugung der flacheren Böden. Von den anderen Arten ist *P. minutus* Bewohner von Sandböden und konnte allenfalls noch an den Ecotonen zum Hartboden gefunden werden. Direkt auf Geröll ist *P. microps* bevorzugt in flacheren, *P. pictus* eher in tieferen Regionen zu finden, während *G. niger* in beiden Tiefen gleich häufig sein kann.

Eine weitere Nischentrennung ist in der Zeitdimension durch saisonale Unterschiede gegeben, bei der die Abundanz von *P. pictus* im

Herbst, die von *P. microps* im Frühjahr am größten ist. Die Analyse der Nischendimensionen Habitat und Zeit ergänzt damit frühere Untersuchungen zur Nahrungsdimension (ZANDER 1994) und schafft damit ein umfassendes Bild der gesamten ökologischen Nische der verschiedenen Grundelarten.

Die eigentliche Ursache für die genannten Veränderungen der Fischdiversität könnten abiotische Faktoren sein. Unter diesen scheidet der variable Salzgehalt als Grund aus, der zu den Eigenheiten eines Brackgewässers gehört und an den sich die Bewohner der Ostsee angepasst haben (REMANE 1958). Es besteht aber die Möglichkeit, dass die leicht erhöhte Temperatur in Sommer und Herbst, wie nach 2001 festgestellt, einen direkten wie indirekten Einfluss hat. Daher könnte Wärme empfindliche Fischarten wie *Zoarces viviparus*, *Pholis gunellus* und *Taurulus bubalis* veranlassen, in tiefere, kühlere Lebensräume abzuwandern. Diese Abwanderung würde durch den geringeren Sauerstoffgehalt auf Grund der sinkenden Löslichkeit bei ansteigenden Temperaturen beschleunigt. Zusätzlich bewirkt zunehmende Eutrophierung eine Sauerstoffzehrung unterhalb des Sättigungsgrades und reicht für Fische mit hohem Sauerstoffbedarf nicht mehr für die Existenz der genannten drei Arten aus (FISCHER et al. 1992, JOHNSTON & BATTRAM 1993, PÖRTNER & KUNST 2007). Eine Folge der Eutrophierung wäre zudem eine zunehmende Phytoplanktonblüte, die den Lichteintrag in tiefere Zonen beschränkt und damit das Wachstum von Makrophyten behindert. Großalgen und Seegrass sind aber wichtige Elemente der Habitate von *Zoarces viviparus* und *Pholis gunellus*, die diesen Fischen Deckung gewähren (THIEL et al. 1996). Aus diesen Gründen gingen an der nahe gelegenen Insel Poel zwischen 1975 und 1996 die Aalmutterbestände zurück, Seeskorpione verschwanden sogar vollkommen (BISCHOFF et al. 1997), wie auch die Butterfische im angrenzenden Salzhaff (Walter 1997). Im Salzhaff gab es 1988 eine Invasion der Süßwasserschnecke *Lymnaea stagnalis*, die erster Zwischenwirt des eigenen Parasiten *Diplostomum spathaceum* ist; diese befallen die Augen von Fischen, die daran er-

blinden (REIMER 1970). Betroffen waren davon besonders Aalmuttern, die daraufhin verhungerten (WALTER 1997). Aber auch andere Faktoren wie Verschmutzung mit Wirkstoffen wie Tributylzinn, die die Geschlechtsorgane beeinflussen, sind in Verdacht, den Rückgang des lebendgebärenden *Zoarces viviparus* zu verursachen (GERCKEN & SORDYL 2002). Für die Zusammensetzung der Fischgemeinschaft in der SW-Ostsee ist daher ein Komplex mehrerer Faktoren verantwortlich zu machen, die sowohl unabhängig als auch wie im Fall der Eutrophierung voneinander abhängig wirken können.

Danksagung

Ich danke Herrn Dr. Kim DETLOFF für die Hilfe bei der Konfiguration der Abbildungen.

Literatur

- BAGGE, P., ILUS, E., & F. MOTZKIN. 1975. Line census of fish by the SCUBA diving method in the Archipelago of Loviisa (Gulf of Finland). Merentutkimuslait. Julk./Havsforskningsinstitut Skrip-ta 240, 57-70.
- BISCHOFF, K. K., QJUTSCHAU, & H. SCHÖNE, 1997. Zum Vorkommen ausgewählter Tierarten in den Seegraswiesen vor Timmendorf (Insel Poel). Meer und Museum 13, 62-64.
- CHRISTENSEN, M.S., & R. WINTERBOTTOM. 1981. A correction factor for, and its application to, visual census of littoral fish. South Africa Journal of Zoology 16, 73-79.
- FISCHER, P., U. KILS, & K. RADEMACHER. 1992. In situ investigations on the respiration and behaviour of the eelpout *Zoarces viviparus* under short-term hypoxia. Marine Ecology Progress Series 88, 181-184.
- GERCKEN, J., & H. SORDYL. 2002. Intersex in feral marine and freshwater fish from northeastern Germany. Marine Environment Research 54, 651-655.
- HELCOM, 1993. Second Baltic Sea Pollution Load Compilation, Baltic Sea Environment Proceeding No. 45, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg.
- JANSSON, B.O., G. ANEER, & S. NELLBRING. 1985. Spatial and temporal distribution of the demersal fish fauna in a Baltic archipelago as estimated by SCUBA census. Marine Ecology Progress Series 23, 31-43.
- JOHNSTON, I.A. & J. BATTRAM. 1993. Feeding energetics and metabolism in demersal fish species from Antarctic, temperate and tropical environments. Marine Biology 115, 7-14.
- KIMMEL, J.J. 1985. A new species-time method for visual assessment of fishes and its comparison with established methods. Environmental Biology of Fishery 12, 23-32.
- LOZAN, J.L.R. LAMPE, W. MATTHÄUS, E. RACHOR, H. RUMOHR, & H. VON WESTERNHAGEN. 1996. Warnsignale aus der Ostsee. Parey, Berlin.
- PIANKA, E.R. 1994. Evolutionary ecology. Harper-Collins College Publ., New York.
- PÖRTNER, H.-P., & R. KUNST. 2007. Climate change affects marine fishes through the oxygen limitation of thermal tolerance. Science 315, 95-97.
- REIMER, L. W. 1970. Digene Trematoden und Cestoden der Ostseefische als natürliche Fischmarken. Parasitologische Schriftenreihe 20, 1-144.
- REMANE, A. 1958. Ökologie des Brackwassers. In: Biologie des Brackwassers (REMANE, A., & H. SCHLIEPER, eds.). Binnengewässer 12, 1-126.
- THIEL, R., H. WINKLER & L. URHO, 1996. Zur Veränderung der Fischfauna, pp. 181-188. In: Warnsignale aus der Ostsee (LOZAN, J. L., R. LAMPE, W. MATTHÄUS, E. RACHOR, H. RUMOHR, & H. VON WESTERNHAGEN, eds.). Parey, Berlin.
- WALTER, U. 1997. Fische, Fischerei und Garnelennfang in der Wismar-Bucht. Meer und Museum 13, 53-61.
- WINKLER, H.M., & R. THIEL. 1993. Beobachtungen zum aktuellen Vorkommen wenig beachteter Kleinfischarten an der Ostseeküste Mecklenburgs und Vorpommerns (Norddeutschland). Rostocker Meeresbiologische Beiträge 1993, 95-104
- ZANDER, C.D. 1994. Einnischung von fünf Grundeln (Teleostei, Gobiidae) der Ostsee und ihre Deutung mit Hilfe der Präadaptionstheorie. Journal of Zoological Systematic and Evolution Research 32, 220-234.
- ZANDER, C.D. 2006. Das Konzept der ökologischen Nische und seine Anwendung beim zoogeographischen Vergleich der Riffische des Galapagos-Archipels. Verhandlungen der Gesellschaft für Ichthyologie 5, 231-246.
- ZANDER, C.D., & T. Hagemann. 1986. Fluctuations of prey, abundance and biomass of gobies (Gobiidae, Pisces) in a shallow habitat of the western Baltic Sea. Zoologischer Anzeiger 216, 289-304.
- ZANDER, C.D., & T. HAGEMANN. 1987. Predation impact and ecological efficiency of *Pomatoschistus* spp. (Gobiidae, Pisces) from a clay/sand ecotone of the western Baltic Sea. Zoologischer Anzeiger 218, 33-48.

ZANDER, C.D. & T. Hagemann 1989. Feeding ecology of littoral gobiid and blennioid fishes of the Banyuls area (Mediterranean Sea). III. Seasonal variations. *Scientia Marina* 53, 441-449.

ZANDER, C.D., & V. KESTING., 1996. The indication properties of parasite communities of gobies (Teleostei, Gobiidae) from Kiel and Lübeck Bight, SW Baltic Sea. *Applied Parasitology* 37, 186-204.

Eingegangen: 16. 09. 2008

Angenommen: 18. 11. 2008