

(for an english abstract see below)

## Zusammenfassung

Zwischen 1991 und 1994 wurden nördlich der Insel Sylt qualitative und quantitative Untersuchungen der Nahrungsbeziehungen zwischen juvenilen Wittlingen (*Merlangius merlangus*) und Kabeljau (*Gadus morhua*) einerseits sowie andererseits Sandgarnelen (*Crangon crangon*) und Sandgrundeln (*Pomatoschistus minutus*) durchgeführt. Insbesondere sollte geklärt werden, ob Räuber oder Beute eine kontrollierende Funktion auf die jeweils anderen Bestände ausüben und inwieweit die Sandgrundel in ihrer Doppelrolle als Räuber und Beute eine puffernde Funktion für den Fraßdruck der Gadiden auf die Sandgarnele ausübt.

Auf einem Stationsnetz in drei Tiefenhorizonten wurden monatsweise mit Scherbrettnetz, Baumkurre und Schiebehamen Proben für die Bestandsberechnung und zur Feststellung der Längenverteilung zur Wachstumsberechnung genommen. Zusätzlich wurden Fänge zur Untersuchung der räumlichen Verteilung der Arten in gesonderten tiefenstratifizierten Befischungen sowie mit Hamennetzen und einer Einschließungsanlage gewonnen und Echolotaufzeichnungen ausgewertet. Für die Untersuchung der Mageninhalte wurden Fische vornehmlich im Verlauf von neun 24-Stunden-Fischereien gefangen und die Mägen der Wittlinge, Kabeljau und Sandgrundeln auf die Mengen- und Gewichtsanteile der Beuteklassen Sandgrundel und Sandgarnele hin analysiert sowie deren Größenverteilung aus Beuteteilen rekonstruiert. Die Konsumtion der Gadiden wurde über den mittleren Mageninhalt und experimentell bestimmte Verdauungsraten unter Berücksichtigung der Abundanzen und Temperaturen im Untersuchungsgebiet errechnet.

Insgesamt 50 Fischarten wurden in der Sylt-Rømø-Bucht angetroffen, von denen rund die Hälfte das ganze Jahr über vorkamen. Ein knappes Drittel der angetroffenen Fischbiomasse wurde im Jahr 1993 durch Wittling und Kabeljau gestellt. Rund die Hälfte entfällt auf Arten mit benthischer Lebensweise, davon wiederum ein Drittel Plattfische. Das verbleibende Sechstel stellten die pelagischen Arten, die allerdings in den Fängen unterrepräsentiert sein dürften. Die Sylt-Rømø-Bucht zeichnet sich durch einen im Vergleich zu anderen Wattenmeergebieten sehr großen Anteil flacher Sublitoralflächen aus, auf denen aber ebenso wie im Eulitoral vergleichsweise geringe Dichten von Plattfischen, Sandgrundeln und Sandgarnelen gefunden wurden.

Die interannuale Variabilität der Abundanzen ist hoch. So wurden Wittlinge der AK-0 in 1993 rund 95-fach häufiger angetroffen als im Vorjahr, bei Sandgrundeln und Sandgarnelen wurden zwischen den Jahren Abundanzfaktoren von 1,4 bis 5 festgestellt.

Der saisonale Verlauf der Abundanz der Gadiden ist durch die sommerliche Einwanderung der AK-0 geprägt, das Maximum der Abundanz liegt im September, die

überwiegende Mehrzahl der Tiere verläßt das Watt gegen November. Nicht in allen Wintern werden Gadiden der AK 0/1 in der Bucht angetroffen. Sandgrundeln sind das ganze Jahr über in der Bucht. Ihr Abundanzverlauf wird sehr stark durch die Rekrutierung in den Flachwasserbereichen im Juni geprägt, wenn Dichten von über  $1/m^2$  erreicht werden. Tiere der AK-1 verlassen während der Sommermonate die Bucht, um im Herbst zurückzukehren und für einen Anstieg der Biomasse dieser Art zu sorgen. Sandgarnelen rekrutieren ebenfalls mit dem Schwerpunkt Juni, wenn im oberen Eulitoral kurzzeitig Dichten von bis zu 82 gerade zum Bodenleben übergegangenen Tieren pro  $m^2$  erreicht werden. Bei beiden Arten unterscheidet sich der Verlauf der Abundanzen zwischen den Tiefenstrata, wobei die saisonale Variabilität tendenziell mit der Tiefe abnimmt.

Die Untersuchung der diurnalen Variabilität erbrachte das unerwartete Ergebnis, daß sich Sandgarnelen und Sandgrundeln nachts in großen Mengen im Pelagial aufhalten, wo sie dann den Gadiden als Nahrung zur Verfügung stehen, während die Aufenthaltsräume der Räuber und der bevorzugten Größengruppen ihrer Beute sich tagsüber nicht wesentlich überschneiden. Die Gadiden verlassen tagsüber das Sublitoral unterhalb von rund 4 Metern Wassertiefe nicht und steigen erst nachts in die oberflächennahen Bereiche auf, während sowohl Sandgarnelen als auch Sandgrundeln eine tiefenstratifizierte Größenverteilung zeigen, bei der die als Beute bevorzugten kleinen Tiere sich im Eulitoral bzw. flachen Sublitoral aufhalten, während die größeren Individuen, die nicht unter dem selben hohen Raubdruck stehen, auch das Sublitoral bevölkern. Für die Beute besteht also zumindest temporär ein Refugium.

Hierzu paßt, daß die Nahrungsaufnahme der Räuber ganz offensichtlich nachts stattfindet. Für die Gadiden stellen die beiden Beutekategorien Sandgrundel und Sandgarnele den überwiegenden Teil ihrer Ernährung dar. Ihr gemeinsamer Gewichtsanteil betrug in der Summe der Mageninhalte beim Kabeljau rund 70% und beim Wittling 54%, der Sandgarnelenanteil in der Nahrung der Sandgrundel hingegen lag mit 16% vergleichsweise niedrig. Bis zu 27 kleine Sandgarnelen und 4 Sandgrundeln fanden sich in den einzelnen Mägen. Bei beiden Räubern nahm die Größe der Beutetiere und der Grundelanteil an der Beute mit der Räubergröße zu. Bei der Größenselektion der Garnelen orientierten sich die Räuber weitgehend am Angebot, nur in den Monaten der größten Räuberdichte wurden tendenziell größere Garnelen gefressen, als die in der Bucht vorherrschenden Längensklassen. Von den Gadiden wurden Grundeln vor Garnelen als Beute deutlich bevorzugt.

Das Jahresmaximum der Konsumtion an Sandgarnelen und Sandgrundeln liegt im August. 1993 wurden in der Sylt-Rømø-Bucht rund 20t Sandgarnelen und 2,4t Sandgrundeln durch die Gadiden konsumiert. Aber auch in diesem Jahr mit vergleichsweise hohen Wittlingsabundanzen überschritt die Konsumtion in keinem Monat ein Fünftel der monatlichen Sandgarnelenproduktion. Eine kontrollierende Wirkung des Gadidenbestandes

auf die Garnelenabundanzen wird daher unter normalen Abundanzverhältnissen nicht erwartet, auch wenn sich zeigte, daß 1993 über 90% der fischbedingten Konsumtion an Garnelen auf die Gadiden entfiel. Im langjährigen Vergleich der Abundanzen von Gadiden und Sandgarnelen zeigt sich eine negative Korrelation zwischen Räuber und Beute in den Fängen des DYFS, die jedoch nicht signifikant ist.

Im Vergleich zu den Garnelen wurden 1993 deutlich größere Anteile des Bestandes der Sandgrundel konsumiert. Im August und September betrug die Konsumtion durch Gadiden ein 3- bis 5-faches der Produktion in der Bucht. Dennoch ist die Korrelation der Abundanzen zwischen Räubern und Beute auch in diesem Fall nicht signifikant. Der puffernde Einfluß der Sandgrundeln auf die Gadidenkonsumtion an Sandgarnelen durch die Verminderung der Garnelenkonsumtion dieser Art ist dem Anschein nach gering, da die Garnele in der Nahrung der Sandgrundel eine geringere Rolle spielt als ursprünglich erwartet.

## **Abstract**

From 1991 to 1994 qualitative and quantitative investigations on the feeding relationship between juvenile whiting (*Merlangius merlangus*) and cod (*Gadus morhua*) on the one hand and brown shrimp (*Crangon crangon*) and sand gobies (*Pomatoschistus minutus*) on the other were carried out in the Wadden Sea north of the island of Sylt. Special attention was given to the question whether the predator or the prey control the relationship and whether the double role of the sand goby as predator and prey has a buffering influence on the predation of shrimp by gadoids.

Monthly samples were taken in three depth strata with an otter trawl, beamtrawl and push net to describe the seasonality of abundance and biomass and to gather length-frequencies for the calculation of growth. Additionally, questions of spatial distribution and tidal migration were examined by dedicated depth-stratified trawls, the evaluation of echograms and samplings with a stow net. The samples for stomach content analysis of whiting, cod and sand goby were mainly collected during nine 24-hour-fisheries. The number and weight of the prey categories shrimp and goby were noted as well as the size of these prey items recalculated. The consumption by gadoids was determined using the monthly mean stomach content weight and experimentally determined digestion rates taking into account predator abundance, predator weight, prey type and temperature in the area of investigation.

A total of 50 species of fish were detected in the Sylt-Rømø-Bight, half of which could be caught the whole year round. In 1993, about a third of the fish biomass was made up from whiting and cod, about a half from benthic species and the remaining sixth by pelagic species, which might be underrepresented in the samples. In comparison to other Wadden Sea areas,

the Sylt-Rømø-Bight is characterised by a small proportion of eulitoral areas and very large sublittoral shallows. Nevertheless, the abundances of flatfish, gobies and shrimp is low.

The interannual variability of abundances is high. In 1993 the abundances of whiting were about 95-times higher than in the preceding year. In shrimp and gobies factors in the abundance of 1.4 to 5 were observed between the years.

The seasonal pattern of gadoid abundance showed an immigration of 0-group fish during the summer and a marked peak in August/September. Most gadoids leave the bight during November. Gadoids of the 0- and 1-group are not present in the bight in every winter. Sand gobies are permanent residents. Their seasonal abundance pattern is dominated by the arrival of new recruits on the tidal flats in June, where densities of more than 1 individual per m<sup>2</sup> can be recorded. 1-group sand gobies leave the bight in summer to reproduce, causing a marked autumnal increase of the biomass of this species on their return. Brown shrimp too are found the whole year through and show a peak of recruitment in June as well with densities of up to 82 freshly settled shrimps per m<sup>2</sup> of the upper eulitoral flats. In both species the seasonal pattern of abundance shows marked differences with regard to the depth stratum observed. A tendency for an attenuation of the variance with increasing depth can be detected.

The investigation of the diurnal variability of abundance and distribution revealed that large quantities of brown shrimp and sand gobies can be found in the water column at night, where they are available for gadoid consumption, while the main areas of distribution of predators and prey do not overlap during the daylight hours. The gadoids rarely leave the sublittoral areas of a water depth of more than 4m and only rise towards the surface during darkness while gobies as well as shrimp display a depth-dependent size-distribution. In these two prey species the size classes preferred by the predators are found in eulitoral or shallow sublittoral areas, while the larger size-classes, that don't experience such a high predation pressure by the gadoids, can be found at greater depths. Thus, there is a temporal refuge for the prey at daytime.

In consistency with these findings, the feeding of the predators mainly takes place during the night time. The two prey categories shrimp and goby together account for the largest proportion of the gadoid food in the Sylt-Rømø-Bight. Their collective weight percentage amounts to 70% in cod and 54% in whiting in the sum of all 4144 gadoid stomachs evaluated. Up to 27 shrimp and 4 gobies were found in a single whiting stomach. In comparison, the weight percentage of 16% shrimp in the diet of the sand goby was low. The size of the individual prey organisms and the proportion of gobies in the stomachs rose with size of the gadoid predators. The size-selection of shrimp as prey by gadoids mainly followed the size spectrum on offer. Only in the months of high predator abundance larger shrimp were preyed upon than those dominating the length-frequency distribution in the bight.

The annual peak of shrimp consumption was recorded in August. In the year 1993 about 20t brown shrimp and 2.4t of sand gobies were consumed by gadoids in the Sylt-Rømø-Bight. But even in this year with relatively high predator abundances the consumption of shrimp did not exceed a fifth of the shrimp production in any given month. Thus, it can be expected that the gadoids can not control the shrimp population density in years of 'normal' predator densities, even though it can be shown that in 1993 more than 90% of the consumption of shrimp by fish was caused by whiting and cod. Only in the long-term comparison of abundance data of predators and prey from the ICES-coordinated 'Demersal Young Fish and Brown Shrimp Survey' a negative correlation between predator and prey abundances can be demonstrated, which is mainly based on years of extremely high predator abundances.

As compared to shrimp, much higher proportions of the stock of gobies were consumed in the Sylt-Rømø-Bight in 1993. In August and September the consumption by gadoids amounted to 3 to 5 times the production of sand gobies. Thus it seems that gobies might well be controlled by gadoids. Nevertheless, the negative correlation between the abundances of this prey and its predators in the long-term data set of the DYFS is not significant. The buffering influence of gobies with regard to the shrimp consumption by gadoids is relatively low as the role of shrimp in the food of the sand goby is smaller than originally expected.