

Die Rolle des Putzerfisches *Symphodus melanocercus* (RISSO, 1810)  
(Teleostei, Labridae) in der Fischgemeinschaft und in zwischenartlichen  
Partnerschaften vor der Insel Giglio (Toskana, Italien)

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
des Fachbereichs Biologie  
der Universität Hamburg

vorgelegt von  
Kim Cornelius Detloff

Hamburg 2005

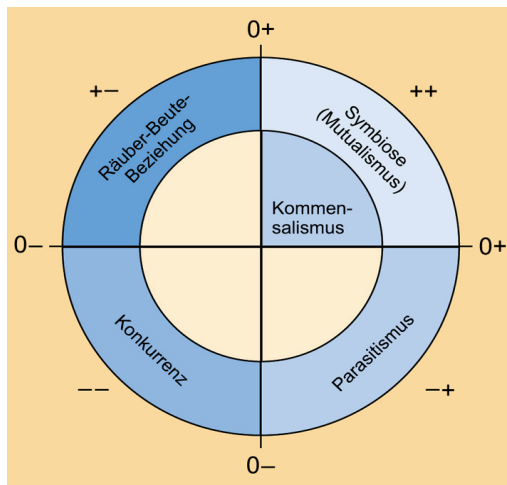
Inhaltsverzeichnis	Seite
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Untersuchungsgebiet</b>	<b>8</b>
<b>3. Untersuchungsobjekte</b>	<b>12</b>
<b>4. Methoden</b>	<b>15</b>
4. 1. Untersuchungszeitraum	15
4. 2. Messung der hydrographischen Parameter	15
4. 3. Unterwasserkartierung des Tralicco III und Unterwasserfotografie	16
4. 4. Bestandsaufnahme der Fischfauna	17
4. 5. Wichtige Begriffe	17
4. 6. Beobachtungen zum Nahrungserwerb von <i>Symphodus melanocercus</i>	18
4. 7. Markierungsexperiment mit <i>Symphodus melanocercus</i>	19
4. 8. Attrappenversuche mit <i>Symphodus melanocercus</i>	20
4. 9. Statistische Verfahren	22
<b>5. Ergebnisse</b>	<b>24</b>
5. 1. Hydrographie	24
5. 1. 1. Sichttiefe	24
5. 1. 2. Wassertemperatur	26
5. 1. 3. Salinität	27
5. 1. 4. Sauerstoff	28
5. 2. Bestandsaufnahme der Fischfauna	30
5. 3. Putzersymbiose von <i>Symphodus melanocercus</i>	32
5. 3. 1. Nahrungserwerb	33
5. 3. 2. Wirtsindividuen, Wirtsarten, Putzerfolg	37
5. 3. 3. Wirtsspektrum, Wirtspräferenzen und Putzerfolg	40
5. 3. 4. Putzaufforderung	47
5. 3. 5. Nahrungserwerb der Geschlechter im Vergleich	50
5. 3. 6. Nahrungserwerb juveniler und adulter Individuen im Vergleich	53
5. 4. Markierungsexperiment mit <i>Symphodus melanocercus</i>	57
5. 5. Attrappenversuche mit <i>Symphodus melanocercus</i>	69
5. 6. Fressgemeinschaft von <i>Symphodus tinca</i>	72
5. 7. Fressgemeinschaft von <i>Mullus surmuletus</i>	76
<b>6. Diskussion</b>	<b>80</b>
6. 1. Hydrographie	80

6. 2.	Bestandsaufnahme der Fischfauna	86
6. 3.	Putzersymbiose von <i>Symphodus melanocercus</i>	90
6. 4.	Individualität und Revierverhalten von <i>Symphodus melanocercus</i>	107
6. 5.	Kommunikation innerhalb der Putzersymbiose	113
6. 6.	Fressgemeinschaft von <i>Symphodus tinca</i>	116
6. 7.	Fressgemeinschaft von <i>Mullus surmuletus</i>	119
6. 8.	Schlussfolgerungen	122
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>125</b>
<b>8.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>129</b>

## 1. Einleitung

Die Organismen in Ökosystemen unterliegen den ständigen dynamischen Wechselbeziehungen mit der Biozönose und dem Habitat. Dabei erschließen sich den verschiedenen Lebewesen immer wieder neue „ökologische Nischen“, was nach PIANKA (1988) der optimalen Ausnutzung der Natur durch einen Organismus gleichkommt. In Folge lang andauernder Evolutionsprozesse entwickelten sich stabile Partnerschaften mit wechselseitigen Anpassungen. Die Beziehungen nehmen dabei die ausgefallensten Formen an und gehören zu den interessantesten Aspekten der Biologie.

Symbiose bedeutet übersetzt „Zusammenleben“ (gr. symbion = zusammenlebend). ODUM



(1959) entwickelte eine generelle Einteilung der Symbiosen nach ihrem Nutzen (+), Schaden (-) oder Neutralismus (0), den sie den Partnern einer Beziehung bringen (Abb. 1). Er unterscheidet Antibiosen (Parasitismus und Prädation) und Symbiosen (Kommensalismus, Phoresie und Mutualismus). Die Übergänge der Partnerschaften sind dabei fließend.

Abb. 1: Modell der Wechselbeziehungen nach ODUM (1991). Nutzen: (+), Schaden: (-) und Neutralismus: (0), den die Partner innerhalb der Beziehung erfahren.

Während CHENG (1967) die Formen des wechselseitigen Einflusses danach definiert, ob ein dauerhafter Kontakt besteht und eine metabolische Abhängigkeit der Partner oder eines Partners der Interaktion vorliegt, ergänzt LOSEY (1972) die Einteilung der Symbiosen durch eine mögliche Kommunikation innerhalb der Wechselbeziehung. Beim Kommensalismus und Parasitismus nimmt nur einer der Partner Signale des Wirtes auf und initiiert die Symbiose, während sich beim Mutualismus beide Partner einer zum Teil sehr komplexen Kommunikation bedienen.

Die Putzersymbiose ist eine mutualistische Beziehung zum Vorteil beider Partner (lat. mutuus = wechselseitig). Verschiedene Fischarten und Garnelen befreien die Körperoberfläche und Körperöffnungen ihrer Wirtsfische von Ektoparasiten und erkrankten oder abgestorbenen Hautpartien und erschließen sich so eine zusätzliche Nahrungsquelle.

Zahlreiche Putzerfische nehmen jedoch auch epidermalen Schleim (Mucus) und Schuppen ihrer Wirte auf, wodurch der rein mutualistische Charakter der Beziehung verloren gehen kann und der Putzer primär parasitisch agiert (GORLICK, 1980; LOSEY, 1979).

Weltweit fungieren 112 Fischarten aus 29 Familien als Putzer, wobei die Familie der Labridae zahlenmäßig am stärksten vertreten ist (VAN TASSELL et al., 1994).

Seit EIBL-EIBESFELDT (1955) erstmals vom Putzverhalten tropischer Arten in der Karibik berichtete, beschäftigten sich zahlreiche Autoren mit den Putzerfischen tropischer Regionen. LIMBAUGH (1961) machte erste weitreichende Experimente zur ökologischen Bedeutung der Putzersymbiose. Er entfernte alle putzenden Organismen aus einem isolierten Riff und stellte nach kurzer Zeit eine Reduktion der Arten- und Individuendichte sowie eine verstärkte Infektion der lokalen Fischfauna durch Bakterien und Ektoparasiten fest. Es folgten Arbeiten über den bekanntesten tropischen Putzerfisch *Labroides dimidiatus* aus dem Indopazifik und dem Roten Meer (RANDALL, 1958; WICKLER, 1961; FRICKE, 1965a; GRUTTER 1995, 1996, 1997, 1999; GRUTTER & POULIN, 1998), über die Kommunikation zwischen den Partnern (LOSEY, 1971; CÔTÉ et al., 1998) und über die ökologische Bedeutung der Putzer in einem Ökosystem (YOUNGBLUTH, 1968; LOSEY, 1972; GORLICK et al., 1987; GRUTTER et al., 2003).

Auch im Mittelmeer ist Putzverhalten weit verbreitet. Indem Putzerorganismen einen positiven Einfluss auf die Vielfalt und Verbreitung der Fischfauna ausüben, stellen sie einen wichtigen Faktor des ökologischen Gleichgewichts mariner Lebensräume dar.

VON WAHLERT & VON WAHLERT (1961) und ABEL (1962) waren die ersten, die Putzverhalten bei mediterranen Fischen beobachten konnten. Daran schlossen überwiegend beschreibende Arbeiten über den auffälligsten Putzerfisch des Mittelmeeres *Symphodus melanocercus* an (CASIMIR, 1968; SENN, 1979; MOOSLEITNER, 1980; ZANDER & NIEDER, 1997, ZANDER et al., 1999). Der im Mittelmeer endemische Putzerlippfisch nimmt an verschiedenen Symbiosen seiner belebten Umwelt teil, um seinen Nahrungserwerb zu bestreiten. Dabei kann seine Wirtsbeziehung mutualistischen, kommensalischen oder auch parasitischen Charakter besitzen.

Zusammen mit verschiedenen juvenilen Gelegenheitsputzern (*Coris julis*, *Symphodus ocellatus*, *Symphodus tinca*) ist *S. melanocercus* der wichtigste Putzerfisch des westlichen Mittelmeeres. Es ist die einzige Art, die auch als Adultus regelmäßig als Putzer tätig ist. Neben seiner geringen Körpergröße stellen seine lateral deprimierte Körperform und seine

hervorstehenden Lippen eine wichtige Voraussetzung für sein Putzverhalten dar (ZANDER et al., 1999). Die Beziehung zwischen den Wirts- und den Putzerfischen basiert auf einem sehr komplexen System der Kommunikation aus Gebärden und Signalen. Beim Putzvorgang umschwimmt *S. melanocercus* den in der Regel bewegungslosen Wirt, inspiziert ihn und sammelt Ektoparasiten, überwiegend Copepoden und Isopoden (Praniza-Larven der Gattung *Gnathia*), sowie Hautteile ab. Die Wirte nehmen dabei häufig familien- oder artspezifische Putzaufforderungsstellungen ein (Abb. 2).

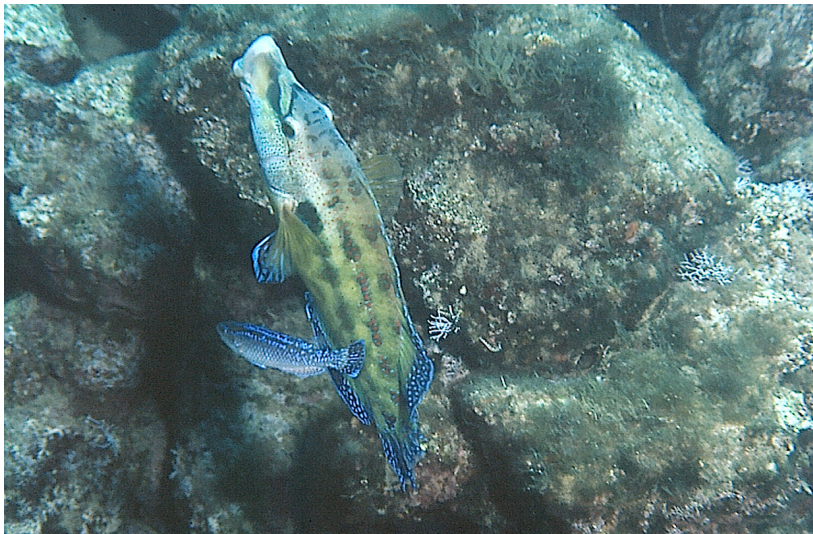


Abb. 2: Inspektion eines männlichen Exemplares des Pfauenlippfisches durch einen männlichen *S. melanocercus*. Beide Individuen zeigen das charakteristische Laichkleid während der Fortpflanzungsperiode. Fotografiert in 10 m Wassertiefe am Tralicco III (Giglio).

Entgegen den zum Teil hoch spezialisierten tropischen Putzerfischen bestreitet *S. melanocercus* seinen Nahrungserwerb in weiten Teilen des Mittelmeeres nicht ausschließlich über die Putztätigkeit (ZANDER & NIEDER, 1997). Neben der Aufnahme benthischer und planktischer Nahrungsorganismen ist der Putzerlippfisch regelmäßiger Begleiter von Fressgemeinschaften des Pfauenlippfisches *Symphodus tinca*.

Während ZANDER & SÖTJE (2002) *S. melanocercus* aufgrund seiner variablen Nahrungswahl als einen unspezialisierten, fakultativen Putzerfisch charakterisieren, stellen ARNAL & MORAND (2001a) *S. melanocercus* wegen der hohen vor Banyuls-sur-Mer (Golf von Lion, Frankreich) zu beobachtenden Inspektionsraten und -zeiten als einen spezialisierten, obligaten Putzer dar.

Die überwiegende Zahl der sich mit *S. melanocercus* beschäftigten Arbeiten waren rein deskriptive Verhaltensbeobachtungen, die Momentaufnahmen zur Lebensweise des Putzers darstellten.

---

In jüngerer Zeit unternahmen ARNAL & MORAND (2001a, 2001b) experimentelle Untersuchungen zur Nahrungswahl von *S. melanocercus*. Im Rahmen ihrer Feldarbeiten vor Banyuls-sur-Mer führten sie Magenanalysen bei dem Mittelmeerputzer durch und verglichen die Struktur des epidermalen Schleims verschiedener Wirtsfische. Neben der Dominanz der gnathiiden Isopoden ermittelten sie dabei hohe Anteile von Mukus und Fischschuppen bei der aufgenommenen Nahrung. Ausgeprägt war auch eine Präferenz für Wirte, deren Mukus einen erhöhten Nährwert aufwies. Planktische und benthische Nahrungsorganismen spielten im Golf von Lion eine untergeordnete Rolle. Wie bereits von GRUTTER (1997, 1999a) für *Labroides dimidiatus* im Indopazifik gezeigt, existiert jedoch auch bei Putzerfischen gemäßigter Breiten eine intraspezifische Variabilität der Nahrungskomponenten.

ZANDER & SÖTJE (2002) wiesen durch vergleichende Arbeiten in Banyuls-sur-Mer und Giglio (Toskana, Italien) regionale und auch jahreszeitliche Unterschiede im Nahrungserwerb des Mittelmeerputzers in Abhängigkeit der Fischfauna eines Untersuchungsgebietes nach. Fehlende Beobachtungen zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten erlaubten aber keine abschließende Beurteilung der Nahrungszusammensetzung von *S. melanocercus*.

Die vorliegende Arbeit ermöglicht erstmals den Nahrungserwerb von *S. melanocercus* über zwei vollständige Vegetationsperioden zu dokumentieren. Die tages- und jahresperiodischen Untersuchungen sollen die Variabilität des Fressverhaltens entsprechend der Saisonalität und des Nahrungsangebotes darlegen. Anhand der gewonnenen Daten soll beurteilt werden, ob es sich bei *S. melanocercus* um einen obligaten oder fakultativen Putzerfisch handelt, welchen Einfluss geographische und jahreszeitliche Faktoren auf seinen Nahrungserwerb haben und unter welchen Bedingungen seine Interaktionen mutualistischen bzw. parasitischen Charakter bekommen.

Tropische Putzerfische besetzen in der Regel fixe, eng begrenzte Putzerstationen, die von potentiellen Wirtsfischen aktiv aufgesucht werden (FRICKE, 1965a). Dagegen gibt es zum Revierverhalten des Mittelmeerputzers voneinander abweichende Angaben. Die mehrheitliche Meinung beschreibt ausgedehnte Reviere unterschiedlicher Größe für *S. melanocercus*, die auf der Suche nach Wirtsfischen aktiv durchschwommen werden (CASIMIR, 1968; POTTS, 1968; SENN, 1979; LEJEUNE & VOSS, 1980; MOOSLEITNER, 1980; ZANDER & NIEDER, 1997). Die Größenangaben für die Reviere variieren dabei sehr stark. Ebenfalls bleibt ungeklärt, ob *S. melanocercus* saisonale oder sogar mehrjährige Reviertreue zeigt. Mit Ausnahme von LEJEUNE & VOSS (1980) fehlen bei allen Arbeiten

zum Revierverhalten des Lippfisches eigene Markierungsexperimente, um die individuelle Identifizierung der Putzer zu gewährleisten.

Es ist anzunehmen, dass verschiedene hydrographische, geographische und faunistische Faktoren die Revierausdehnung beeinflussen. Mit Hilfe von markierten Individuen soll das Revierverhalten von *S. melanocercus* analysiert und von der Revierstruktur abhängige individuelle Unterschiede im saisonalen Nahrungserwerb offenbart werden.

Mehrfach wurde dokumentiert, dass die namensgebende schwarze Schwanzflosse des Putzers als Erkennungsmerkmal für die Wirtsfische fungiert, ähnlich der Putzertracht tropischer Arten (CASIMIR, 1968; ZANDER et al., 1999). Experimentelle Untersuchungen wurden dazu noch nicht durchgeführt. Mit Hilfe verschiedener naturnaher Attrappen unterschiedlicher Kolorierung soll diese Hypothese experimentell bestätigt werden. Weiter können anhand der durch die Attrappenversuche ermittelten Daten und Beobachtungen Erkenntnisse zur Wirtsfindung und Kommunikation innerhalb der Symbiose gewonnen werden.

Mit *Symphodus tinca* verbindet den Mittelmeerputzer eine besonders enge Beziehung, die sich von anderen kommensalischen Wechselbeziehungen abgrenzt. Kommensalismus im Wortsinn bedeutet Tischgenossenschaft (lat. con = mit, mensa = Tisch).

*S. tinca* führt eine Fressgemeinschaft im mediterranen Felslitoral an. Er schabt dabei tierischen und pflanzlichen Aufwuchs vom Hartboden ab, filtrierte feines Sediment durch die Kiemen und spuckt größere, unverwertbare Reste wieder aus. Von diesem Auswurf profitieren zahlreiche Fische verschiedener Arten, überwiegend aus der Familie der Labridae (Abb. 3).

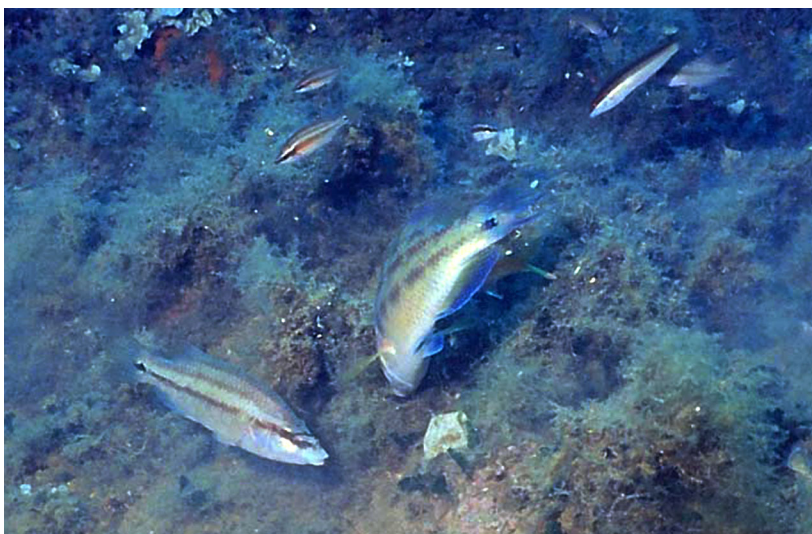


Abb. 3: Fressgemeinschaft von *Symphodus tinca* auf Hartboden mit einem Artgenossen und verschiedenen Folgerarten aus der Familie der Labridae in 11 m Wassertiefe am Tralicco III (Giglio).



*S. melanocercus* nutzt nicht allein den Auswurf des Pfauenlippfisches zum Nahrungserwerb, sondern befreit auch die Mitglieder der Fressgemeinschaft von Ektoparasiten. Regelmäßig tritt auch *S. tinca* mit *S. melanocercus* in Interaktion, indem er die Nahrungssuche unterbricht und Putzaufforderungsstellungen einnimmt. Danach handelt es sich um eine lockere, aber wechselseitige Form der Partnerschaft, von der beide Arten profitieren (ZANDER, 2002).

Mit Hilfe der Beobachtungen zur Fressgemeinschaft des Pfauenlippfisches sollen die Kenntnisse zur Zusammensetzung der Folgerarten erweitert werden. Zudem werden die Nahrungsaufnahme und die Folgerarten, insbesondere *S. melanocercus*, tages- und jahresperiodisch betrachtet.

Auch auf Sandböden können vergleichbare Fressgemeinschaften beobachtet werden. ABEL berichtete bereits 1962 von der wühlenden Tätigkeit der mediterranen Meerbarben *Mullus surmuletus* und *M. barbatus*. Mit Hilfe ihrer Barteln suchen die Meerbarben nach im Sand verborgenen Muscheln, Krebsen und Polychaeten. In ihrem Gefolge lauern zahlreiche Arten auf verwirbelte Nahrungsorganismen (Abb. 4). Andere Arten (z. B. *Lithognathus mormyrus*) suchen zwar aktiv die Nähe der Fressgemeinschaft, bestreiten die Nahrungssuche an einer gemeinsam geschaffenen Abbruchkante aber selbständig.

Auslösendes Signal für die Folgerarten scheint dabei die zum Teil weit sichtbare Sedimentwolke zu sein (LOSEY, 1978; MOOSLEITNER, 1982).

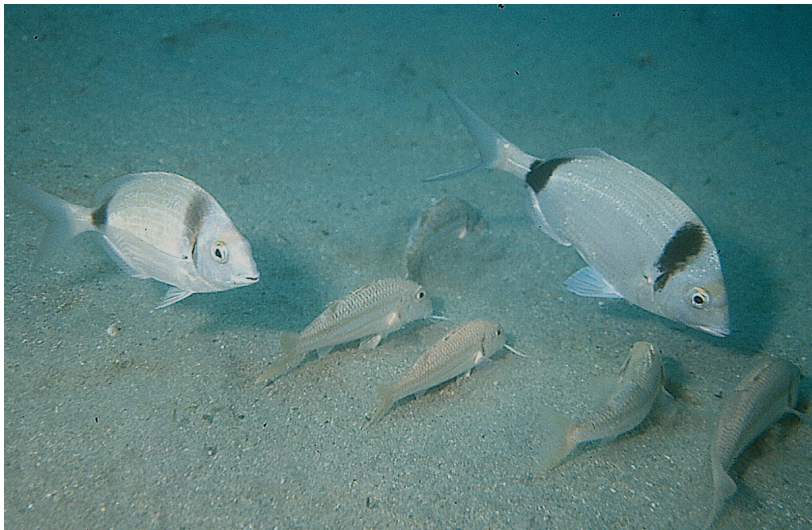


Abb. 4: Fressgemeinschaft von fünf *Mullus surmuletus* und zwei *Diplodus vulgaris* auf Sandboden in 8m Wassertiefe am Tralicco III (Giglio).

Auch *S. melanocercus* ist als gelegentlicher Begleiter der Fressgemeinschaft zu beobachten. Mit Hilfe tages- und jahresperiodischer Untersuchungen soll die Zusammensetzung des Gefolges der Streifenmeerbarbe bestimmt und die Nahrungsstrategien der Verfolger analysiert werden.

---

Auf der Grundlage der genannten Themenschwerpunkte ist es das Ziel dieser Arbeit, eine Bestandsaufnahme der Fischfauna vor der Insel Giglio im Toskanischen Archipel vorzunehmen und drei Formen interspezifischer Wechselbeziehungen mit folgenden Fragestellungen zu untersuchen:

1. **Putzersymbiose von *Symphodus melanocercus***

- Tages- und jahresperiodischer Nahrungserwerb
- Wirtsspektrum, Putzerfolg und Putzaufforderung
- Kommunikation innerhalb der Symbiose
- Geschlechtsspezifische Unterschiede im Nahrungserwerb
- Ökologische Bedeutung und Evolution der Putzersymbiose
- Revierverhalten, Reviergröße und Reviertreue

Mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse soll beurteilt werden, ob es sich bei *S. melanocercus* um einen fakultativen oder obligaten Putzerfisch handelt und welchen Einfluss geographische und saisonale Faktoren auf den Charakter der Putzersymbiose haben.

2. **Fressgemeinschaft von *Symphodus tinca***

- Tages- und jahresperiodischer Nahrungserwerb
- Zusammensetzung und Interaktion des Gefolges unter besonderer Berücksichtigung von *S. melanocercus*.

3. **Fressgemeinschaft von *Mullus surmuletus***

- Tages- und jahresperiodischer Nahrungserwerb
- Zusammensetzung und Interaktion des Gefolges unter besonderer Berücksichtigung von *S. melanocercus*.

Mit der vorliegenden Arbeit soll versucht werden, die Bedeutung der zwischenartlichen Partnerschaften im gesamten Kontext einer Fischgemeinschaft im Mittelmeer zu klären. Zu diesem Zweck wurden in den Jahren 2002 – 2004 in einem begrenzten Seegebiet vor der Insel Giglio im Biotop einer ehemaligen Erzverladestation (Tralicco III) Unterwasserbeobachtungen und – experimente durchgeführt.

## 2. Untersuchungsgebiet

Die Gestalt des Mittelmeeres, wie sie sich heute darstellt, ist erdgeschichtlich gesehen jung. Nimmt man die Messinische Salinitätskrise mit ihren dramatischen faunistischen Veränderungen als Ausgangspunkt, so lässt sich das Alter auf etwa 5,3 Millionen Jahre datieren (TICHY et al., 2001).

Das Europäische Mittelmeer ist weitestgehend von Landmassen umschlossen und nur über die Meerenge von Gibraltar (Schwellentiefe 286 m) mit dem Weltmeer verbunden. Aufgrund der Abtrennung vom offenen Ozean weisen Mittelmeere in der Regel eine von den benachbarten Meeresgebieten abweichende Bewegung der Wassermassen auf (DIETRICH et al., 1975). Nach KLEIN & ROETHER (2001) besitzt das Europäische Mittelmeer aufgrund seiner Isolation eine Reihe ozeanographischer Besonderheiten, welche die marinen Lebensräume prägen:

- Negative Wasserbilanz

Weite Teile der Mittelmeerregion liegen in ariden Klimazonen. Niederschlag und oberirdische Zuflüsse aus den einmündenden Flußsystemen und dem Schwarzen Meer vermögen es nicht, den Wasserverlust infolge der hohen Nettoverdunstung zu kompensieren. So wird die negative Bilanz von etwa 1,0 m/Jahr durch einen oberflächlichen Einstrom kalten, salzarmen Atlantikwassers (MAW – modified atlantic water) ausgeglichen.

- Hohe Temperaturen des Tiefenwassers

Die abgeschlossenen Lage und der damit verbundene beschränkte Wasseraustausch mit dem offenen Ozean führt zu vergleichsweise hohen Temperaturen des mediterranen Tiefenwassers ( $>12^{\circ}\text{C}$ ).

- Hohe Salinität

Die hohe Nettoverdunstung von ca. 156 cm/Jahr führt zu oberflächlichen Salzgehalten von überwiegend  $>38\text{‰}$ . Damit gehört das Europäische Mittelmeer zu den Meeresgebieten mit einer besonders hohen Dichte. Man bezeichnet solche Meeresregionen als Konzentrationsbecken.

- Nährstoffarmut

Da es von oberflächennahem Atlantikwasser gespeist wird, dem Atlantik aber auch tieferes, z. T. nährstoffreiches Wasser abgibt, ist das Mittelmeer mit Ausnahme weniger regionaler Unterschiede oligotroph. Dementsprechend ist die euphotische Zone sehr tiefreichend, die Primärproduktion mit  $200\text{ g C/m}^2/\text{Jahr}$  jedoch verhältnismäßig niedrig.

Bei vielen der ozeanographischen Besonderheiten des Europäischen Mittelmeeres lassen sich deutliche Gradienten verfolgen. So nehmen die Nettoverdunstung, Salinität und Nährstoffarmut von West nach Ost und von Nord nach Süd zu.

Durch seine starke topographische Gliederung bildet das Mittelmeer keine homogene Einheit, sondern besteht aus einzelnen Teilbecken, die sich sowohl geologisch als auch ozeanographisch und in weiterer Folge biogeographisch unterscheiden (HOFRICHTER et. al, 2001).

Das Untersuchungsgebiet der vorliegenden Arbeit liegt im Tyrrhenischen Becken, einem 250.000 km<sup>2</sup> großen und bis zu 3500 m tiefem Teilbereich des Westlichen Mittelmeeres mit zahlreichen Gräben und langgestreckten unterseeischen Plateaus (MALDONADO, 1985). Charakteristisch ist dort ein stark abfallendes Relief mit einem sehr schmalen Schelfgebiet, auf welchem der aus sieben Inseln bestehende Toskanische Archipel angesiedelt ist.

Giglio ist mit einer Gesamtfläche von 22 km<sup>2</sup> die zweitgrößte Insel des Archipels. Die durch Granitgestein geprägte Insel liegt ca. 50 km südlich von Elba und 12 km westlich der Halbinsel Monte Argentario (Abb. 5).

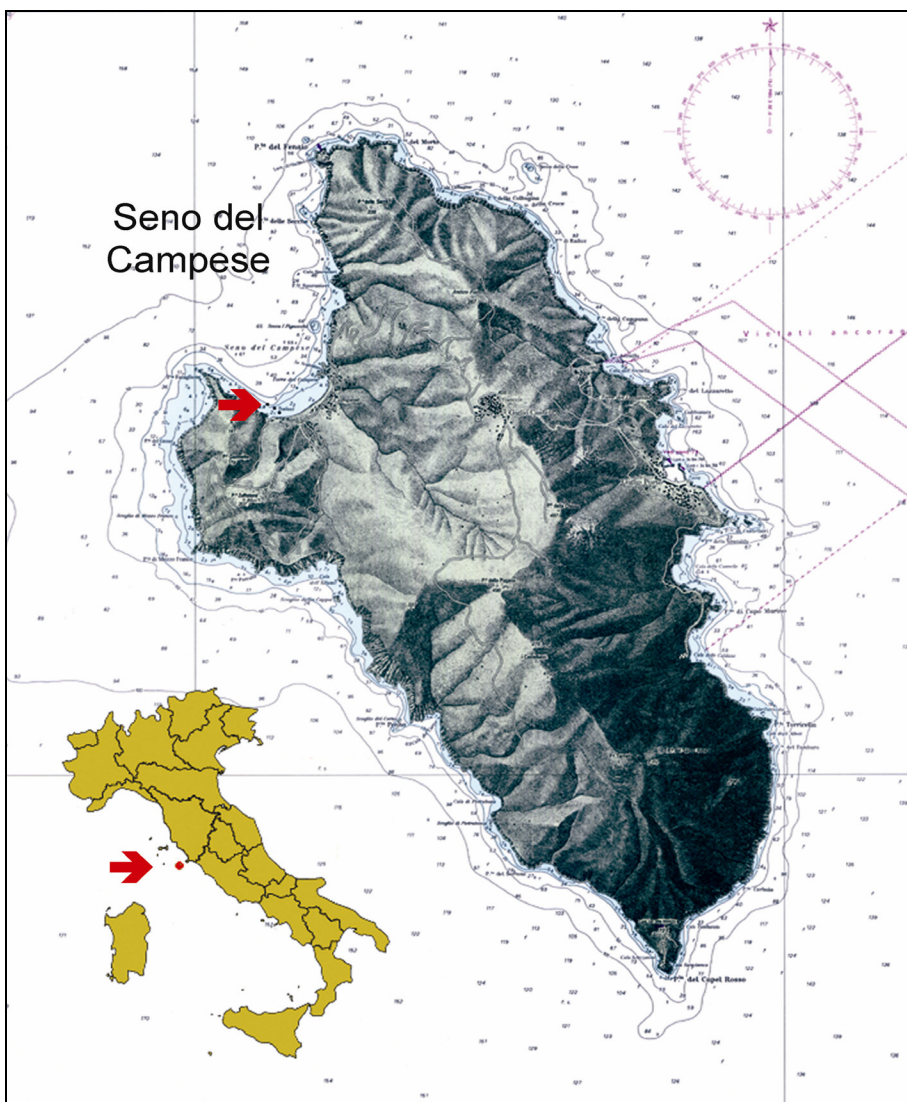


Abb. 5: Geographische Lage und Topographie der Insel Giglio im Toskanischen Archipel (Italien).

Am südlichen Ende der Bucht von Campese befindet sich eine alte, ehemals aus drei Eisentürmen bestehende Erzverladestation. Der dritte Turm (Tralicco III), etwa 250 m vom Ufer gelegen, stellt das eigentliche Untersuchungsgebiet (ca. 1800 m<sup>2</sup>) der vorliegenden Arbeit dar (Abb. 6). Bestehend aus einem steinernen Fundament (8 x 6 m) und umgeben von zahlreichen Felsblöcken, ist der Tralicco III ein äußerst abwechslungsreiches Habitat für die mediterrane Fischfauna.



Abb. 6: Ehemalige Erzverladestation in der Bucht von Campese (Giglio) – Tralicco III. Fotografiert vom südöstlichen Ufer.

Die Abbildung 7 zeigt eine detailgenaue topographische Darstellung der Unterwasserlandschaft am Tralicco III.

Das steinerne Fundament des Tralicco III geht in einer Wassertiefe zwischen sechs und sieben Metern in Geröll und einzelne große Felsblöcke über. In 10 Meter Wassertiefe finden sich auf der nordöstlichen, buchtwärtigen Seite einige metallene Schrotteile und spärlicher Seegrasbewuchs. Auf der 12m-Tiefenlinie schließen mehrere große Felsen das Untersuchungsgebiet ab und bilden verschiedene kleine Höhlen und Überhänge, die von sessiler Fauna (Schwämme, Moostierchen, Seescheiden) bewachsen sind.

Die Südost-Seite wird von zwei großen Felsblöcken dominiert, die eine ca. vier Meter tiefe Höhle bilden. In sechs bis sieben Meter Entfernung zur ehemaligen Verladestation geht das Substrat in Sandboden und Seegras über.

Auch auf der südwestlichen Seite schließen zwei große Felsen fast auf der gesamten Länge an die Verladestation an. In sechs Meter Wassertiefe folgt Geröll, Sandboden und zum Teil mosaikartiger Seegrasbewuchs.

Auf der Nordwest-Seite geht das Geröll bei ca. acht Meter Tiefe in große Felsen über, die durch kleine Sand- und Geröllflächen voneinander getrennt sind. In 10 Meter Tiefe findet sich der Eingang zu einer kleineren Höhlenstruktur. Westwärts dominieren Sand und Seegras den Lebensraum.

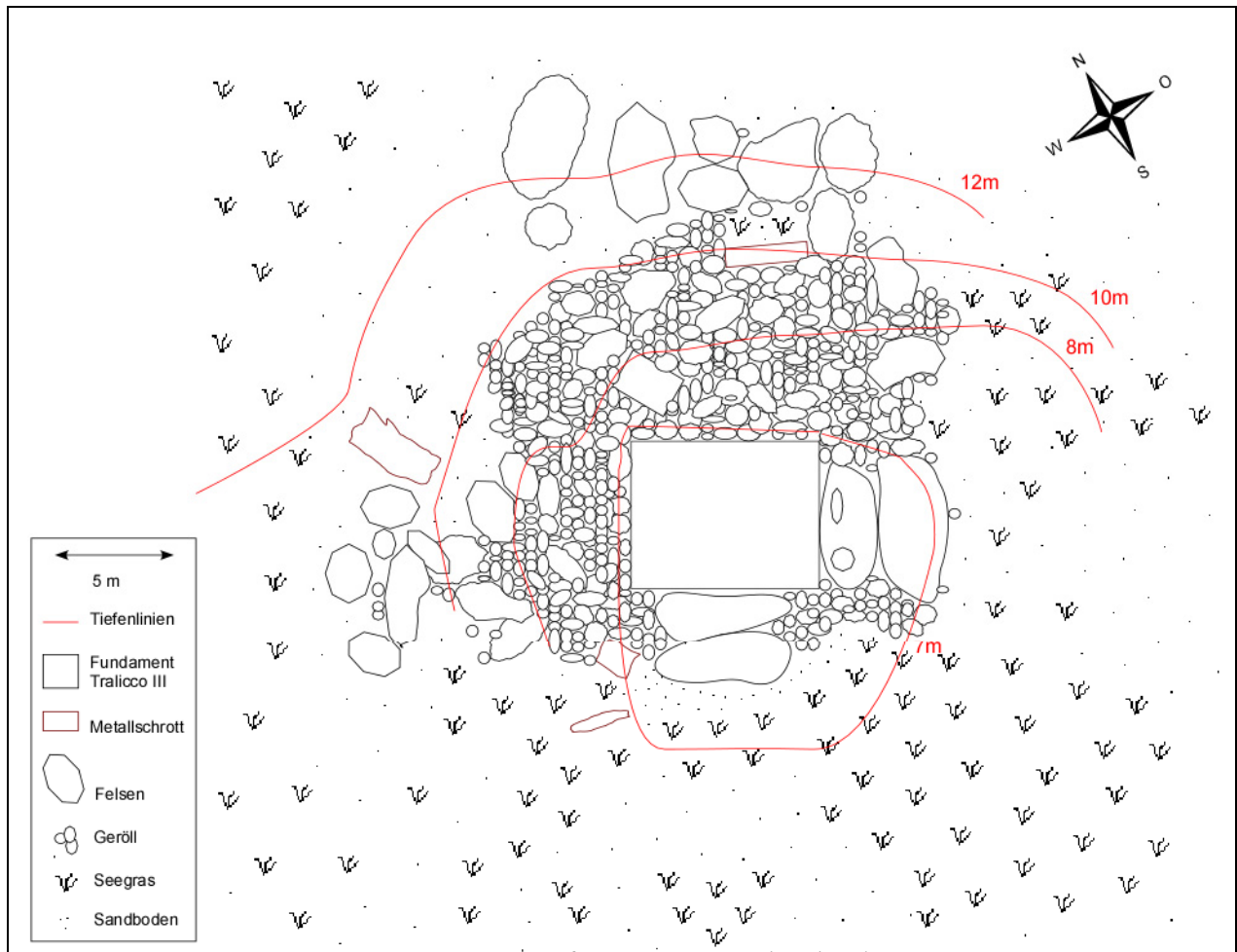


Abb. 7: Detailgenaue Darstellung der Unterwasser-Topographie des Untersuchungsgebietes Tralicco III (Giglio).

### 3. Untersuchungsobjekte

#### 3. 1. *Symphodus melanocercus* (RISSO, 1810) – Schwarzschwanz-Lippfisch

*Symphodus melanocercus* hat einen länglichen, schlanken, seitlich abgeflachten Körper und erreicht eine maximale Körperlänge von 12 bis 14 cm. Seine Körpergrundfarbe ist bräunlich-grau mit einer schwarzen, blau umsäumten Schwanzflosse (Abb. 8). Die Männchen besitzen während der Fortpflanzungsperiode (März-Juli) ein auffälliges, blaugesprenkeltes Laichkleid (VILCINSKAS, 1996).

Flossen: D XV – XVII / 6 -10, A III / 8 – 11, LL: 30 – 38.

Der Mittelmeer-Putzerfisch ist wie viele Vertreter aus der Familie der Labridae ein Hermaphrodit, mit primären wie auch sekundären Männchen. Die Eier werden in Algen oder kleinen Höhlen abgelegt, Brutpflege wird nicht betrieben (MOOSLEITNER, im Druck).

Die Ernährung ist carnivor. *S. melanocercus* sammelt Ektoparasiten, Mukus und erkrankte Hautteile von der Körperoberfläche zahlreicher Wirte. Daneben werden planktische Organismen sowie benthische und epiphytische Wirbellose (Polychaeta, Bryozoa, Crustacea, Gastropoda) aufgenommen (QUIGNARD & PRAS, 1986, ZANDER & SÖTJE, 2002).

*S. melanocercus* ist eine endemische Mittelmeerart und bis in eine Wassertiefe von 50 m anzutreffen.

Der Lebensraum umfasst algenbewachsene Felsgründe und Seegraswiesen, wobei häufig ausgedehnte Putzreviere besetzt werden. Während der Laichzeit kann das Verhalten v. a. männlicher Fische sehr territorial sein (FIEDLER, 1991).



Abb. 8: Der Putzerlippfisch *Symphodus melanocercus* (Normalfärbung) über Hartboden in 11m Wassertiefe am Tralicco III (Giglio).

### 3. 2. *Symphodus tinca* (LINNAEUS, 1758) – Pfauenlippfisch

*Symphodus tinca* hat einen länglich-ovalen, seitlich abgeflachten Körper und erreicht eine Körperlänge von bis zu 35 cm. Charakteristisch sind ein dunkler Fleck vom Auge bis zur Oberlippe und ein schwarzer Punkt an der Brustflossenbasis sowie der Schwanzwurzel. Die Körpergrundfarbe der Jungtiere und Weibchen ist bräunlich bis oliv mit dunklen Längsstreifen (Abb. 9). Die Männchen haben zur Fortpflanzungszeit (März-Juli) ein gelb-blaues Laichkleid (VILCINSKAS, 1996; MOOSLEITNER, im Druck).

Flossen: D XIV – XVI / 10 – 11, A III / 8 -11, LL: 33-38.

Der Pfauenlippfisch ist ein protogyner Zwitter, d. h. er wird erst als Männchen geschlechtsreif und wandelt sich im weiteren Verlauf seiner Entwicklung in ein Weibchen um. Die Männchen grenzen zur Laichzeit Reviere ab und bewachen aggressiv das zwischen Algen platzierte Gelege (FIEDLER, 1963, 1991).

Die Ernährung ist carnivor. Dabei werden v. a. bodenlebende Wirbellose (Polychaeta, Crustacea, Bryozoa, Bilvalvia, Echinodermata) aufgenommen. Der Pfauenlippfisch führt eine auffällige Fressgemeinschaft auf dem mediterranen Hartboden an, indem er Sediment und Algenmaterial aufnimmt, durch die Kiemen filtrierte und unverwertbare Bestandteile wieder ausspuckt. Von diesem Auswurf, den für ihn unverwertbaren Resten, profitieren verschiedene ihn begleitende Arten (ZANDER, 2002).

Als Lebensraum werden algenbewachsene Hartböden und Seegraswiesen bis 50 m Wassertiefe bevorzugt.



Abb. 9: Ein von *Symphodus melanocercus* begleitetes Exemplar des Pfauenlippfisches *Symphodus tinca* in 6m Wassertiefe am Tralicco III (Giglio).



### 3. 3. *Mullus surmuletus* (LINNAEUS, 1758) – Streifenmeerbarbe

*Mullus surmuletus* ist länglich und seitlich abgeflacht, mit konvex gewölbter Stirn. Streifenmeerbarben erreichen eine maximale Körperlänge von 35 cm (Abb. 10). Die Körpergrundfarbe ist variabel, von gelb, braun bis rötlich, mit drei bis vier dunkleren Längslinien. Die erste Dorsalflosse ist gelblich mit dunklen Streifen. Am Unterkiefer befinden sich zwei vorstreckbare Barteln. Das Maul ist protraktil (VILCINSKAS, 1996).

Flossen: D1 VII – VIII, D2 I / 8, A II / 5 – 6.

In der Laichzeit (Juni-September) werden die pelagischen Eier ufernah über Sandboden abgelegt (FIEDLER, 1991).

Die Ernährung ist carnivor. Die oftmals mit Artgenossen vergesellschafteten Streifenmeerbarben leben bodenorientiert und wühlen dabei mit Hilfe ihrer Barteln nach benthischen Wirbellosen. Oft befinden sich auch andere Arten in ihrem Gefolge, um von aufgewirbelten Beuteorganismen oder der geschaffenen Abbruchkante zu profitieren (MOOSLEITNER, 1982).

Als Lebensraum werden Sand- und Schlickböden bis in Tiefen von 100 m bevorzugt.



Abb. 10: Exemplar von *Mullus surmuletus* auf Sandboden.  
Quelle: Biopix dk: JC Schou.

---

## 4. Methoden

### 4.1. Untersuchungszeitraum

Die praktischen Feldarbeiten wurden von März 2002 bis Juni 2004 am Institut für Marine Biologie (IfMB) auf der Insel Giglio durchgeführt.

Im Jahr 2002 wurden in den Monaten März bis November bei insgesamt 92 Tauchgängen Daten zum Nahrungserwerb von *Symphodus melanocercus*, *Symphodus tinca* und *Mullus surmuletus* gewonnen. 2003 wurden die Beobachtungen in den Monaten Februar bis November mit 59 Tauchgängen fortgesetzt sowie das Markierungsexperiment mit *S. melanocercus* durchgeführt.

In den Monaten März bis Juni 2004 wurden bei 28 Tauchgängen verschiedene Attrappenversuche zur Untersuchung der Kommunikation innerhalb der Putzersymbiose von *S. melanocercus* vorgenommen.

### 4.2. Messung der hydrographischen Parameter

Eine hydrographische Einordnung des Untersuchungsgebietes erfolgte durch die regelmäßige Aufnahme folgender abiotischer Parameter: Sichttiefe, Wassertemperatur, Salinität, Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigung.

Alle Messungen wurden für die Wasseroberfläche und die Wassertiefe von 10 Meter vorgenommen.

Für jeden Untersuchungsmonat liegen mindestens zwei Messreihen vor. Neben den genannten Parametern wurde zusätzlich die bei den Messungen vorherrschende Wetter-situation aufgenommen, d. h. die aktuelle Bewölkung, die Windrichtung sowie die Windstärke.

#### Sichttiefe

Die Bestimmung der Sichttiefe erfolgte mit Hilfe einer Secchi-Scheibe. Vom aufgestoppten Boot wurde die Scheibe an einer 30m langen, in Meterschritten markierten Leine herabgelassen. Mit Hilfe eines Bathyskops wurde von der Wasseroberfläche die Tiefe bestimmt, in welcher beim Einholen der Leine die Secchi-Scheibe wieder zu erkennen war.

#### Wassertemperatur

Die Wassertemperatur wurde mit Hilfe eines in 10 m Wassertiefe abgelegten Unterwasserthermometers bestimmt. Zum Ende des Tauchgangs wurde die Temperatur abgelesen. Zur Temperaturmessung an der Wasseroberfläche wurde das Thermometer mit Hilfe einer

Karabinerleine für mindestens fünf Minuten dicht unter der Wasseroberfläche außenbords des Bootes gehängt.

#### Salinität

Zur Bestimmung des Salzgehaltes wurden während des Tauchganges zwei Wasserproben in PE-Flaschen entnommen. Die Messungen erfolgten im Institut für Marine Biologie mit Hilfe des Conductometers Condi 330 der Firma WTW.

#### Sauerstoff

Zur Sauerstoffbestimmung wurden die in PE-Flaschen entnommenen Wasserproben noch an Bord des Bootes mit dem Oximeter YSI 55 des Herstellers Fondriest Environmental bestimmt. Dabei wurden der Sauerstoffgehalt [mg/l] sowie die Sauerstoffsättigung [%] aufgenommen.

### **4. 3. Unterwasser-Kartierung des Tralicco III und Unterwasserfotografie**

Um Größen- und Tiefenangaben zum Untersuchungsgebiet zu erhalten, die zur späteren Beurteilung der Revierstruktur und der Reviergröße von *Symphodus melanocercus* notwendig waren, wurde eine detaillierte Unterwasser-Kartierung des Tralicco III durchgeführt (Abb. 7).

Während mehrerer Tauchgänge wurden durch zwei Taucher im Abstand von zwei Metern auf der Nord- und Südseite je fünf Transekte, auf der Ost- und Westseite je vier Transekte im Abstand von zwei Metern sowie die Diagonalen bis zu einer Entfernung von 15 Metern vom Fundament der ehemaligen Erzverladestation vermessen. Entlang des ausgelegten Maßbandes wurde dann in Meterschritten die Wassertiefe sowie das vorherrschende Substrat auf Plastiktafeln notiert. Zudem wurde mit Hilfe des Maßbandes und eines Unterwasser-Kompasses der Marke Suunto die genaue Ausdehnung und Lage des Fundamentes bestimmt. Skizzen und Fotos des Lebensraumes Tralicco III ergänzten die Arbeiten.

Sämtliche ausgeführte Unterwasserarbeiten wurden fotografisch begleitet. Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Unterwasseraufnahmen wurden mit Hilfe folgender Kameras aufgenommen: Nikon F80 in einem Hugyfot-Unterwassergehäuse mit dem Subtronic Blitz „Gamma“, Nikonos 5 mit einem 15mm Weitwinkel-Objektiv, Motormarine MMX II der Firma Sea & Sea mit dem TTL-Blitz YS-60.

Für die Überwasserfotos wurden die Digitalkamera Kodak Easy Share DX6340 und die Canon EOS 1000F benutzt.

#### 4. 4. Bestandsaufnahme der Fischfauna

Um das potentielle Wirtsspektrum von *Symphodus melanocercus* zu erfassen, wurde das gesamte Artenspektrum der Fischfauna im Untersuchungsgebiet halbquantitativ entsprechend der relativen Häufigkeiten erfasst. Die Tabelle 1 zeigt die dabei zu unterscheidenden Abundanzklassen.

Tabelle 1: Abundanzklassen der Fischfauna im Untersuchungsgebiet.

Symbol	Stufe	Bezeichnung	Individuen / 50m <sup>2</sup>
*	I	selten	1
**	II	vereinzelt	2 – 5
***	III	häufig	6 – 20
****	IV	massenhaft	> 20

#### 4. 5. Wichtige Begriffe

Im Rahmen der Unterwasserbeobachtungen sowie der Darstellung und Interpretation der Verhaltensweisen der untersuchten Fischgemeinschaft wurden verschiedene ethologische und ökologische Begriffe benutzt, deren Verwendung nachfolgend erläutert wird:

Alternative Nahrungsquellen: Nahrungskomponenten von *Symphodus melanocercus* mit Ausnahme der während des Putzvorganges abgesammelten Ektoparasiten, Hautteile und des epidermalen Schleims. Dazu gehören planktische und epiphytische Nahrungsorganismen sowie der Auswurf des Pfauenlippfisches *Symphodus tinca*.

Anschwimmen: Kontaktaufnahme des Putzers mit einem Wirtsfisch zur Initialisierung der Inspektion. Synonyme: Annäherung, Aufsuchen, Kontaktieren.

Appetenzverhalten / Appetenz: Spezifisches Suchverhalten nach einer auslösenden Reizsituation. Kontaktauforderung (Initiativgebärden): Die Suche nach Kontakt durch verschiedene Gebärden und Signale (HEYMER, 1977); spezielles Schwimmverhalten von *Symphodus melanocercus* bei der Wirtssuche (Putzappetenz-Schwimmen).

Auswurf: Von dem Pfauenlippfisch *Symphodus tinca* nicht verwertete Nahrungsbestandteile, die ausgespuckt und von verschiedenen Folgerarten aufgenommen werden.

Folgerfische, Folgerarten: Individuen bzw. Fischarten, welche die führende Art einer Fressgemeinschaft begleiten und von deren wühlender oder grabender Tätigkeit profitieren.

Inspektion: Absuchen der Körperoberfläche und Körperöffnungen der Wirtsfische nach Ektoparasiten. Setzt die Kooperationsbereitschaft des Wirtes voraus.

Inspektionsrate: Vom Putzerfisch kontaktierte Wirtsindividuen pro Beobachtungsintervall.

Nahrungserwerb: Variable Gestaltung der Nahrungsaufnahme durch *S. melanocercus*. Synonyme: Nahrungswahl, Nahrungsauswahl.

Pickingrate: Erfolgreiche Nahrungsaufnahme (Picken) des Putzers an der Körperoberfläche der Wirte pro Beobachtungsintervall.

Planktonfressen: Alternative Nahrungsquelle von *Symphodus melanocercus*. Zooplanktische Nahrungsorganismen werden durch eine schnelle Schnappbewegung erbeutet.

Putzaufforderungsstellung: Regungslose Position des Putzkunden bei der Inspektion durch einen Putzerfisch, ggf bei gleichzeitigem Öffnen des Mauls und Spreizen der Kiemendeckel. Zeigt die Kooperationsbereitschaft des Wirtes an. Tropische Wirtsfische und einzelne mediterrane Arten (*Diplodus* spp., *Serranus* spp.) zeigen eine Putzstarre, ein horizontales Verweilen beim Inspektionsvorgang.

Putzerfolg: Erfolgreiche Nahrungsaufnahme des Putzers von der Körperoberfläche seiner Wirte. Quotient aus Pickingrate und Inspektionsrate.

Potentielle Wirtsfische: Fischarten, die während des Untersuchungszeitraumes von *Symphodus melanocercus* angeschwommen wurden.

#### **4. 6. Beobachtungen zum Nahrungserwerb von *Symphodus melanocercus***

Die Beobachtungen zum tages- und jahresperiodischen Nahrungserwerb des Putzerlippfisches wurden 2002 und 2003 durchgeführt. In den weiterführenden Darstellungen und Betrachtungen wurden die saisonalen Datenreihen entsprechend der Entwicklung der Wassertemperatur sowie der faunistischen Aktivität im Untersuchungsgebiet wie folgt zusammengefasst:

- Frühjahr (F) – Beobachtungen der Monate März – Juni.
  - Sommer (S) – Beobachtungen der Monate Juli – September
  - Herbst (H) – Beobachtungen der Monate Oktober – November
  - Winter (W) – Beobachtungen der Monate Dezember – Februar
- 
- vormittags – Beobachtungen von 8.00 – 12.00 Uhr
  - mittags – Beobachtungen von 12.00 – 16.00 Uhr
  - abends – Beobachtungen von 16.00 – 21.00 Uhr

Alle Unterwasserbeobachtungen wurden mit Hilfe von autonomen Leichttauchgeräten in einer maximalen Wassertiefe von 15 m durchgeführt. Die Beobachtungsintervalle betragen dabei fünf Minuten. Zur Untersuchung des Nahrungserwerbs des Putzerlippfisches wurden mit Bleistift auf weiße Kunststofftafeln folgende Angaben notiert:

- Beobachtungsposition am Tralicco III
- Wassertiefe bei Erstsichtung des Labriden

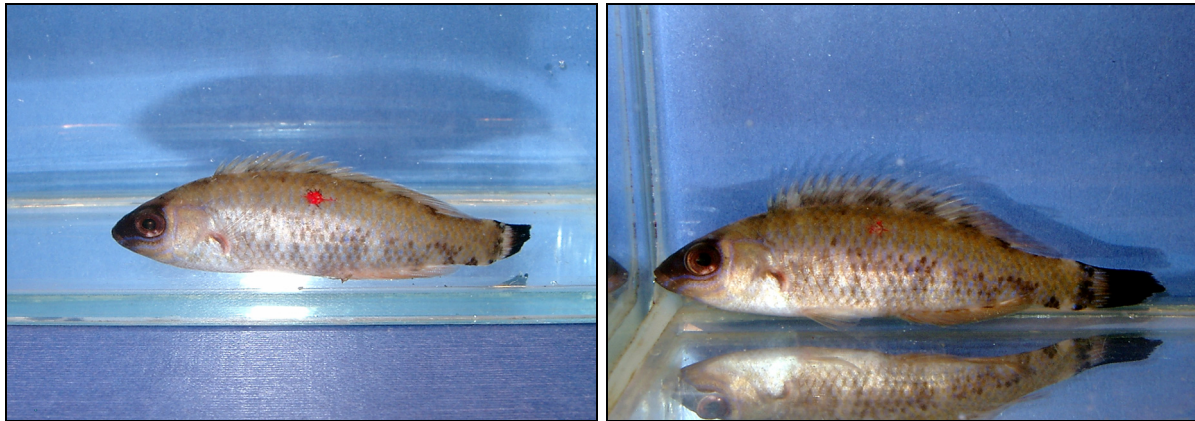
- Geschlecht von *Symphodus melanocercus*
- Anzahl und Artenspektrum der Wirtsfische sowie eingenommene Putzaufforderungsstellungen
- Erfolgreiche Pickversuche des Putzerfisches (Pickingrate)
- Alternative Nahrungskomponenten
- Appetenzverhalten
- Während des Beobachtungsintervalls vom Putzer zurückgelegte Wegstrecke

#### 4. 7. Markierungsexperiment mit *Symphodus melanocercus*

Zur Beurteilung eines individuellen Nahrungserwerbs sowie des Revierverhaltens von *Symphodus melanocercus* wurde ein Markierungsexperiment durchgeführt. Dazu wurden insgesamt neun Exemplare des Putzers mit Hilfe von Handkeschern gefangen und über Nacht in 25l Aquarien im IfMB gehältert. Das Fangen erfolgte in der Dämmerung kurz nach Sonnenuntergang, wenn die Putzer ihren Ruheplatz unter Algen oder in kleinen Felsspalten aufsuchten.

Am nächsten Morgen erfolgte die Markierung der einzelnen Individuen mit roter Tätowierfarbe der Tattoo Connection Berlin-Karlsruhe (Art. Nr. 5-PD 023). Um eine unnötige Stressbelastung und Verletzung zu verhindern, wurden die Fische vor der Markierung durch eine kurze Betäubung mit MS 222–Sandoz ruhig gestellt (LAUFLE et al., 1990). Der richtige Zeitpunkt für die Markierung war erreicht, wenn der Putzer anfang zu taumeln und sich zeitweilig auf den Rücken zu drehen. Dazu wurde er mit der Seite auf eine ebene und gut ausgeleuchtete Arbeitsplatte gelegt und der Farbstoff mit Hilfe einer Spritze (5 ml, Kanüle: 0,5 mm) an einer vorher festgelegten Stelle subkutan injiziert. Anschließend wurde der Putzer zurück in das belüftete 25l Aquarium gesetzt, für weitere 24 Stunden gehältert und dann am Ort seines Fanges freigesetzt. In den darauffolgenden Monaten konnten sieben der markierten Individuen regelmäßig wieder beobachtet werden. Nach ihrer Identifizierung durch den Taucher wurden die in Kapitel 4. 6. aufgeführten Daten notiert.

Im Vorfeld des Markierungsexperimentes wurden drei Fische (2 *Symphodus melanocercus*, 1 *Coris julis*) gefangen, auf beschriebene Weise markiert und über 12 Wochen in einem 25l Becken gehältert, um eine mögliche Veränderung der Markierung zu überprüfen und zu dokumentieren. Zwar unterlag die Markierung einer Veränderung, indem unter die Schuppen gelangte Farbe mit der Zeit auswusch, der Injektionskanal blieb jedoch dauerhaft gefärbt, so dass eine langfristige individuelle Identifizierung ermöglicht wurde (s. Abb. 11a-b).



a

b

Abb. 11a-b: Markiertes männliches Exemplar von *Symphodus melanocercus*, a: einen Tag, b: sechs Wochen nach der Markierung. Die dunkle Marmorierung ist eine Stressreaktion.

#### 4. 8. Attrappenversuche mit *Symphodus melanocercus*

Zur Interpretation der Kommunikation innerhalb der Wechselbeziehung wurden Attrappenversuche durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden von einem weiblichen und einem männlichem Exemplar des Lippfisches Kunststoffattrappen angefertigt. Die Individuen wurden direkt nach ihrem Fang tiefgefroren und in diesem Zustand an das Walter-Gropius-Berufskolleg TBS 2, Abteilung Präparatorentechnik in Bochum geliefert, deren Mitarbeiter die Attrappen anfertigten. Verwendet wurde eine Abgusstechnik mit einer zweiteiligen Form. Der aufgetaute Fisch wird dabei abgetrocknet, in ein Sandbett gelegt und die obere Seite mit Silikon (Fa. Ebalta) bedeckt. Nach dem Aushärten (ca. 2 h) wird ein Gipsmantel zur Stabilisierung der Form aufgetragen. Diese Technik wird für die zweite Seite des Fisches wiederholt. Nach weiteren 12 Stunden Trocknungszeit werden beide Seiten der Negativform mit Epoxydharz der Firma Ebalta auskaschiert und zusammengeklebt. Nach 48 Stunden können die Attrappen entnommen und weiterbehandelt, d. h. geschliffen und nachkoloriert werden (Attrappe A1 und Attrappe A2).

Zwei weitere Attrappen wurden aus der Modelliermasse FIMO Classic der Firma Faber gefertigt. FIMO, bestehend aus PVC und Weichmacher, kann per Hand in eine gewünschte Form gebracht werden und wird nach einer Trocknungszeit von 30 Minuten bei 130 °C hart und wasserfest. Eine dieser abstrahierten Attrappen wurde naturgetreu bemalt (Attrappe A3), bei der zweiten Attrappe wurde die Schwanzflosse einheitlich mit dem in der Grundfarbe des Fisches vorherrschenden grau-braun koloriert (Attrappe A4).

Die Attrappen A1 bis A4 wurden jeweils zehnmal zu unterschiedlichen Tageszeiten im Untersuchungsgebiet des Tralicco III zwischen sechs und elf Metern Wassertiefe eingesetzt. Zwei Minuten nach dem Entfernen des Tauchers von der in Position gebrachten Attrappe, wurden die zehnminütigen Beobachtungsintervalle durchgeführt.

Die Abbildung 12 zeigt zur Veranschaulichung die Unterschiede der eingesetzten Attrappen.

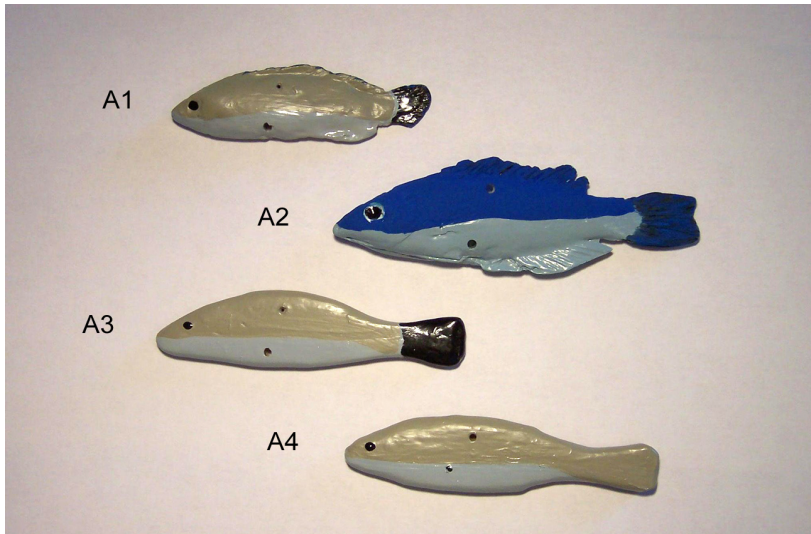
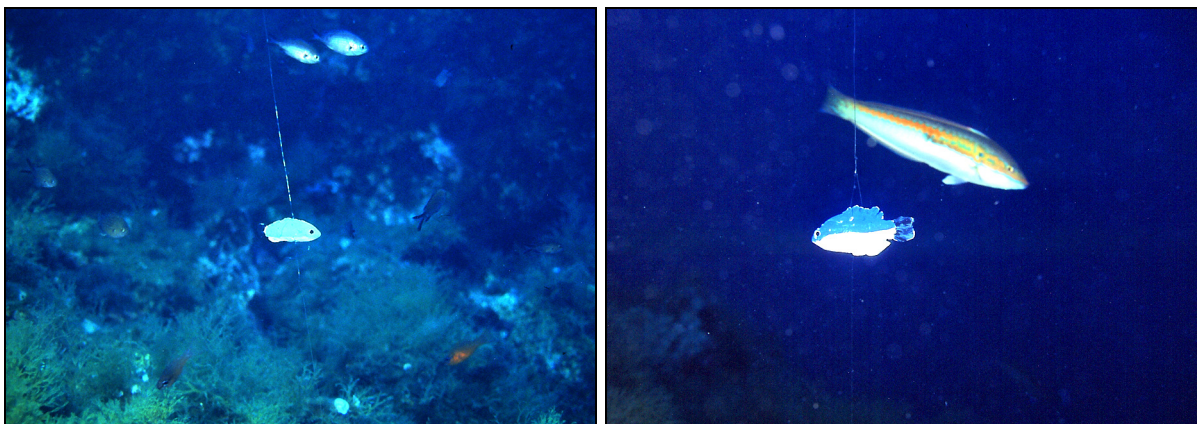


Abb. 12: In den Attrappenversuchen eingesetzte Attrappen. Von oben nach unten: Attrappe A1 - naturgetreuer Abguss eines Weibchens. A2 - naturgetreuer Abguss eines Männchens im Laichkleid. A3 - abstrahierte Attrappe in Normalfärbung. A4 - abstrahierte Attrappe ohne schwarze Caudalis.

Für den Unterwassereinsatz wurden die Attrappen körpermittig zweimal durchbohrt. Ventral wurde eine ca. 50 cm lange Nylonsehne mit einem Bleigewicht befestigt, dorsal eine ca. vier Meter lange Nylonsehne mit einem Schwimmkörper. Zur Eliminierung der Wellenbewegung sollte der Schwimmkörper unter der Wasseroberfläche stehen.

Gegenüber mit Draht fixierten Attrappen hat diese Methode den Vorteil, dass die Attrappen schnell versetzt werden können und zu einer eingeschränkten, von den Strömungsverhältnissen abhängigen Eigenbewegung fähig sind.

Die Abbildung 13a-b zeigt zwei der präparierten Attrappen im Unterwassereinsatz.



a

b

Abb. 13a-b: Attrappen A1 und A2 im Unterwassereinsatz am Tralicco III. Auf der Abbildung a sind im Hintergrund zwei Mönchsfische (*Chromis chromis*) zu erkennen, auf der Abbildung b ein Meerjunker (*Coris julis*).



#### 4. 9. Statistische Verfahren

Die Anwendung der statistischen Verfahren erfolgte nach LOZÁN & KAUSCH (1998).

##### Test nach David – Prüfung von Stichproben auf Normalverteilung

Der Test nach David und Mitarbeitern dient der Überprüfung von Stichproben auf Normalverteilung der Werte.

Prüfgröße =  $R / s$

$R$  = Spannweite

$s$  = Standardabweichung

Abschließend erfolgt eine Einordnung der Prüfgröße mit Hilfe einer Tafel kritischer Schranken.

##### Arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung ( $s$ )

Der arithmetische Mittelwert ( $\bar{x}$ ) ist die charakterisierende Maßzahl für symmetrische Verteilungen.

$\bar{x} = \sum x_i / n$

$x_i$  = Einzelwerte

$n$  = Stichprobenumfang

Die Standardabweichung ( $s$ ) gibt Auskunft über die Variabilität einer Stichprobe und die Streuung der Grundgesamtheit.

$s = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / n - 1}$

$x_i$  = Einzelwerte

$\bar{x}$  = arithmetischer Mittelwert

$n$  = Stichprobenumfang

##### t-Test (Student-Verteilung)

Der t-Test dient dem Vergleich zweier unabhängiger, normalverteilter Stichproben.

$t = |\bar{x}_1 - \bar{x}_2| / [\sqrt{\sum_{xx1} + \sum_{xx2} / n_1 + n_2 - 2}] * \sqrt{[n_1 * n_2 / n_1 + n_2]}$

$x_i$  = Einzelwerte

$\bar{x}$  = arithmetischer Mittelwert

$n$  = Stichprobenumfang

FG = Freiheitsgrade

$\alpha$  = Irrtumswahrscheinlichkeit

Wenn  $n_1 \neq n_2$ , dann  $FG = n_1 + n_2 - 2$

Mit dem berechneten t-Wert werden die Signifikanzschranken aus der Student-Verteilung überprüft. Wenn  $t \geq t_{FG/\alpha}$  dann liegen signifikante Unterschiede zwischen den Stichproben vor.

F-Test (Varianzanalyse)

Der F-Test dient zum Vergleich mehrerer nicht-verbundener Stichproben und prüft auftretende Abweichungen auf Signifikanz.

$$F = \text{MAQ}_{\text{zwi}} / \text{MAQ}_{\text{inn}}$$

Dabei ist:

Gesamtvariabilität

$$\sum (x_{ij} - \bar{x})^2 = \sum x_{ij}^2 - (\sum x_{ij})^2 / n$$

Variabilität zwischen den Gruppen

$$\sum n_i (x_j - \bar{x})^2 = \sum [(\sum x_{ij})^2 / n_i] - (\sum x_{ij})^2 / n$$

Variabilität innerhalb der Gruppen

$$\sum [\sum (x_{ij} - \bar{x})^2] = \sum x_{ij}^2 - \sum [(\sum x_{ij})^2 / n_i]$$

$x_{ij}$  = Einzelwerte

$\bar{x}$  = arithmetischer Mittelwert

$n$  = Stichprobenumfang

$FG_1/FG_2$  = Freiheitsgrade

$\alpha$  = Irrtumswahrscheinlichkeit

Mit Hilfe des errechneten F-Wertes werden die Signifikanzschranken der Varianztabelle überprüft. Wenn  $F \geq F_{FG_1/FG_2/\alpha}$ , dann liegen signifikante Unterschiede vor.

Chiquadrat-Test

Der Chiquadrat-Test dient der Homogenitätsprüfung zweier oder mehrer Stichproben.

$$\text{Chi}^2 = \sum (f - E)^2 / E$$

$$E_{a1} = T_1 * T_2 / T$$

$f$  = beobachtete Häufigkeit

$E$  = Erwartungswerte

$T$  = Randsummen

$FG$  = Freiheitsgrad

$\alpha$  = Irrtumswahrscheinlichkeit

Mit Hilfe des in der  $\text{Chi}^2$ -Tafel errechneten Wertes werden die Signifikanzschranken aus der  $\text{Chi}^2$ -Verteilung überprüft. Wenn  $\text{Chi}^2 \geq \text{Chi}^2_{FG/\alpha}$ , dann liegt keine Homogenität vor.

Korrelationskoeffizient r

Der Korrelationskoeffizient  $r$  ist eine wichtige Größe zur Prüfung, ob zwischen den vorliegenden Variablen  $x$  und  $y$  eine Abhängigkeit besteht.  $r$  gibt Auskunft über die Stärke und die Richtung des Zusammenhangs.

$$r = \sum_{xy} / \sqrt{\sum_{xx} * \sum_{yy}}$$

$x$  = Einzelwerte

$y$  = Einzelwerte

## 5. Ergebnisse

Die praktischen Arbeiten zur vorliegenden Arbeit fanden im Zeitraum März 2002 bis Juni 2004 am Institut für Marine Biologie auf der Insel Giglio (Toskana) statt.

Insgesamt wurden 179 Tauchgänge mit einer Wasserzeit von 173,5 Stunden im Untersuchungsgebiet, dem Tralicco III, durchgeführt (Tab. 2).

Tabelle 2: Im Untersuchungszeitraum ausgeführte Feldarbeiten.

	2002	2003	2004	Gesamt
<b>Tauchgänge</b>	92	59	28	179
<b>Wasserzeit [h]</b>	84,5	61	28	173,5
<b>Hydrographische Messungen</b>	31	19	7	57
<b>Beobachtungen <i>S. melanocercus</i></b>	260	171	-	431
<b>Markierungsexperiment <i>S. melanocercus</i></b>	-	118	-	118
<b>Attrappenversuche <i>S. melanocercus</i></b>	-	-	50	50
<b>Beobachtungen <i>S. tinca</i></b>	67	10	2	79
<b>Beobachtungen <i>M. surmuletus</i></b>	24	8	7	39

Im Untersuchungszeitraum wurden 57 hydrographische Messreihen aufgenommen, wobei in dem folgenden Kapitel 5. 1. monatlich zwei Messreihen berücksichtigt wurden.

Zur Beurteilung des Nahrungserwerbs des Putzerlippfisches *Symphodus melanocercus* konnten 431 Beobachtungsintervalle (5 min) durchgeführt werden, 118 davon entfielen auf das Markierungsexperiment. Im Rahmen der Attrappenversuche wurden 50 zehninütige Beobachtungen aufgenommen.

Eine Analyse der Fressgemeinschaften von *Symphodus tinca* und *Mullus surmuletus* erfolgte durch 79 bzw. 39 Beobachtungsintervalle (5 min).

### 5. 1. Hydrographie

Im gesamten Untersuchungszeitraum wurden die in Kapitel 4. 2. vorgestellten hydrographischen Parameter aufgenommen. Alle Messungen wurden in einer Wassertiefe von 10 Metern und an der Wasseroberfläche durchgeführt.

#### 5. 1. 1. Sichttiefe

Die Abbildungen 14 bis 16 zeigen die saisonale Entwicklung der Sichttiefe im Untersuchungszeitraum März 2002 bis Juni 2004.

Maximale Sichtweiten von 29 m konnten im Mai 2002, August 2002 und August 2003 festgestellt werden. Die geringsten Sichttiefen wurden 2002 im November mit 18 m und 2003 im März mit 16 m beobachtet. 2004 lagen die gemessenen Sichttiefen zwischen 17 m und 21 m.

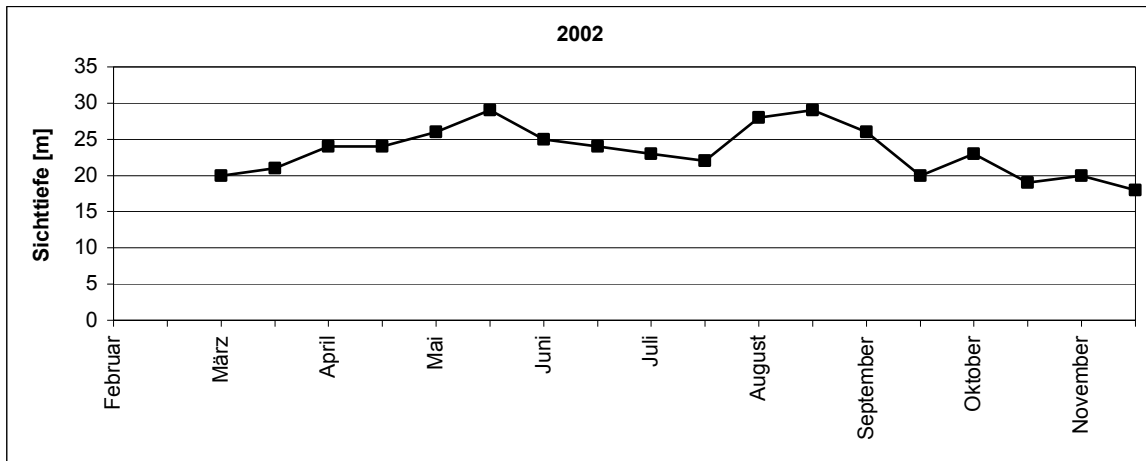


Abb. 14: Entwicklung der Sichttiefe im Untersuchungsgebiet 2002.

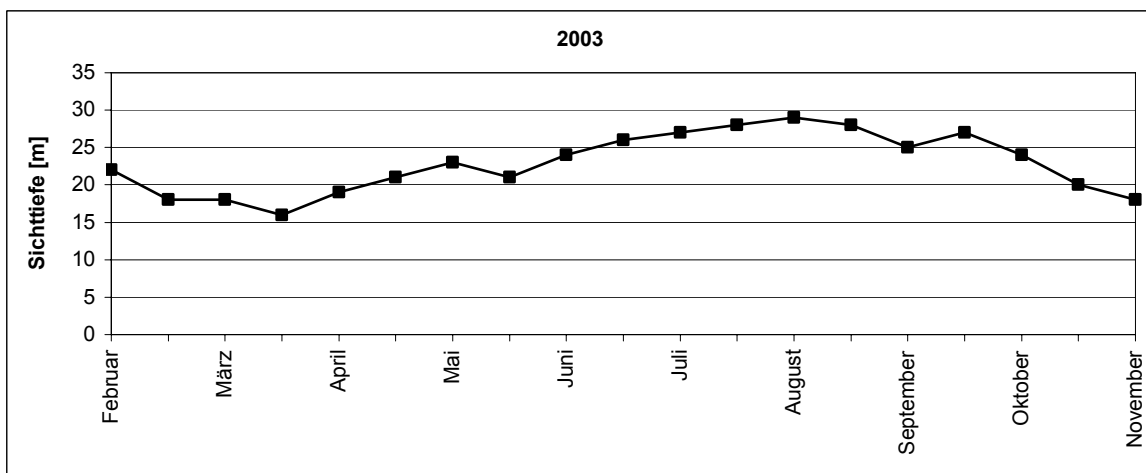


Abb. 15: Entwicklung der Sichttiefe im Untersuchungsgebiet 2003.

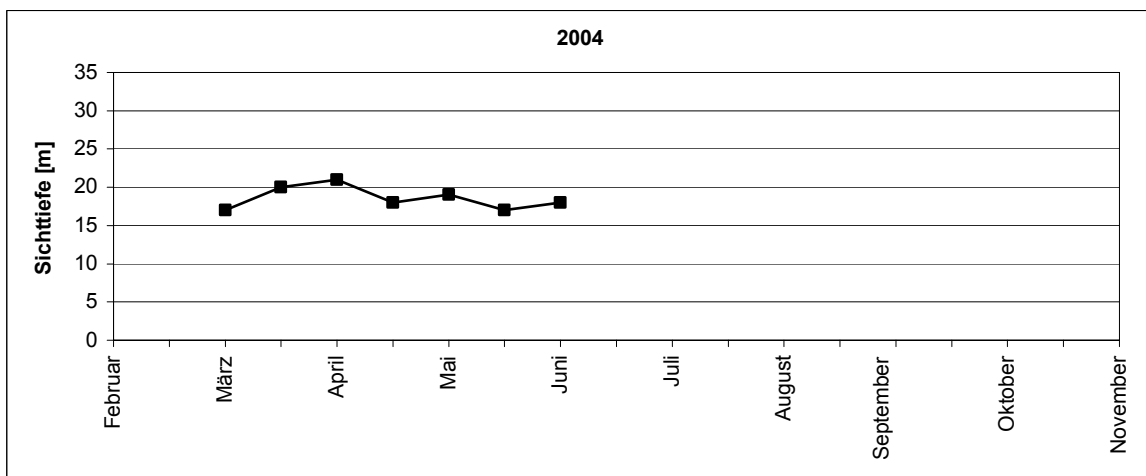


Abb. 16: Entwicklung der Sichttiefe im Untersuchungsgebiet März bis Juni 2004.

### 5. 1. 2. Wassertemperatur

Die Abbildungen 17 bis 19 zeigen die Entwicklung der Wassertemperatur an der Wasseroberfläche und in einer Tiefe von 10 m.

Die Temperaturen folgten dabei dem natürlichen Jahresgang. Die Tiefsttemperaturen zwischen 14° C und 15° C fanden sich dabei in den Monaten Februar und März des Untersuchungszeitraumes. Höchsttemperaturen konnten jeweils im August der Untersuchungsjahre 2002 und 2003 mit 26° C bzw. 28° C gemessen werden.

Die Temperaturen des Oberflächenwassers und des sublitoralen Wassers bewegten sich im Jahresgang parallel. Die dabei beobachteten höchsten Differenzen wurden 2002 im Juli mit 2,5° C und 2003 im Juni mit 3,0 ° C festgestellt.

Im Jahr 2004 konnten im Juni Oberflächentemperaturen von 21 ° C gemessen werden.

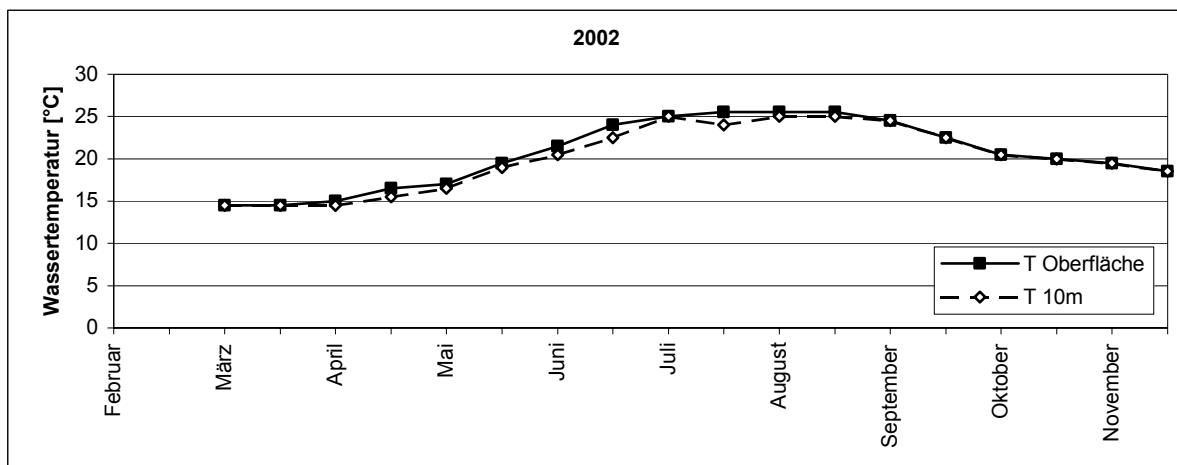


Abb. 17: Entwicklung der Wassertemperatur an der Oberfläche und in 10 m Wassertiefe im Untersuchungsgebiet 2002.

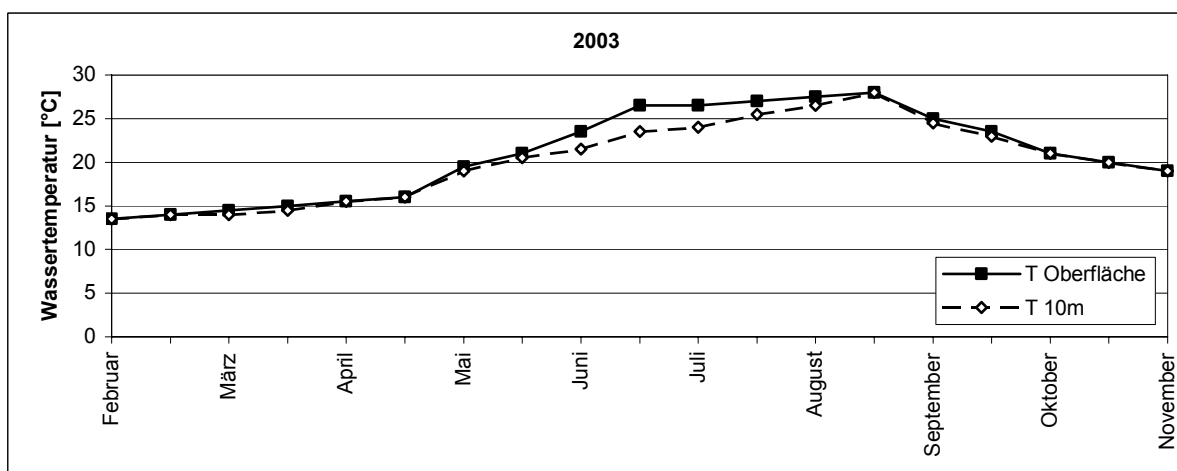


Abb. 18: Entwicklung der Wassertemperatur an der Oberfläche und in 10 m Wassertiefe im Untersuchungsgebiet 2003.

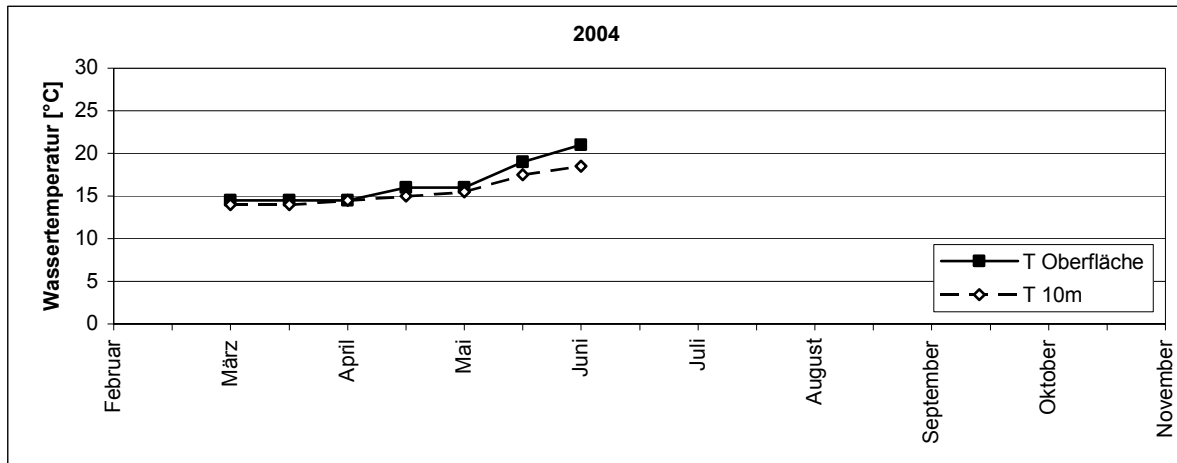


Abb. 19: Entwicklung der Wassertemperatur an der Oberfläche und in 10 m Wassertiefe im Untersuchungsgebiet von März bis Juni 2004.

### 5. 1. 3. Salinität

Die Abbildungen 20 und 21 zeigen die Entwicklung der Salinität im Untersuchungsgebiet. Der Salzgehalt am Tralicco III war weitgehend konstant. Die gemessenen Werte des Oberflächenwassers und des Wassers aus 10 Meter Tiefe wichen im Jahresverlauf nur sehr geringfügig voneinander ab. Die geringste Salinität mit 36,6 ‰ fand sich im Februar und März 2003. Maximale Werte wurden mit 37,6 ‰ im September 2003 festgestellt. Saisonal betrachtet stieg der Salzgehalt des Oberflächen- sowie des Tiefenwassers vom Frühjahr zum Herbst stetig an.

Die Messdaten aus dem Untersuchungsjahr 2002 standen wegen eines nachträglich festgestellten Gerätefehlers für eine abschließende Betrachtung nicht zur Verfügung.

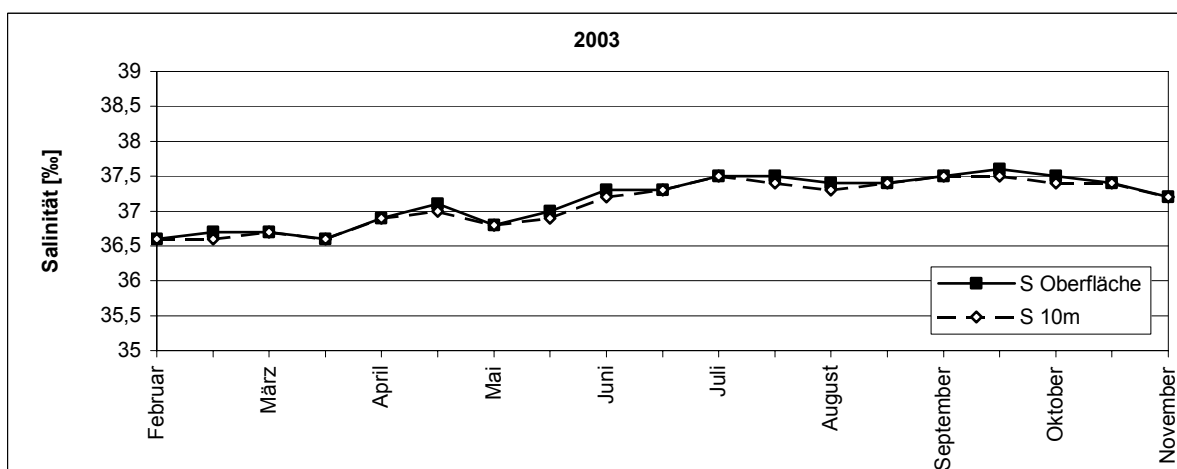


Abb. 20: Entwicklung der Salinität [‰] an der Wasseroberfläche und in 10 m Tiefe im Untersuchungsgebiet 2003.

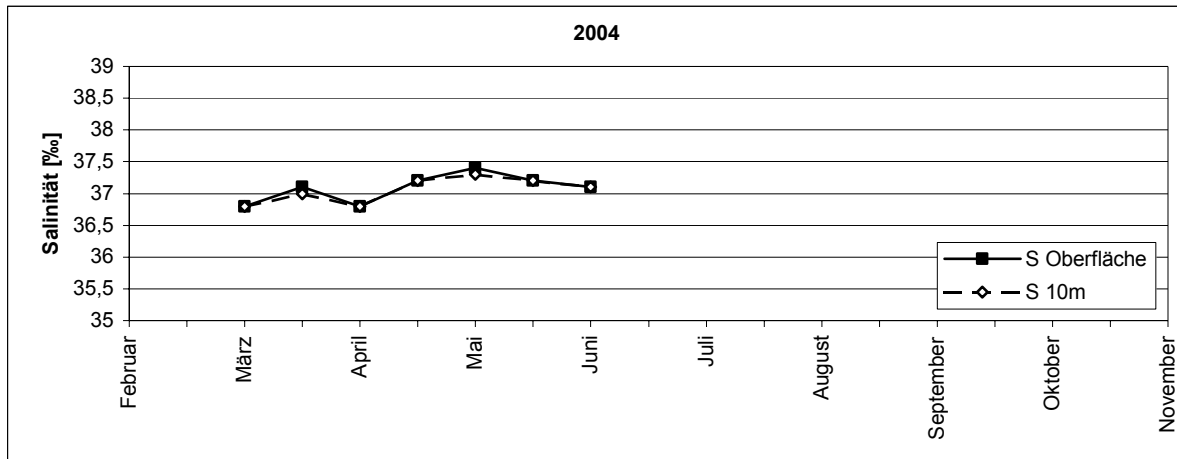


Abb. 21: Entwicklung der Salinität [‰] an der Wasseroberfläche und in 10 m Tiefe im Untersuchungsgebiet von März bis Juni 2004.

#### 5. 1. 4. Sauerstoff

In den Abbildungen 22 bis 24 wird die Entwicklung des Sauerstoffgehaltes [mg/l) und der Sauerstoffsättigung [%] im Untersuchungsgebiet dargestellt.

Die Sauerstoffwerte des Oberflächenwassers und des Wassers aus einer Tiefe von 10 Meter bewegten sich weitgehend parallel. Maximale Sauerstoffsättigungen, mit Werten über 110 %, fanden sich im Juli 2002, Mai 2003 und Juni 2004. Dagegen war der höchste Sauerstoffgehalt von mehr als 8,0 mg/l bereits im März eines jeden Untersuchungsjahres festzustellen. Saisonal betrachtet nahmen die Sauerstoffsättigung und der Sauerstoffgehalt vom Sommer bzw. Frühjahr zum Herbst und Winter hin ab.

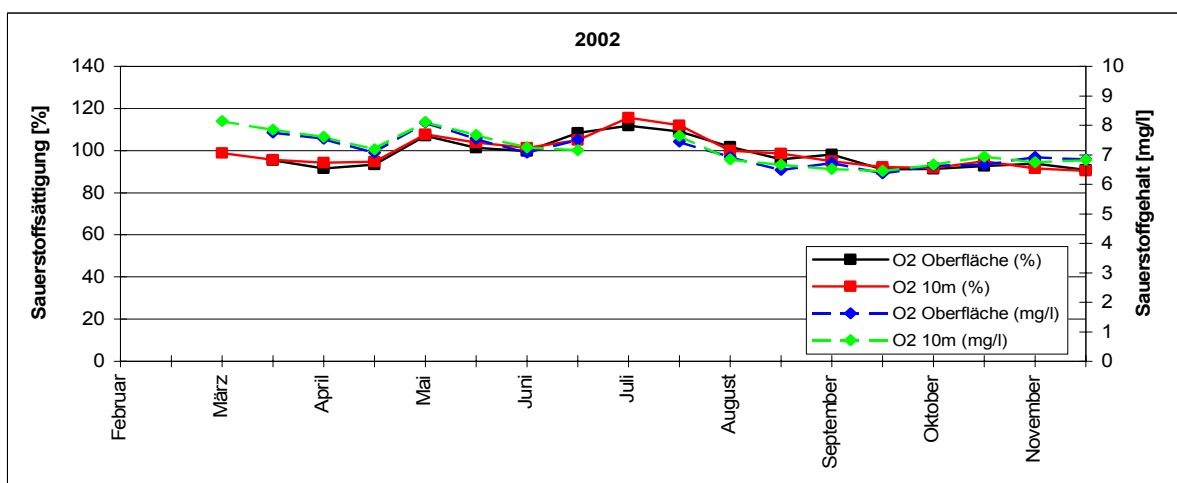


Abb. 22: Entwicklung der Sauerstoffsättigung [%] und des Sauerstoffgehaltes [mg/l] an der Wasseroberfläche und in 10 m Tiefe im Untersuchungsgebiet 2002.

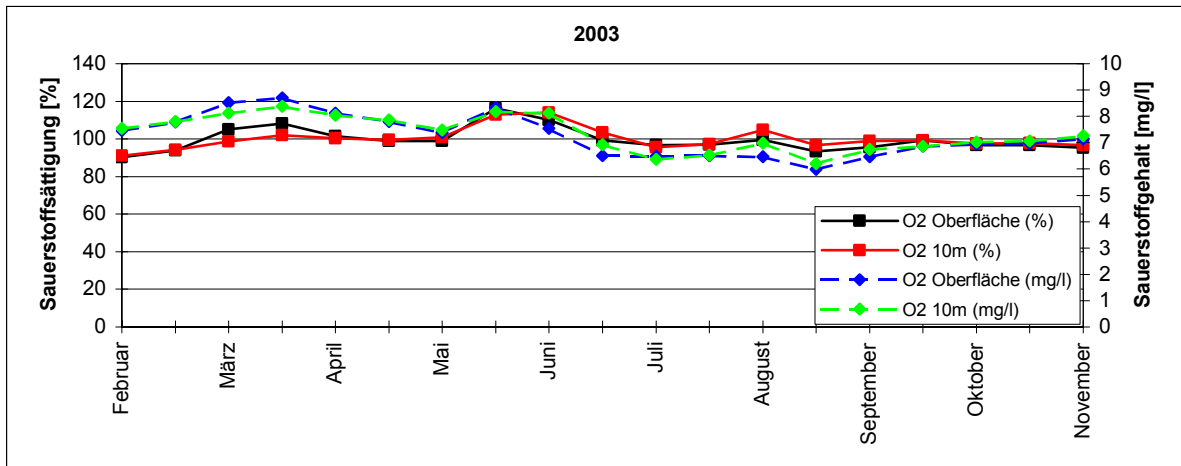


Abb. 23: Entwicklung der Sauerstoffsättigung [%] und des Sauerstoffgehaltes [mg/l] an der Wasseroberfläche und in 10 m Tiefe im Untersuchungsgebiet 2003.

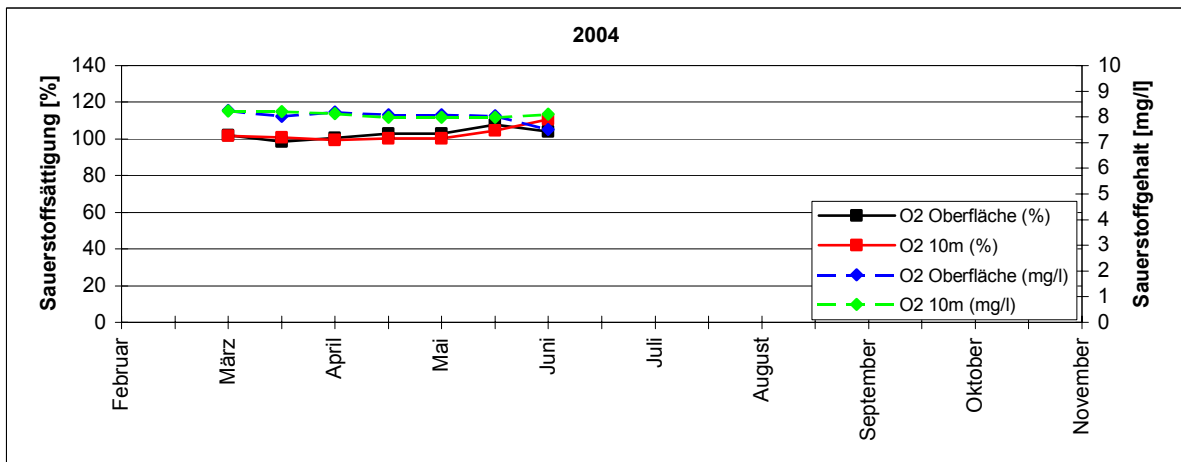


Abb. 24: Entwicklung der Sauerstoffsättigung [%] und des Sauerstoffgehaltes [mg/l] an der Wasseroberfläche und in 10 m Tiefe im Untersuchungsgebiet von März bis Juni 2004.





	F / 02	S / 02	H / 02	W /02/ 03	F / 03	S / 03	H / 03	F / 04
<i>Coris julis</i> (W)	III	III	III	III	III	III	III	III
<i>Symphodus cinereus</i> (W)	I	I	-	-	I	I	-	I
<i>Symphodus doderleini</i> (W)	I	I	I	-	I	I	I	I
<i>Symphodus mediterraneus</i> (W)	II	II	II	II	II	II	II	II
<i>Symphodus melanocercus</i> (W)	II	II	II	II	II	II	II	II
<i>Symphodus melops</i> (W)	I	I	I	I	-	I	-	-
<i>Symphodus tinca</i> (W)	III	III	III	III	II-III	III	III	II
<i>Symphodus ocellatus</i> (W)	III	III	III	III	III	III	III	III
<i>Symphodus roissali</i> (W)	II	II	II	I	II	II	II	II
<i>Symphodus rostratus</i> (W)	II	II	II	I	II	I	I	I
<i>Thalassoma pavo</i> (W)	II	II	II-III	II	I	II	II	I
<i>Trachinus draco</i>	I	I-II	I-II	I	I	I	I	I
<i>Gobius geniporus</i>	II	II	II	I	II	II	II	I
<i>Gobius cruenatus</i>	I	-	I	-	-	-	I	-
<i>Gobius vittatus</i>	I	I	-	-	I	-	-	I
<i>Pomatoschistus bathi</i>	II	II-III	II-III	II	II	II	II	II
<i>Trypterygion delaisi</i>	I	I-II	I-II	I	I	II	I	I
<i>Parablennius gattorugine</i> (W)	II	II	II	I	II	II	II	I
<i>Parablennius rouxi</i>	I	I	I	-	I	I	I	I
<i>Uranoscopus scaber</i>	I	I	I	-	I	I	I	I
<i>Scorpaena scrofa</i> (W)	II	II	II	I	II	II	II	II
<i>Scorpaena notata</i> (W)	I	I	-	-	I	I	I	I
<i>Scorpaena porcus</i> (W)	II	II	II	I	I	II	II	I
<i>Bothus podas</i>	I	I	I	I	I	I	I	I
<i>Sparisoma cretense</i> (W)	-	-	II*	-	-	I	-	-
<i>Torpedo marmorata</i>	I	-	-	-	I	-	-	-
<i>Dasyatis pastinaca</i>	-	I	-	-	-	-	-	-
<i>Sphyaena viridis</i> (W)	-	-	I	-	-	I	I	I
<i>Liza ramada</i>	-	III*	III*	-	-	II	II	-
<i>Seriola dumerili</i>	-	III*	-	-	-	-	III*	-
<i>Sardina pilchardus</i>	-	-	IV*	-	-	-	IV*	IV*
<i>Sciaena umbra</i> (W)	-	-	-	-	-	I	I	-
<i>Zeus faber</i>	-	-	-	-	-	-	-	I
<b>Artenzahl</b>	52	54	49	34	48	51	49	51

Es konnten im Untersuchungsgebiet 65 verschiedene Fischarten aus 26 Familien gezählt werden. Je nach Jahreszeit lag die Zahl zwischen 48 und 54 beobachteten Fischspezies, 39 Arten gehörten dem Wirtsspektrum von *Symphodus melanocercus* an. Im Februar 2003 konnten nur 34 verschiedene Arten gezählt werden, was u. a. durch die geringere Anzahl durchgeführter Tauchgänge erklärt werden kann.

### 5. 3. Putzersymbiose von *Symphodus melanocercus*

Zur Putzersymbiose von *Symphodus melanocercus* wurden insgesamt 431 Beobachtungsintervalle durchgeführt. Die Tabelle 4 zeigt die Anzahl der Intervalle zu unterschiedlichen Tageszeiten. Die Beobachtungen aus dem Frühjahr, Sommer und Herbst 2002 sowie dem Februar 2003 entstammen unmarkierten Individuen und werden im Folgenden zusammenfassend betrachtet. Ebenso werden die Daten aus den Monaten März bis November des Untersuchungsjahres 2003 zusammenhängend interpretiert.

Die Tabelle 4 zeigt die Anzahl durchgeführter Beobachtungen zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten.

Tabelle 4: Anzahl der von *Symphodus melanocercus* durchgeführten Beobachtungsintervalle in den Quartalen des Untersuchungszeitraumes 2002 / 2003. F: Frühjahr, S: Sommer, H: Herbst, W: Winter.

	F / 02	S / 02	H / 02	W / 02/03	F / 03	S / 03	H / 03
<b>Beobachtungen <i>S. melanocercus</i></b>	91	86	84	40	56	53	21
<b><i>S. melanocercus</i> 8.00 - 12.00 Uhr</b>	25	28	35	13	21	17	7
<b><i>S. melanocercus</i> 12.00 - 16.00 Uhr</b>	24	34	24	14	17	18	7
<b><i>S. melanocercus</i> 16.00 - 21.00 Uhr</b>	42	25	25	13	18	18	7

Die Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die Anzahl der Wirtsindividuen, der Wirtsarten, den Putzerfolg sowie über die alternativen Nahrungsquellen der beobachteten Putzerfische im gesamten Untersuchungszeitraum.

Tabelle 5: Ergebnisse zur Putzersymbiose von *Symphodus melanocercus*. Die Daten sind Mittelwerte aus den im jeweiligen Untersuchungsabschnitt gesammelten Beobachtungen. F: Frühjahr, S: Sommer, H: Herbst, W: Winter.

	F / 02	S / 02	H / 02	W / 02/03	F / 03	S / 03	H / 03
<b>Wirtsindividuen / 5 min</b>	8,2	6,8	6,4	8,1	7,4	5,4	8,2
<b>Wirtsindividuen / 5 min max.</b>	27	29	30	24	20	14	20
<b>Wirtsarten / 5 min</b>	3,5	3,4	3,5	2,8	4,1	3,3	4
<b>Wirtsarten / 5 min max.</b>	9	7	9	6	8	7	9
<b>Wirtsarten gesamt</b>	27	28	30	18	20	19	21
<b>Putzerfolg / 5 min</b>	1,9	1,0	1,1	1,3	1,6	0,8	0,7
<b>Alt. Nahrungsquellen / 5 min</b>	3,1	1,8	4,0	4,6	3,8	2,7	1,8

Eine Varianzanalyse (F-Test) offenbarte keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der pro Beobachtungsintervall kontaktierten Wirtsindividuen ( $F_{6/424/0,01} = 2,53$ ) und Wirtsarten ( $F_{6/424/0,05} = 2,09$ ) zwischen den Quartalen des Untersuchungszeitraumes. Dagegen gab es signifikante Unterschiede bezüglich des durchschnittlichen Putzerfolges ( $F_{6/424/0,01} = 6,11$ ) und der Aufnahme alternativer Nahrungsquellen ( $F_{6/424/0,01} = 3,04$ ).

Die im Mittel höchsten Wirtsindividuenzahlen pro Beobachtungsintervall fanden sich im Frühjahr 2002, im Winter 2002/2003 sowie im Herbst 2003. Im Herbst 2002 wurde mit 30 Individuen die maximale Zahl kontaktierter Wirtsfische pro Beobachtungsintervall festgestellt.

Bei den Wirtsarten zeigte sich ein sehr einheitliches Bild. Mit Ausnahme des Winters 2002/03 konnten durchschnittlich zwischen 3,3 und 4,1 Wirtsarten gezählt werden. Maximal wurden 9 Wirtsarten pro Zeitintervall beobachtet.

Am erfolgreichsten war das Putzverhalten von *S. melanocercus* im Frühjahr 2002 mit 1,9 erfolgreichen Inspektionen (Pickings) pro fünf Minuten.

Alternative Futterquellen spielten während der gesamten Beobachtungszeit eine wichtige Rolle im Nahrungserwerb des Putzerlippfisches. Der maximale Wert wurde mit 4,6 aufgenommenen alternativen Nahrungskomponenten pro fünf Minuten im Winter 2002/03 festgestellt.

### 5. 3. 1. Nahrungserwerb

Die Abbildungen 25 und 26 stellen den Nahrungserwerb der beobachteten Putzerlippfische im Untersuchungszeitraum dar.

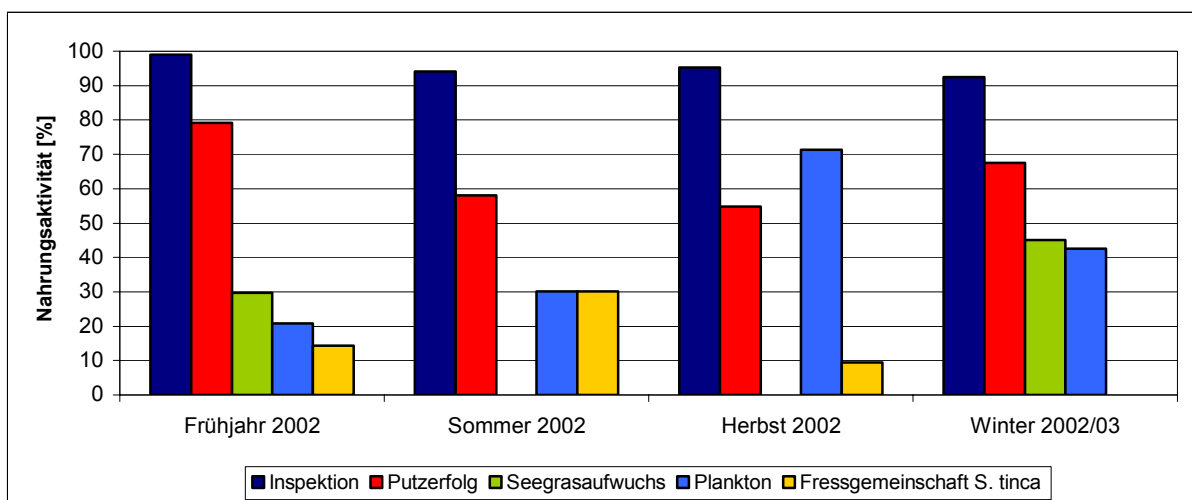


Abb. 25: Inspektionen und Nahrungserwerb von *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum 2002/2003. Da alle Fressaktivitäten während eines Beobachtungsintervalls gemeinsam auftreten konnten, kann die Summe größer als 100 % sein.

Eine Varianzanalyse (F-Test) zeigte, dass sich der Nahrungserwerb in den verschiedenen Quartalen des Untersuchungsjahres 2002 signifikant unterschied ( $F_{3/13/0,05} = 24,55$ ).

Im gesamten Untersuchungszeitraum 2002 lag der Anteil der Individuen von *S. melanocercus*, welche Putzinspektionen durchführten, über 92 %. Der größte Putzerfolg fand sich im Frühjahr 2002, als 79 % der beobachteten Individuen erfolgreich putzten. Epiphytischer Seegrasbewuchs spielte nur im Frühjahr und im Winter eine Rolle im Nahrungserwerb. Dagegen wurden planktische Organismen während des gesamten Kalenderjahres 2002

aufgenommen. Im Herbst 2002 suchten 71 % aller beobachteten Putzer Nahrungsorganismen im Freiwasser.

An Fressgemeinschaften des Pfauenlippfisches *Symphodus tinca* nahmen im Sommer 2002 30 % aller beobachteten Putzerfische teil, im Frühjahr und Herbst 2002 waren es deutlich weniger. Im Winter trat diese Nahrungsaktivität nicht auf.

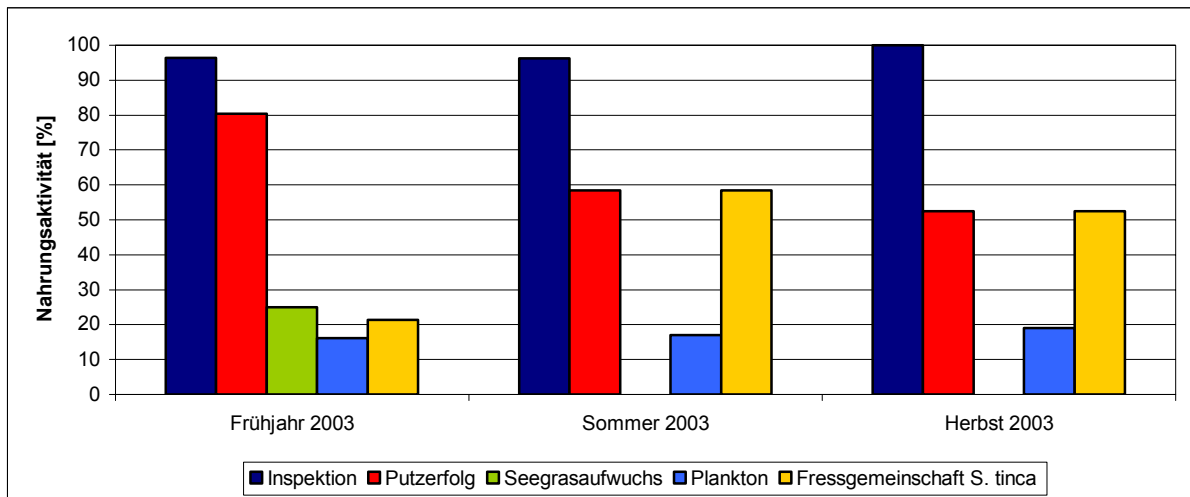


Abb. 26: Inspektionen und Nahrungserwerb von *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum 2003. Da alle Fressaktivitäten während eines Beobachtungsintervalls gemeinsam auftreten konnten, kann die Summe größer als 100 % sein.

Im Untersuchungszeitraum 2003 nahmen in allen Quartalen mehr als 96 % aller beobachteten *S. melanocercus* Wirtsinspektionen vor. Am erfolgreichsten war das Putzverhalten im Frühjahr. 80 % der Individuen konnten hier Putzerfolge verbuchen. Seegrassaufwuchs wurde lediglich im Frühjahr von 25 % der Putzerfische aufgenommen. Der Anteil planktonfressender *S. melanocercus* lag im Jahr 2003 zwischen 16 % und 19 %. Die Teilnahme an Fressgemeinschaften des Pfauenlippfisches konnte in allen Quartalen beobachtet werden. Im Sommer und Herbst 2003 nahmen mehr als die Hälfte aller Individuen an dieser Form des Kommensalismus teil.

Die Varianzanalyse (F-Test) offenbarte hochsignifikante Unterschiede im Nahrungserwerb zwischen den Quartalen des Untersuchungszeitraumes 2003 ( $F_{2/10/0,05} = 44,87$ ).

Die Abbildung 27 zeigt die prozentuale Zusammensetzung der verschiedenen Nahrungskomponenten von *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum 2002 / 2003.

Ektoparasiten und Mukus wurden während des gesamten Untersuchungszeitraumes mit wechselnden Anteilen von den Putzerfischen aufgenommen. Maximale Werte konnten im Frühjahr und Sommer 2002 mit 38 % bzw. 39 % beobachtet werden.

Je nach Jahreszeit spielten verschiedene alternative Nahrungsquellen eine wichtige Rolle. Epiphytische Organismen, welche die Blattspreiten des Neptungrases *Posidonia oceanica* besiedeln, dienten ausschließlich im Frühjahr 2002 und 2003 sowie im Februar 2003 als Nahrung. Dabei konnten Epibionten bis zu 60 % (Frühjahr 2003) der Nahrungskomponenten ausmachen.

Das Fressen planktischer Organismen wurde während aller Quartale beobachtet. Im Herbst 2002 lag der Anteil am Nahrungserwerb bei 74 %.

An Fressgemeinschaften des Pfauenlippfisches nahm der Putzer v. a. im Sommer und Herbst 2003 teil. Im Sommer 2003 entstammten 67 % der aufgenommenen Nahrung dieser kommensalischen Partnerschaft.

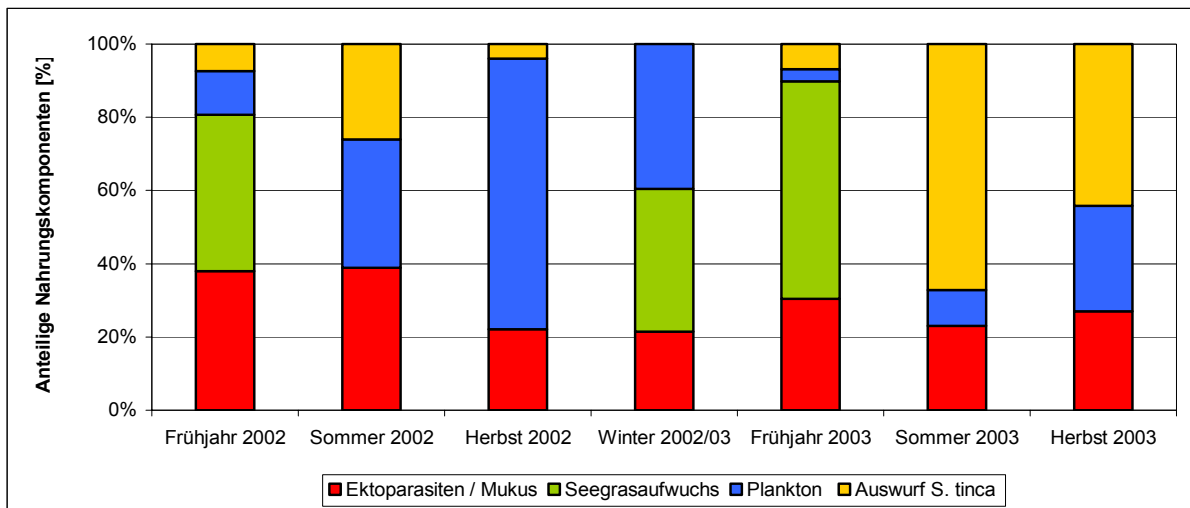


Abb. 27: Nahrungszusammensetzung der beobachteten *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum 2002 / 2003.

Die Abbildungen 28 bis 30 stellen die tagesperiodische Aufnahme der alternativen Nahrungskomponenten im Jahresverlauf dar. Dabei sind die Beobachtungsintervalle der Untersuchungsjahre 2002 und 2003 entsprechend der jahreszeitlichen Quartale zusammengefasst (vgl. Tabelle 4). Die allgemein hohen Standardabweichungen (s) weisen auf eine große individuelle Variabilität bei der Aufnahme alternativer Nahrung hin.

Epiphytische Nahrungsorganismen wurden nur im Winter und Frühjahr aufgenommen. Der maximale Wert fand sich mit durchschnittlich 4,2 Aufnahmen in den Mittagsstunden des Frühjahres (Abb. 28). Während die tagesperiodischen Unterschiede im Frühjahr signifikant waren ( $F_{2/144/0,01} = 25,78$ ), war die Aufnahme von Seegrasaufwuchs im Winter tageszeitlich homogen verteilt ( $F_{2/37/0,05} = 0,35$ ).

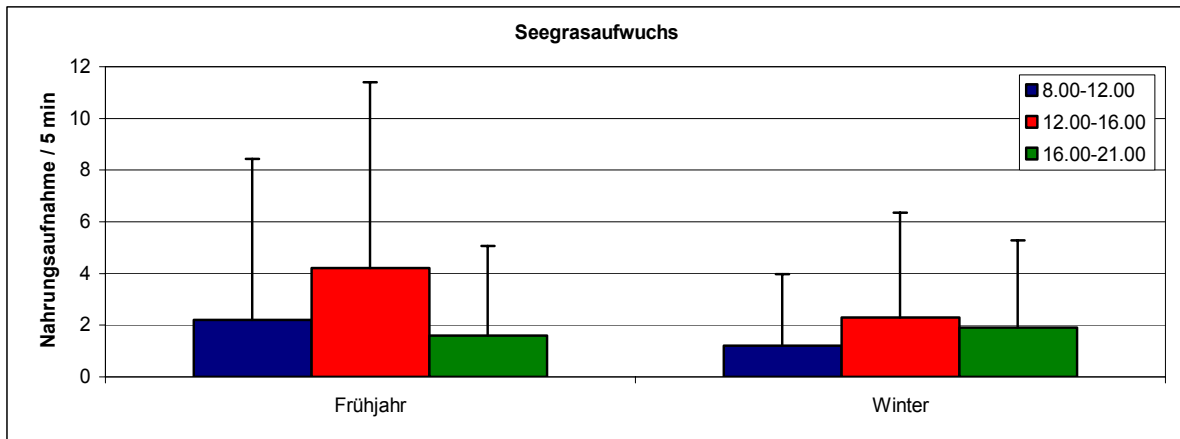


Abb. 28: Tagesperiodische Aufnahme von Seegrasaufwuchs durch *Symphodus melanocercus* im Untersuchungsgebiet 2002 – 2003 ( $\bar{x} \pm s$ ).

Plankton gehörte bei hoher individueller und jahreszeitlicher Variabilität ganzjährig zu den Nahrungskomponenten von *S. melanocercus* (Abb. 29). Im Frühjahr ( $F_{2/146/0,05} = 0,27$ ), Sommer ( $F_{2/139/0,05} = 0,85$ ) und Herbst ( $F_{2/104/0,05} = 1,53$ ) gab es keine signifikanten tagesperiodischen Unterschiede bei der Aufnahme planktischer Organismen. Dagegen lagen im Winter signifikante Unterschiede vor ( $F_{2/39/0,01} = 8,35$ ). In den Morgenstunden wurde zweimal so viel Plankton wie abends und fünfmal so viel Plankton wie mittags aufgenommen.

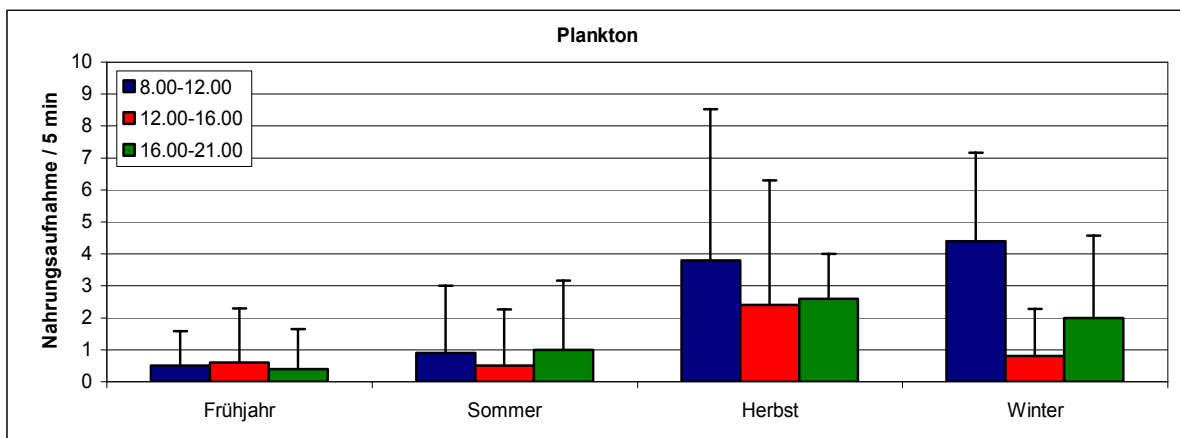


Abb. 29: Tagesperiodische Aufnahme planktischer Nahrungsorganismen durch *Symphodus melanocercus* im Untersuchungsgebiet 2002 – 2003 ( $\bar{x} \pm s$ ).

Der Auswurf des Pfauenlippfisches gehörte von Frühjahr bis Herbst zu den Nahrungskomponenten von *S. melanocercus* (Abb. 30). Es wurden dabei weder im Frühjahr ( $F_{2/147/0,05} = 0,01$ ), Sommer ( $F_{2/137/0,05} = 1,73$ ) oder Herbst ( $F_{2/104/0,05} = 0,96$ ) signifikante tagesperiodische Unterschiede festgestellt.

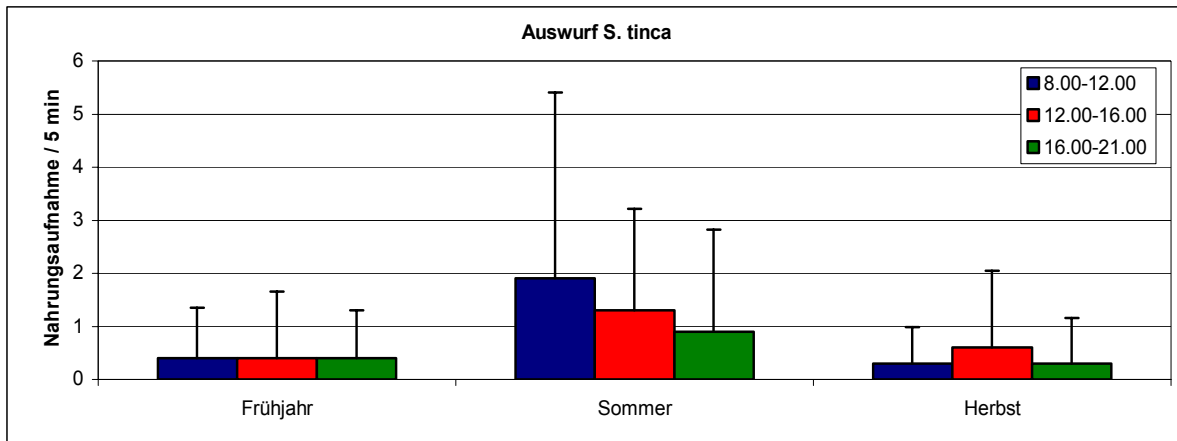


Abb. 30: Tagesperiodische Aufnahme von Auswurf des Pfauenlippfisches durch *Symphodus melanocercus* im Untersuchungsgebiet 2002 – 2003 ( $\bar{x} \pm s$ ).

### 5. 3. 2. Wirtsindividuen, Wirtsarten und Putzerfolg

Die Abbildungen 31 und 32 zeigen die durchschnittliche Anzahl der pro Beobachtungsintervall angeschwommenen Wirtsfische und den Putzerfolg zu unterschiedlichen Tageszeiten im Untersuchungszeitraum.

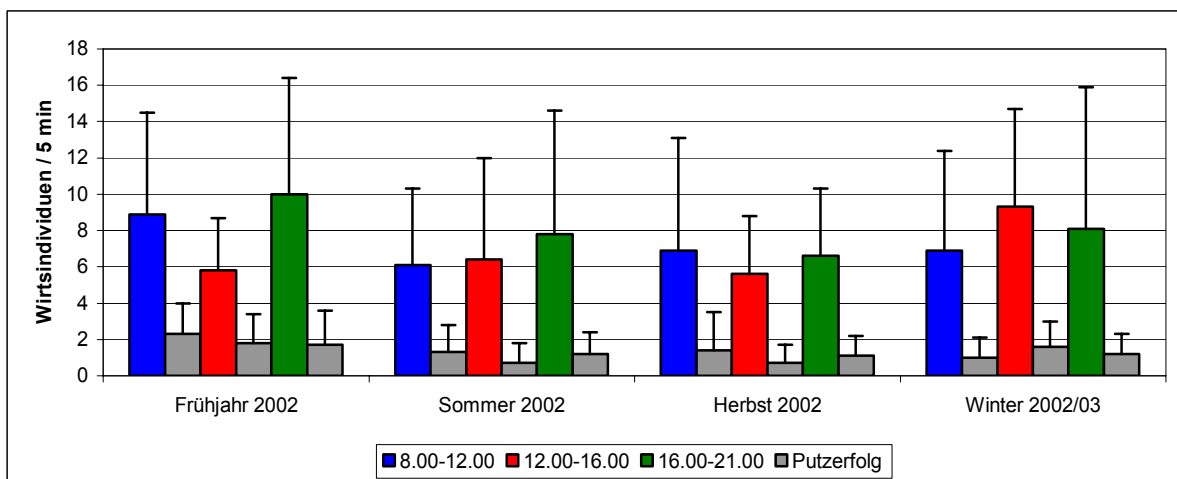


Abb. 31: Durchschnittliche Anzahl angeschwommener Wirtsindividuen und durchschnittlicher Putzerfolg von *Symphodus melanocercus* pro Beobachtungsintervall zu unterschiedlichen Tageszeiten des Untersuchungszeitraumes 2002 ( $\bar{x} \pm s$ ).

Die höchste Inspektionsrate im Untersuchungszeitraum 2002 konnte in den Abendstunden des Frühjahres mit durchschnittlich zehn Wirtsindividuen pro Beobachtungsintervall festgestellt werden. Mit Ausnahme des Winters 2002 / 2003 wurden in den Mittagsstunden weniger Wirtsindividuen kontaktiert als in den Morgen- und Abendstunden. Die im Allgemeinen hohen Standardabweichungen ( $s$ ) verdeutlichen die große Streuung der gewonnenen Daten.



Der größte Putzerfolg fand sich im Frühjahr 2002. Hier wurde in den Morgenstunden durchschnittlich 2,3mal pro Beobachtungsintervall erfolgreich geputzt. Besonders geringer Putzerfolg (<10 %) wurde in den Mittagsstunden des Sommers und des Herbstes 2002 beobachtet.

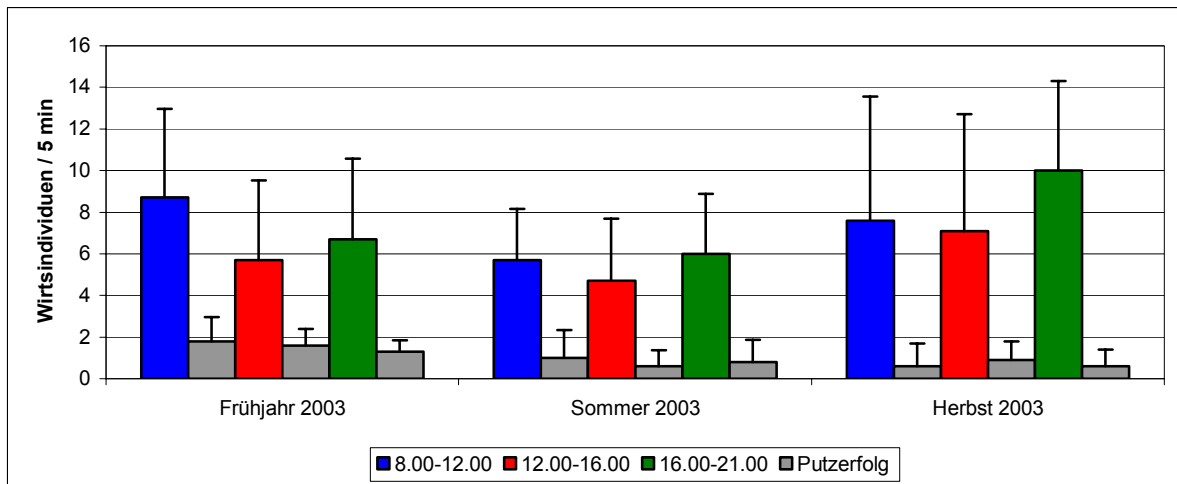


Abb. 32: Durchschnittliche Anzahl angeschwommener Wirtsindividuen und durchschnittlicher Putzerfolg von *Symphodus melanocercus* pro Beobachtungsintervall zu unterschiedlichen Tageszeiten des Untersuchungszeitraumes 2003 ( $\bar{x} \pm s$ ).

Im Untersuchungsjahr 2003 zeigte *Symphodus melanocercus* mit zehn kontaktierten Wirtsindividuen pro Beobachtungsintervall in den Abendstunden des Herbstes die durchschnittlich höchste Inspektionsrate. In allen Quartalen nahm die Zahl angeschwommener Wirte in den Mittagsstunden ab.

Die ermittelten Standardabweichungen ( $s$ ) belegen auch für das Jahr 2003 eine hohe Variabilität im Putzverhalten der untersuchten Population von *S. melanocercus*.

Der Putzerfolg war mit durchschnittlich 1,8 erfolgreichen Versuchen in den Morgenstunden des Frühjahres am höchsten und nahm im Jahresverlauf ab.

Eine Varianzanalyse (F-Test) ergab keine signifikanten Unterschiede bei der Anzahl durchschnittlich angeschwommener Wirtsindividuen zu unterschiedlichen Tageszeiten im Untersuchungszeitraum 2002 / 2003 (8.00-12.00 Uhr:  $F_{6/139/0,05} = 1,27$ ; 12.00-16.00 Uhr:  $F_{6/131/0,05} = 1,80$ ; 16.00-21.00 Uhr:  $F_{6/141/0,05} = 1,88$ ).

Bezüglich des Putzerfolges ergab die Varianzanalyse (F-Test) keine signifikanten Unterschiede für die Morgenstunden und die Abendstunden des Untersuchungszeitraumes 2002 / 2003 (8.00-12.00 Uhr:  $F_{6/139/0,05} = 1,89$ ; 16.00-21.00 Uhr:  $F_{6/141/0,05} = 1,55$ ). In den Mittagsstunden traten dagegen signifikante Unterschiede im Putzerfolg auf (12.00-16.00 Uhr:  $F_{6/131/0,05} = 4,23$ ).

Die Abbildung 33 stellt die durchschnittliche Anzahl der pro Beobachtungsintervall kontaktierten Wirtsarten zu verschiedenen Tageszeiten im Untersuchungszeitraum dar.

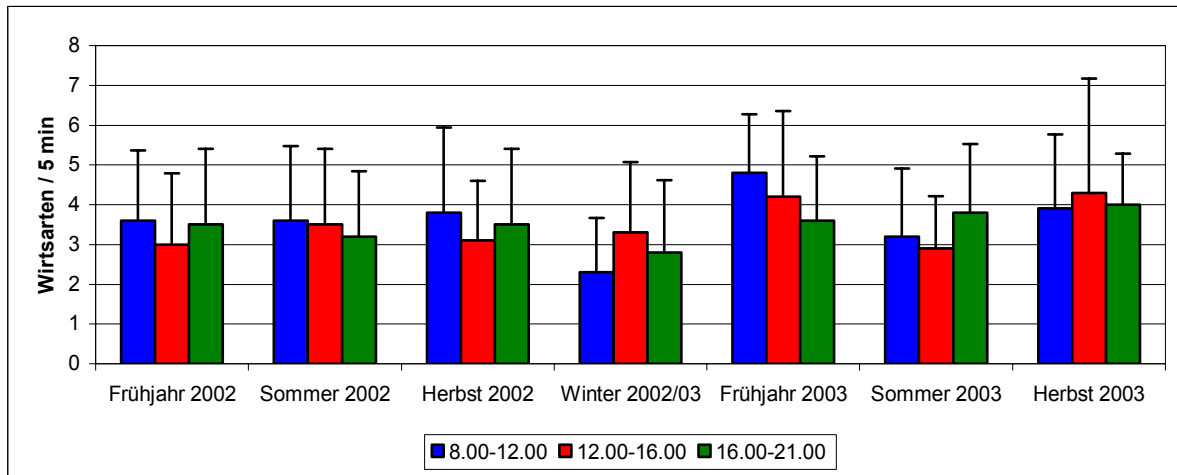


Abb. 33: Durchschnittliche Anzahl der von *Symphodus melanocercus* angeschwommenen Wirtsarten pro Beobachtungsintervall zu unterschiedlichen Tageszeiten im Untersuchungszeitraum 2002/2003 ( $\bar{x} \pm s$ ).

In vier der sieben Beobachtungsquartale wurden morgens die meisten Wirtsarten aufgesucht. So fand sich auch in den Morgenstunden des Frühjahrs 2003 der maximale beobachtete Wert mit durchschnittlich 4,8 inspizierte Spezies.

Im Winter 2002/03 wurden durchschnittlich nur 2,8 Wirtsarten in fünf Minuten angeschwommen (vgl. Tab. 5). In den Morgenstunden dieses Quartals wurde mit 2,3 Wirtsspezies der niedrigste Wert des Untersuchungszeitraumes aufgenommen.

Die 2003 ermittelten Werte lagen v. a. im Frühjahr und Herbst über denen aus dem Vorjahr. Die zum Teil hohen Standardabweichungen (s) verdeutlichen eine breite Streuung der gewonnenen Daten.

Eine Varianzanalyse (F-Test) zeigte einen signifikanten Unterschied für die pro Beobachtungsintervall kontaktierten Wirtsarten in den Morgenstunden des Untersuchungszeitraumes ( $F_{6/139/0,01} = 2,82$ ). Dagegen waren die Daten für die Mittags- und Abendstunden homogen (12.00-16.00 Uhr:  $F_{6/131/0,05} = 1,35$ ; 16.00-21.00 Uhr:  $F_{6/141/0,05} = 0,64$ ).

### 5. 3. 3. Wirtsspektrum, Wirtspräferenzen und Putzerfolg

Während der Feldarbeiten in den Jahren 2002 bis 2004 wurden 39 Fischarten als Wirte des Putzerlippfisches festgestellt.

Atherinidae	<i>Atherina</i> spp. - Ährenfisch
Serranidae	<i>Epinephelus guaza</i> - Brauner Zackenbarsch <i>Serranus cabrilla</i> - Sägebarsch <i>Serranus scriba</i> - Schriftbarsch
Apogonidae	<i>Apogon imberbis</i> - Meerbarbenkönig
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i> - Mönchsfisch
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i> - Streifenmeerbarbe <i>Mullus barbatus</i> - Rote Meerbarbe
Centracanthidae	<i>Spicara maena</i> - Gefleckter Schnauzenbrassen <i>Spicara smaris</i> - Schnauzenbrassen
Sparidae	<i>Diplodus annularis</i> - Ringelbrassen <i>Diplodus puntazzo</i> - Spitzbrassen <i>Diplodus sargus</i> - Großer Geißbrassen <i>Diplodus vulgaris</i> - Zweibindenbrassen <i>Oblada melanura</i> - Brandbrassen <i>Sarpa salpa</i> - Goldstriemen <i>Boops boops</i> - Gelbstriemen
Labridae	<i>Labrus bimaculatus</i> - Kuckucks-Lippfisch <i>Labrus merula</i> - Brauner Lippfisch <i>Labrus viridis</i> - Grüner Lippfisch <i>Acantholabrus palloni</i> - Sattelfleck-Lippfisch <i>Coris julis</i> - Meerjunker <i>Symphodus cinereus</i> - Grauer Lippfisch <i>Symphodus doderleini</i> - Langstreifiger Lippfisch <i>Symphodus mediterraneus</i> - Mittelmeer-Lippfisch <i>Symphodus melanocercus</i> - Schwarzschwanz-Lippfisch <i>Symphodus melops</i> - Goldmaid <i>Symphodus tinca</i> - Pfauenlippfisch <i>Symphodus ocellatus</i> - Augenfleck-Lippfisch <i>Symphodus roissali</i> - Fünffleckiger Lippfisch <i>Symphodus rostratus</i> - Langschnauzen-Lippfisch <i>Thalassoma pavo</i> - Meerpfau

---

Blenniidae	<i>Parablennius gattorugine</i> - Geweihschleimfisch
Scorpaenidae	<i>Scorpaena scrofa</i> - Großer Roter Drachenkopf
	<i>Scorpaena notata</i> - Kleiner Roter Drachenkopf
	<i>Scorpaena porcus</i> - Großer Brauner Drachenkopf
Scaridae	<i>Sparisoma cretense</i> - Papageifisch
Sphyraenidae	<i>Sphyraena viridis</i> - Atlantischer Barrakuda
Sciaenidae	<i>Sciaena umbra</i> - Meerrabe

Die potentiellen Wirtsarten von *Symphodus melanocercus* gehörten 13 verschiedenen Familien an. Am häufigsten waren die Labridae (15 Arten) und die Sparidae (7 Arten) vertreten.

In den Grafiken 34 und 35 sind 13 (= 92,5 %) Wirtsarten von *Symphodus melanocercus* aufgeführt. Neben diesen 13 regelmäßig aufgesuchten Arten, gehörten noch weitere 26 Fischarten dem Wirtsspektrum des Putzers an. Diese wurden jedoch nur vereinzelt oder zu bestimmten Jahreszeiten geputzt. Die Daten zum anteiligen Wirtsspektrum erwiesen sich hinsichtlich der verschiedenen Quartale als homogen ( $F_{6/84/0,05} = 0,1$ ).

Der Pomacentride *Chromis chromis* stellte v. a. im Untersuchungsjahr 2002 den mit Abstand größten Anteil inspizierter Wirtsfische. Im Winter 2002/03 gehörten 66 % aller Wirte dieser Art an. 2003 ging der Anteil des Mönchsfisches deutlich zurück.

Zwei Vertreter aus der Familie der Serranidae waren über den gesamten Beobachtungszeitraum als Putzkunden von *Symphodus melanocercus* zu beobachten. Während der Anteil von *Serranus cabrilla* sich in den meisten Quartalen um 4 % bewegte, lag der Anteil von *Serranus scriba* zwischen 3 % und 11 %.

Viele der regelmäßig kontaktierten Wirtsarten entstammten der Familie der Labridae. Die dominierenden Arten waren der Pfauenlippfisch *Symphodus tinca* und der Meerjunker *Coris julis*. Während sich der Anteil von *S. tinca* mit Ausnahme des Winters 2002/03 stets über 10 % bewegte, lag der von *C. julis* zwischen 4 % im Herbst 2003 und 11 % im Frühjahr 2003. Andere Labridae wie *Symphodus mediterraneus*, *S. ocellatus*, *S. roissali* und *S. rostratus* spielten eine untergeordnete Rolle im Spektrum des Putzers.

Der Anteil des Apogoniden *Apogon imberbis* am Wirtsspektrum variierte im Untersuchungszeitraum sehr stark. Im Winter 2002/03 machte diese Art 1 %, im Herbst 2002 hingegen 8 % der angeschwommenen Wirte aus.

Aus der Familie der Sparidae waren *Oblada melanura* mit 14 % (Sommer 2003) und *Sarpa salpa* mit 9 % (Frühjahr 2003) am regelmäßigsten als Putzkunden zu beobachten.

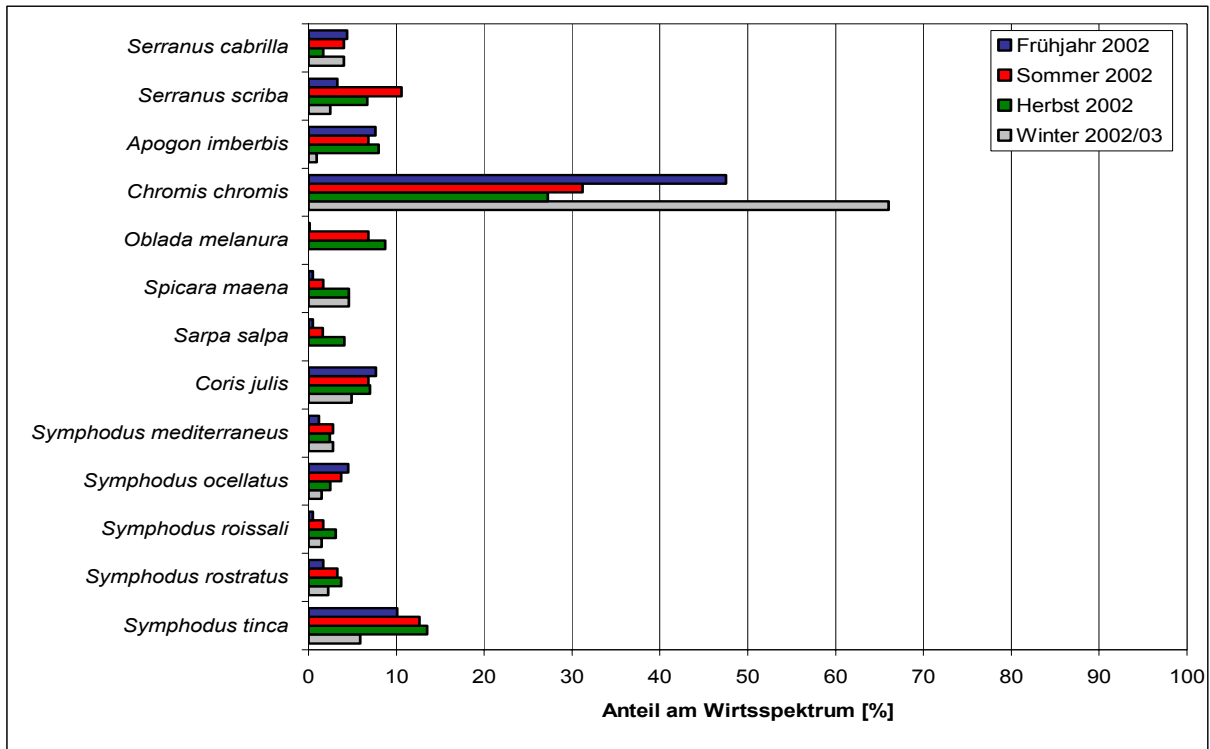


Abb. 34: Anteil von 13 Wirtsarten von *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum 2002/2003. Dargestellt sind nur solche Arten, die in mindestens fünf Quartalen als Wirte auftraten und deren Anteil in einzelnen Quartalen über 1 % lag.

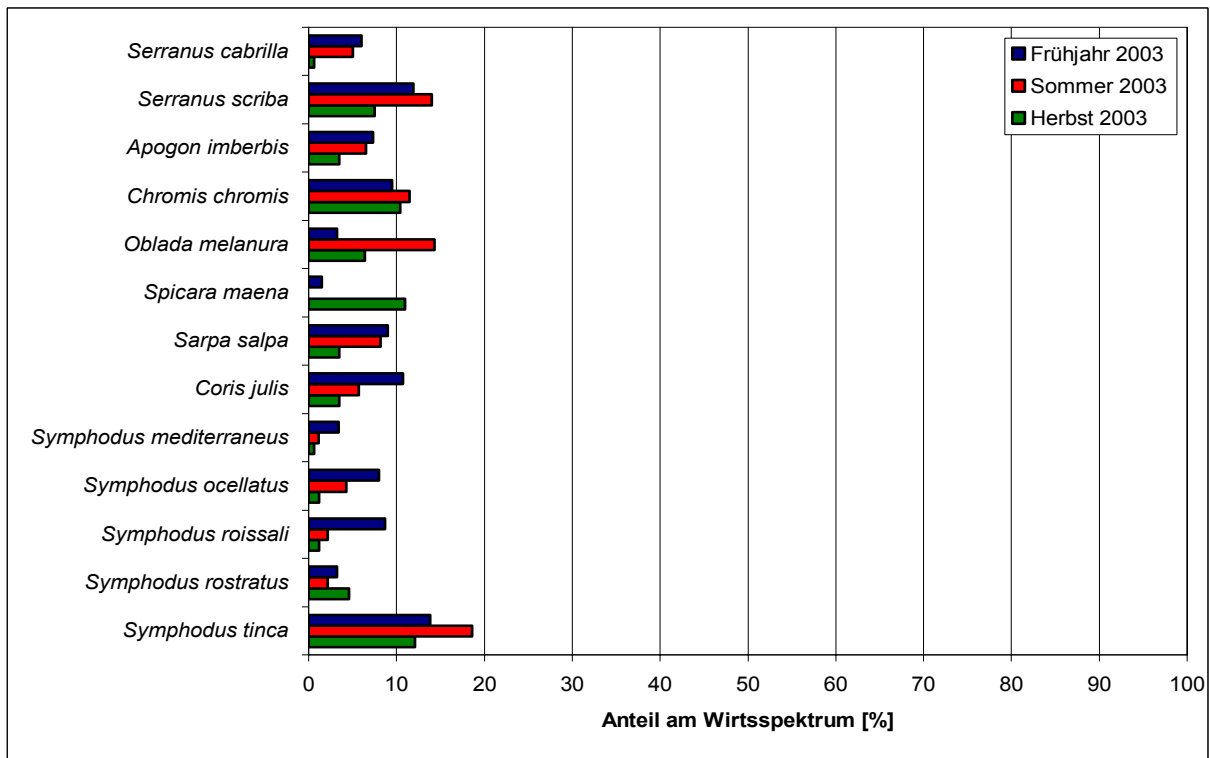


Abb. 35: Anteil von 13 Wirtsarten von *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum 2003. Dargestellt sind nur solche Arten, die in mindestens fünf Quartalen als Wirte auftraten und deren Anteil in einzelnen Quartalen über 1 % lag.

Die Abbildung 36 zeigt den Putzerfolg von *S. melanocercus* bei verschiedenen Wirtsarten.

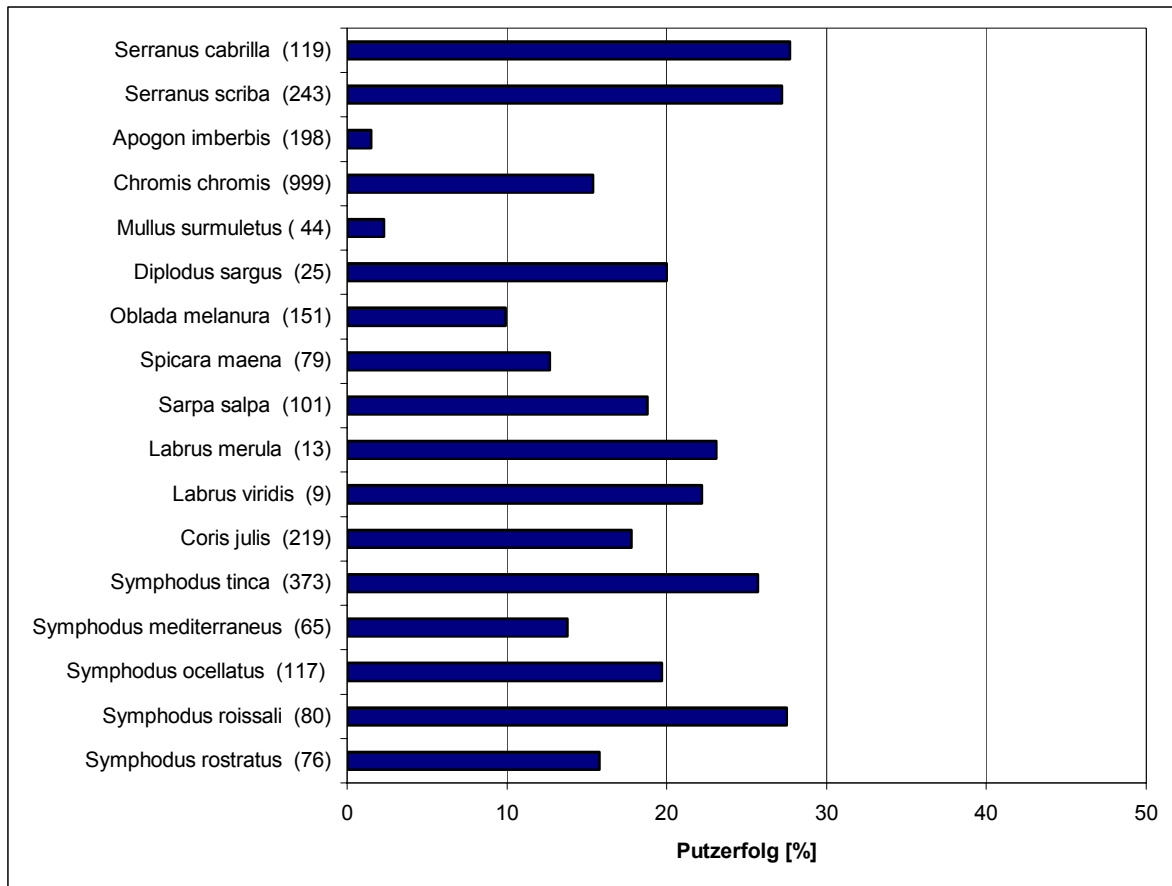


Abb. 36: Durchschnittlicher Putzerfolg [%] von *Symphodus melanocercus* bei 17 verschiedenen Wirtsarten im gesamten Untersuchungszeitraum. In Klammern ist die Gesamtzahl beobachteter Wirtsindividuen angegeben.

Bei vier Wirtsarten lag der Putzerfolg von *S. melanocercus* über 25 %. Dazu zählten die beiden Serraniden *Serranus cabrilla* und *S. scriba* sowie die Labriden *Symphodus tinca* und *S. roissali*.

Über 20 % der Putzversuche war bei den aufgeführten *Labrus*-Arten erfolgreich, wobei jedoch deren geringe relative Häufigkeit im Untersuchungsgebiet beachtet werden muss.

Aus der Familie der Sparidae wurden v. a. *Diplodus sargus* (20 %) und *Sarpa salpa* (19 %) mit Erfolg geputzt, wobei erstere Art ebenfalls nur mit geringer Abundanz am Tralicco III anzutreffen war.

Auffällig niedrig war die Erfolgsquote bei dem Apogoniden *Apogon imberbis* (1,5 %) und dem Mulliden *Mullus surmuletus* (2,3 %).

Betrachtet man die durchschnittliche Zahl der Inspektionen einer Wirtsart im Verhältnis zur durchschnittlichen Pickingrate (Abb. 37, 38), so lassen sich Aussagen über die Attraktivität und Kooperation der Wirtsarten beim Putzvorgang machen.

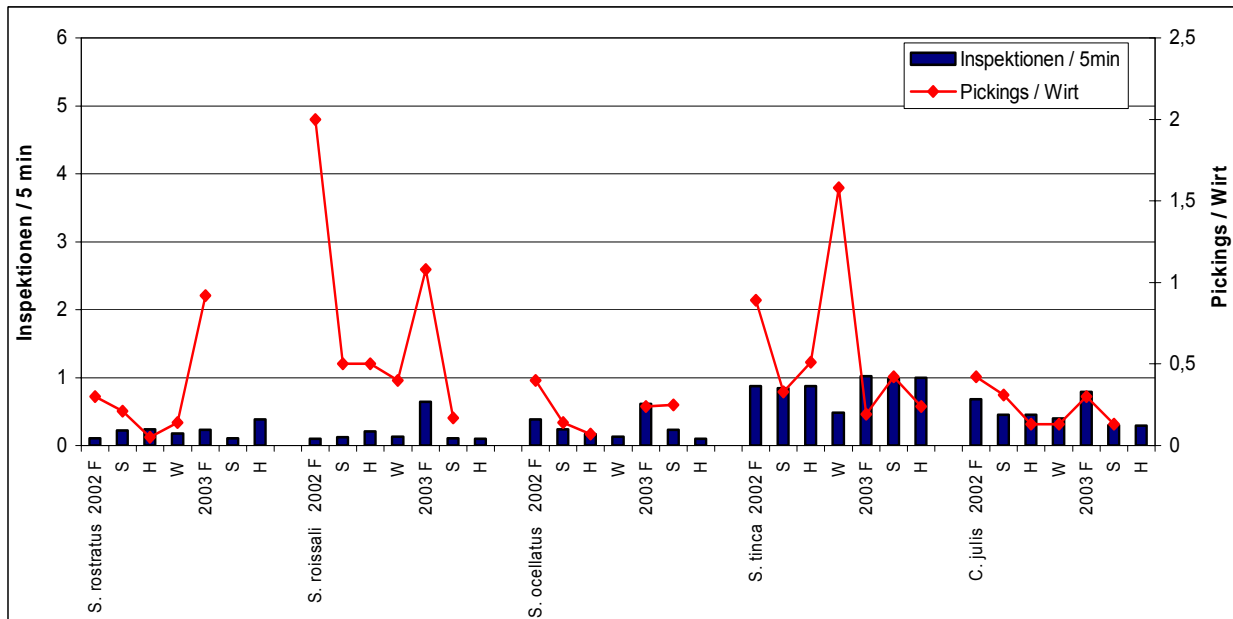


Abb. 37: Durchschnittliche Anzahl der von *Symphodus melanocercus* durchgeführten Inspektionen pro Beobachtungsintervall und durchschnittliche Pickingrate pro Wirtsfisch für fünf Wirte aus der Familie der Labridae. F: Frühjahr, S: Sommer, H: Herbst, W: Winter.

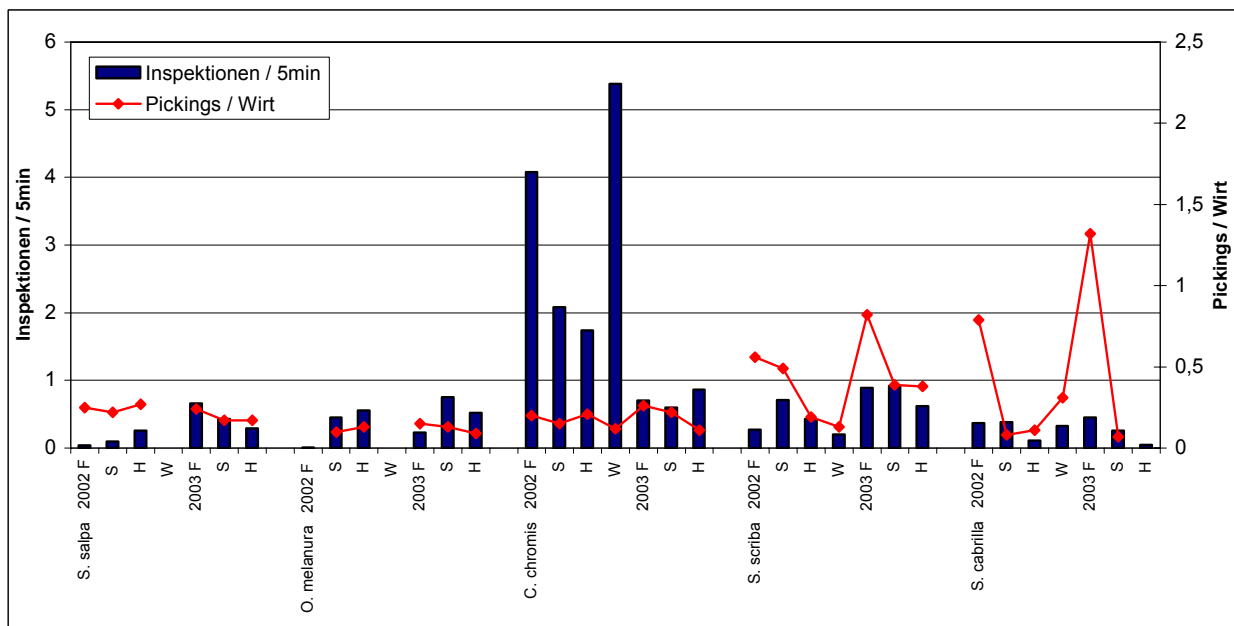


Abb. 38: Durchschnittliche Anzahl der von *Symphodus melanocercus* durchgeführten Inspektionen pro Beobachtungsintervall und durchschnittliche Pickingrate pro Wirtsfisch für fünf Wirte aus den Familien der Sparidae, Apogonidae und Serranidae. F: Frühjahr, S: Sommer, H: Herbst, W: Winter.

Die jahresperiodischen Unterschiede der pro Beobachtungsintervall inspizierten Wirtsindividuen ( $F_{6/63/0,05} = 0,23$ ) sowie der Pickingrate ( $F_{6/63/0,01} = 2,43$ ) waren nicht signifikant.

Bei nahezu allen Wirtsarten stiegen die Inspektions- und Pickingraten in den Frühjahrsmonaten an und gingen in den Sommer- und Herbstmonaten zurück.

Innerhalb der Labridae fanden sich bei *Symphodus tinca* die höchsten Inspektionsraten. Der Putzerfolg (Pickingrate / Inspektionsrate) war im Frühjahr 2002 und im Winter 2002/03 am höchsten. Dabei wurde in Einzelfällen bis zu 11mal pro Wirt gepickt.

*Coris julis* wies nach *S. tinca* die höchsten Inspektionsraten unter den Labridae auf. Am erfolgreichsten war der Mittelmeerputzer dabei im Frühjahr und Sommer 2002, als bis zu siebenmaliges Picken an einem Wirt beobachtet werden konnte.

Den größten Putzerfolg des gesamten Untersuchungszeitraumes erzielte *S. melanocercus* beim Fünffleckigen Lippfisch (*Symphodus roissali*). Im Frühjahr 2002 wurde durchschnittlich zweimal pro Wirtsfisch erfolgreich geputzt. Im Frühjahr 2003 konnte bis zu 16maliges Picken an einem Einzelindividuum beobachtet werden.

Der Pomacentride *Chromis chromis* erreichte im Untersuchungsgebiet die höchsten Inspektionsraten aller Wirte. Im Winter 2002/03 wurden durchschnittlich mehr als fünf Mönchsfische pro Beobachtungsintervall inspiziert. Im Vergleich dazu fielen die Pickingraten mit 0,1 bis 0,3 verhältnismäßig niedrig aus. In Einzelfällen konnte bis zu fünfmaliges Picken an einem Wirt beobachtet werden.

Unter den Serranidae wurden *Serranus cabrilla* und *S. scriba* regelmäßig kontaktiert und erfolgreich geputzt. Der größte Putzerfolg war in den Frühjahrsmonaten beider Untersuchungsjahre zu beobachten. Bei einzelnen Wirtsfischen konnte 12maliges bzw. 13maliges Picken gezählt werden.

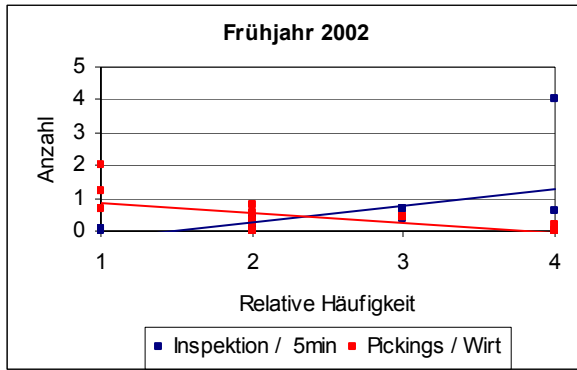
Innerhalb der Sparidae war der Putzerlippfisch bei den Goldstriemen (*Sarpa salpa*) am erfolgreichsten.

Die Abbildung 39 a-g stellt die Korrelationen von der Abundanz der Wirtsarten und der Inspektionsrate bzw. der Pickingrate dar.

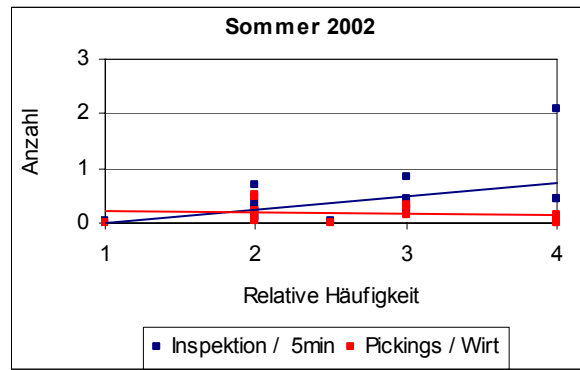
Die Inspektionsrate korreliert in allen Quartalen des Untersuchungszeitraumes 2002 und 2003 positiv mit der Abundanz (Frühjahr 2002:  $r_{15/0,01} = 0,55$ ; Sommer 2002:  $r_{14/0,05} = 0,47$ ; Herbst 2002:  $r_{14/0,01} = 0,59$ ; Winter 2002/03:  $r_{11/0,01} = 0,56$ ; Frühjahr 2003:  $r_{14/0,05} = 0,3$ ; Sommer 2003:  $r_{11/0,05} = 0,46$ ; Herbst 2003:  $r_{15/0,05} = 0,46$ ).

Die Pickingrate zeigte vom Frühjahr 2002 bis zum Frühjahr 2003 eine leicht negative Korrelation mit der relativen Häufigkeit (Frühjahr 2002:  $r_{15/0,01} = -0,61$ ; Sommer 2002:  $r_{14/0,05} = -0,21$ ; Herbst 2002:  $r_{14/0,05} = -0,11$ ; Winter 2002/03:  $r_{11/0,05} = -0,02$ ; Frühjahr 2003:  $r_{14/0,05} = -0,31$ ). Dagegen konnte im Sommer und Herbst 2003 eine schwach positive Korrelation der Pickingrate mit der Abundanz festgestellt werden (Sommer 2003:  $r_{11/0,05} = 0,18$ ; Herbst 2003:  $r_{15/0,05} = 0,12$ ).

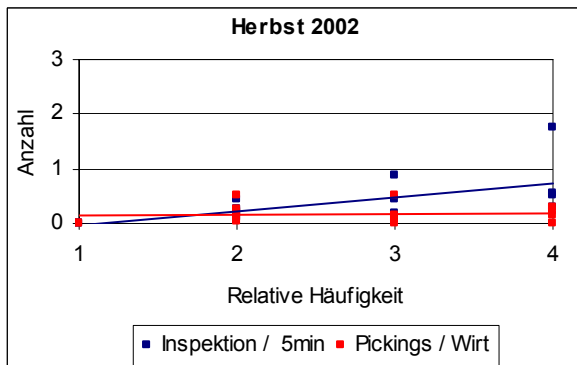




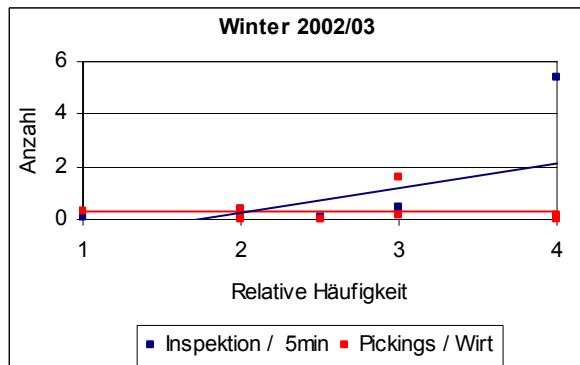
a



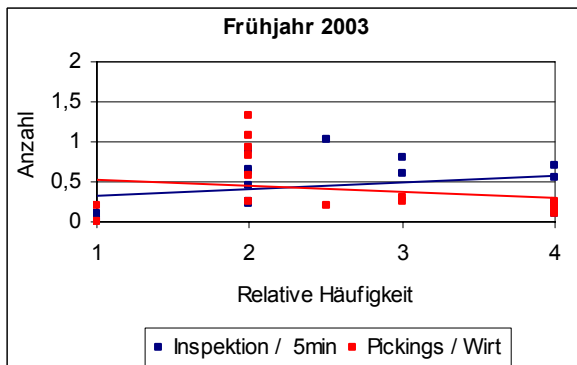
b



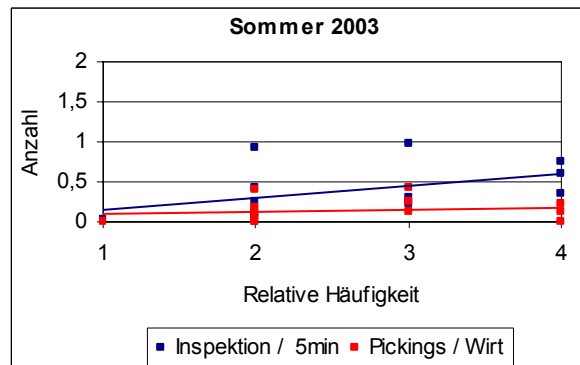
c



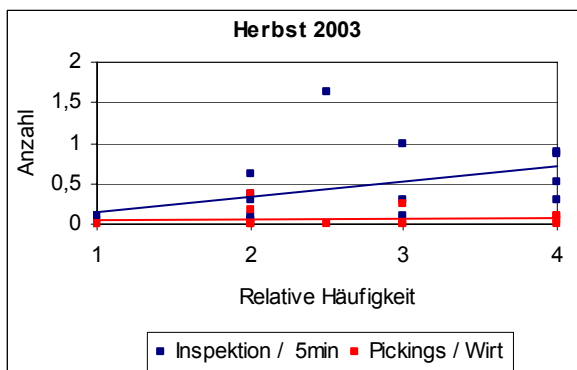
d



e



f



g

Abb. 39 a-g: Abundanzen (relative Häufigkeiten) der Wirtsfische in Korrelation zur Inspektions- und Pickingrate in den verschiedenen Quartalen des Untersuchungszeitraumes 2002 und 2003. Dabei bedeutet 1 seltenes, 2 vereinzelt, 3 häufiges und 4 massenhaftes Auftreten einer Wirtart (vgl. Tab. 1).

**5. 3. 4. Putzaufforderung**

In der Abbildung 41 sind die Putzaufforderungsstellungen der 12 häufigsten Wirtsfische von *Symphodus melanocercus* dargestellt. Für die Einordnung der Position war die Richtungsweisung des Kopfes ausschlaggebend (Abb.40). Bei der horizontalen Position wurde nicht zwischen einer spezifischen Aufforderungsstellung und einer Putzstarre, wie sie zum Beispiel von Serraniden und Spariden gezeigt wird, unterschieden.

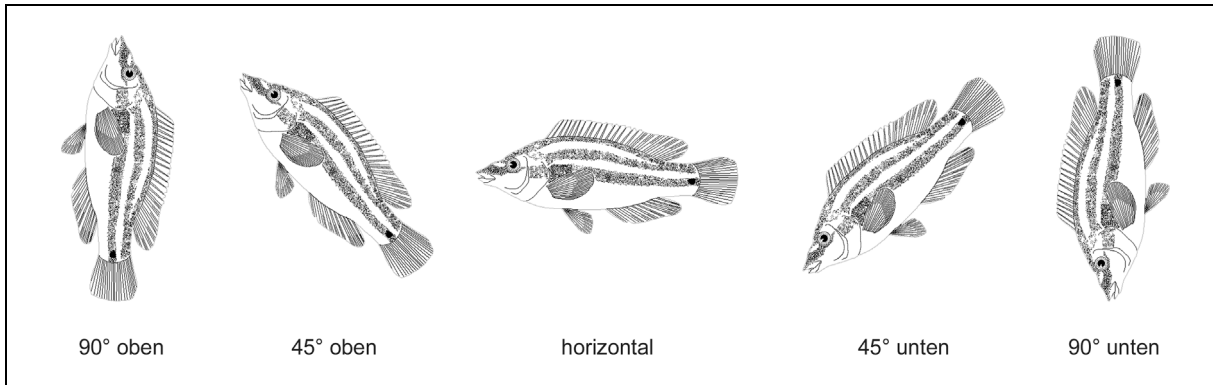


Abb. 40: Einordnung der Putzaufforderungsstellungen nach der Richtungsweisung des Kopfes, Skizze nach QUIGNARD (1986).

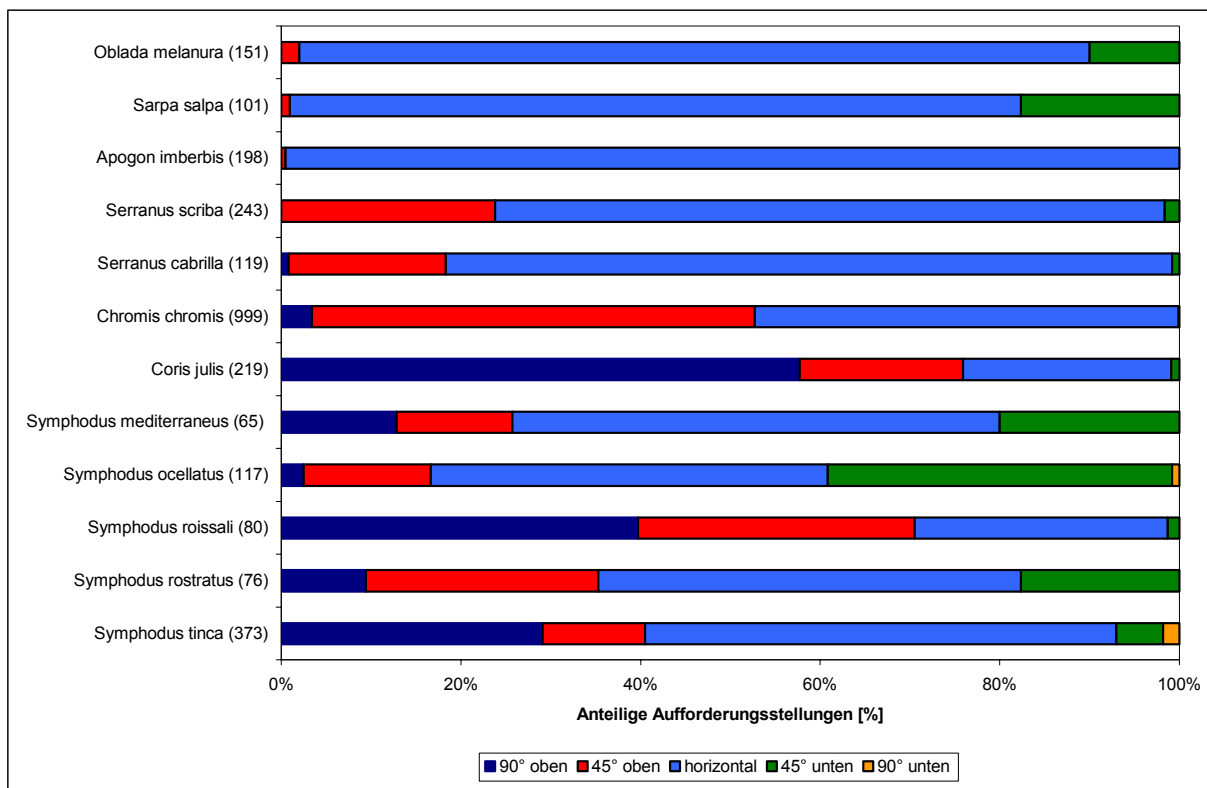


Abb. 41: Anteile der auftretenden Putzaufforderungsaufstellungen bei den 12 häufigsten Wirtsarten von *Symphodus melanocercus*. Ausschlaggebend war die Richtungsweisung des Kopfes. In Klammern steht die Anzahl der beobachteten Individuen.

Ein Chiquadratstest offenbarte hohe Inhomogenität bezüglich der Aufforderungsstellungen der aufgeführten Wirte ( $\text{Chi}^2_{44/0,01} = 1763,3$ ).

Die Sparidae *Oblada melanura* und *Sarpa salpa* verharrten bei Begegnungen mit dem Putzer überwiegend in einer horizontalen Position, selten wurde eine kopfabwärtige Körperstellung eingenommen. Regelmäßig konnte beim Kontakt mit dem Putzerfisch Fluchtverhalten beobachtet werden.

Der Apogonide *Apogon imberbis* war äußerst unkooperativ, nahm keine spezielle Aufforderungsstellung ein und reagierte auf Annäherungen durch den Putzer in der Regel mit einer horizontalen Fluchtbewegung.

Die Serranidae bevorzugten beim Putzvorgang eine horizontale Position, bzw. zeigten eine Form der Putzstarre. 24 % der beobachteten Individuen von *Serranus scriba* und 18 % von *S. cabrilla* nahmen eine kopfaufwärtige Position in einem Winkel von etwa 45° ein, wenn sie von einem Putzer inspiziert wurden. Durch Öffnen des Mauls und Spreizen der Kiemendeckel und Flossen konnte zusätzlich Kooperation signalisiert werden.

Der Pomacentride *Chromis chromis* besaß ein etwa ausgeglichenes Verhältnis zwischen einer horizontalen und kopfaufwärtigen Position. Regelmäßig nahmen mehrere Individuen eines Schwarmes bei Anwesenheit eines Putzers gleichzeitig eine Aufforderungsstellung ein.

Das Verhalten der meistem Labridae bei Begegnungen mit dem Putzerlippfisch war sehr heterogen. Lediglich der Meerjunker *Coris julis* schien eindeutig eine kopfaufwärtige Position, meistens in einem Winkel von 90°, zu bevorzugen. Alle übrigen Lippfische besaßen ein breites Spektrum an Aufforderungsstellungen mit zum Teil nur schwer erkennbaren Präferenzen.

Die Abbildung 42 stellt prozentual den Anteil eingenommener Aufforderungsstellungen der 12 häufigsten Wirtsarten von *Symphodus melanocercus* bei allen beobachteten Wirtskontakten dar. Dabei wird nicht zwischen den verschiedenen Positionen unterschieden, sondern nur die Kooperationsbereitschaft seitens des Kunden quantifiziert. Es lagen bezüglich der Jahreszeiten keine signifikanten Unterschiede der Wirtsspezies vor ( $F_{3/44/0,05} = 0,04$ ).

Die Labridae, Serranidae und der Pomacentride zeigten während des ganzen Jahres ein hohes Maß an Kooperation. Zum Teil wurden in bis zu 80 % aller Interaktionen mit *S. melanocercus* Aufforderungsstellungen eingenommen (*Serranus scriba*, *Coris julis*, *Symphodus roissali*). Die aufgeführten Sparidae fielen in ihrer Bereitschaft zu posieren deutlich zurück, und der Apogonide *Apogon imberbis* zeigte so gut wie nie Kooperationsbereitschaft.

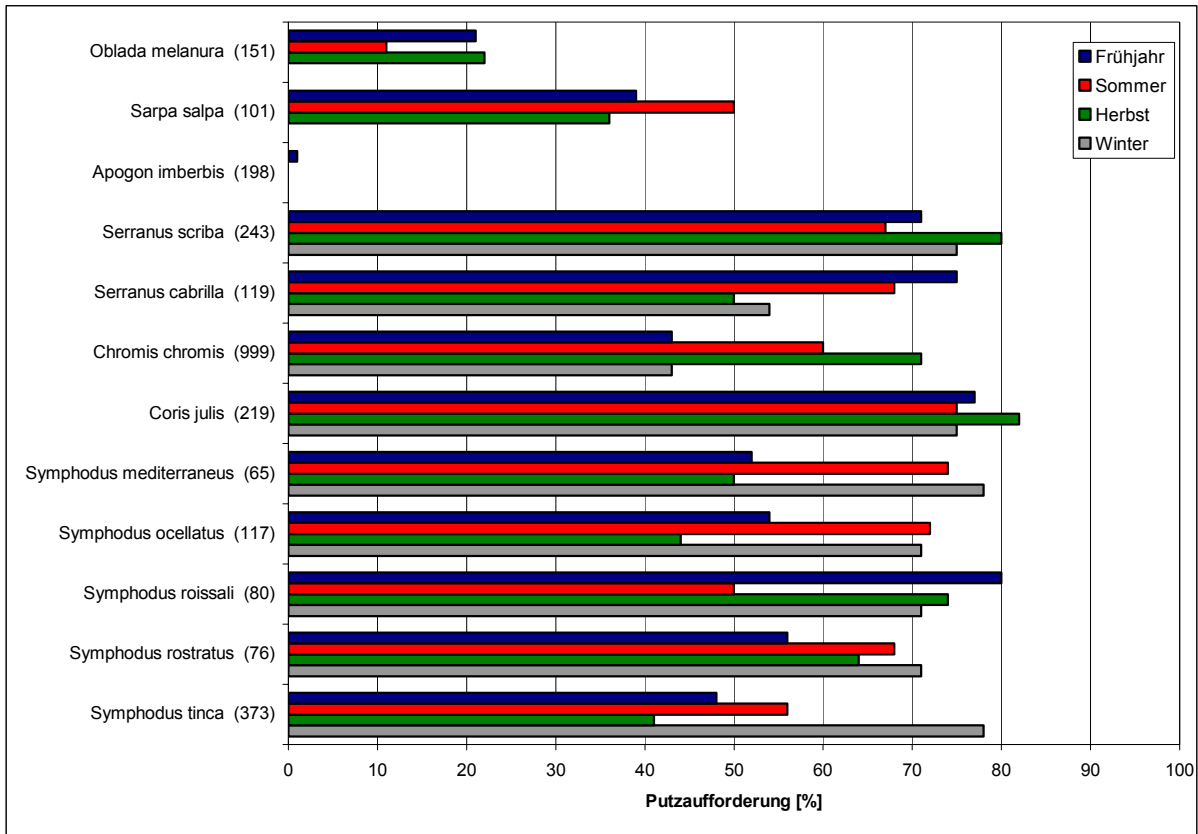


Abb. 42: Kooperationsbereitschaft [%] der 12 häufigsten Wirtsarten bei Interaktionen mit *Symphodus melanocercus* im Jahresverlauf. Dabei wurde nicht zwischen verschiedenen Aufforderungsstellungen unterschieden. Es wurden alle Interaktionen der Untersuchungsjahre 2002 und 2003 berücksichtigt. In Klammern ist die Anzahl aller Beobachtungen aufgeführt.

Durch sein auffälliges Schwimmverhalten (Putzappetenz-Schwimmen) bei der Wirtssuche ist *S. melanocercus* in der Lage, potentielle Wirte zur Kooperation zu animieren. Die Abbildung 43 zeigt das durchschnittliche Appetenzverhalten im Untersuchungszeitraum.

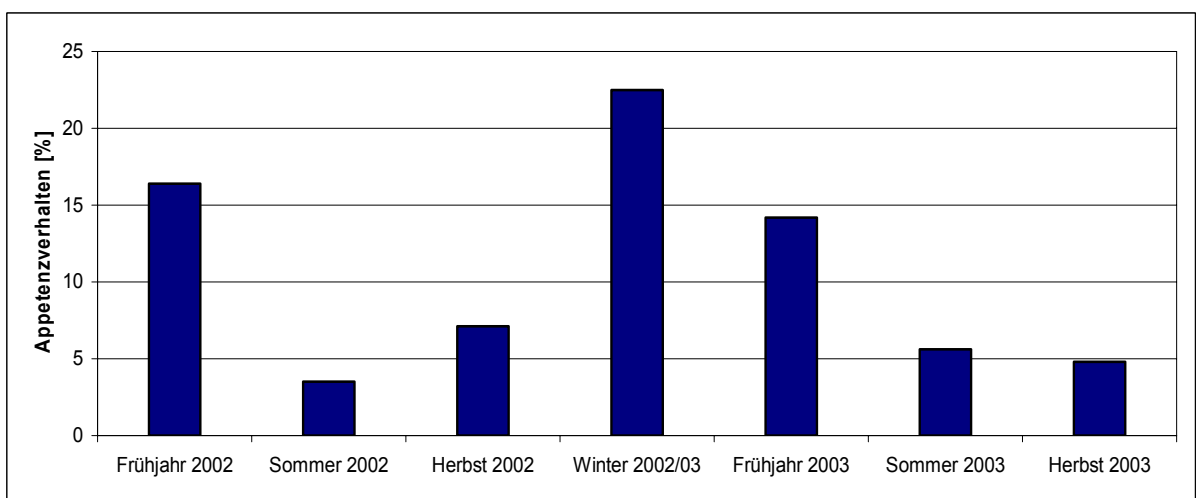


Abb. 43: Appetenzverhalten [%] von *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum.

Ein verstärktes Appetenzverhalten von *S. melanocercus* erfolgte im Frühjahr 2002 und 2003. Das Maximum lag im Winter 2002/03. Hier zeigten 23 % der beobachteten Individuen Appetenz während eines Beobachtungsintervalls. In den weiteren Quartalen konnte dieses Verhalten nur bei 4 % bis 7 % der Individuen beobachtet werden.

### 5. 3. 5. Nahrungserwerb der Geschlechter im Vergleich

Der ausgeprägte Geschlechtsdimorphismus von *Symphodus melanocercus* zur Fortpflanzungszeit ermöglichte eine sichere optische Identifizierung der Geschlechter. Auf Basis der im Frühjahr 2002 gewonnenen Daten und den Ergebnissen des Markierungsexperiments (♀ 127, ♂ 90) erfolgte eine differenzierte Betrachtung der weiblichen und männlichen Nahrungsauswahl. Die oft hohen Standardabweichungen (s) offenbarten große individuelle Unterschiede im Nahrungserwerb beider Geschlechter.

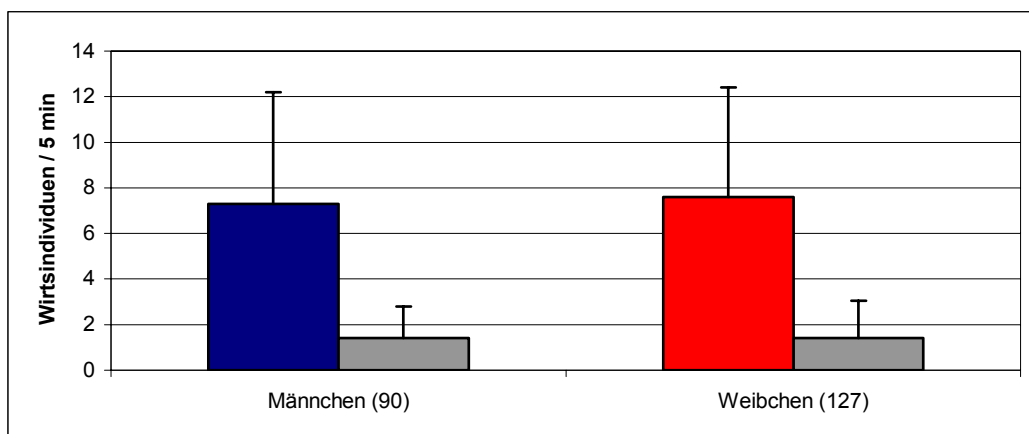


Abb. 44: Durchschnittliche Anzahl kontaktierter Wirtsindividuen und durchschnittlicher Putzerfolg (grau) beider Geschlechter von *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl beobachteter Individuen angegeben.

Die Geschlechter wiesen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der kontaktierten Wirtsindividuen ( $t_{215/0,05} = 0,29$ ) und des Putzerfolges ( $t_{215/0,05} = 0,01$ ) auf. Die Männchen inspizierten durchschnittlich 7,3 Wirtsindividuen pro fünf Minuten und die Weibchen 7,6 (Abb. 44). Der Putzerfolg beider Geschlechter lag bei 1,4 geputzten Individuen pro Beobachtungsintervall.

Bezüglich der pro Beobachtungsintervall aufgesuchten Wirtsarten ( $t_{215/0,05} = 1,36$ ) bestanden keine signifikanten Unterschiede (Abb. 45). Die Männchen inspizierten durchschnittlich 3,3 Wirtsarten pro fünf Minuten und die Weibchen 4,0.

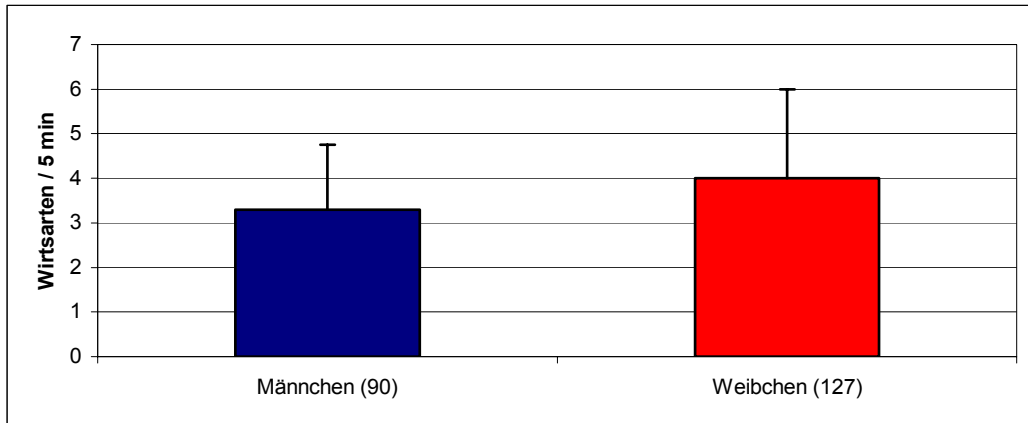


Abb. 45: Durchschnittliche Anzahl kontaktierter Wirtsarten beider Geschlechter von *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl beobachteter Individuen angegeben.

Die Geschlechter wiesen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Fressens von Seegrasaufwuchs ( $t_{215/0,05} = 1,31$ ) und Plankton ( $t_{215/0,05} = 0,06$ ) sowie der Aufnahme von Auswurf des Pfauenlippfisches *S. tinca* ( $t_{215/0,05} = 1,64$ ) auf.

Die Männchen nahmen durchschnittlich 1,1mal epiphytische und 0,5mal planktische Organismen pro fünf Minuten auf, die Weibchen dagegen 2,0mal und 0,5mal (Abb. 46). Am Auswurf partizipierten männliche *S. melanocercus* durchschnittlich 1,0mal pro Beobachtungsintervall, weibliche hingegen nur 0,8mal.

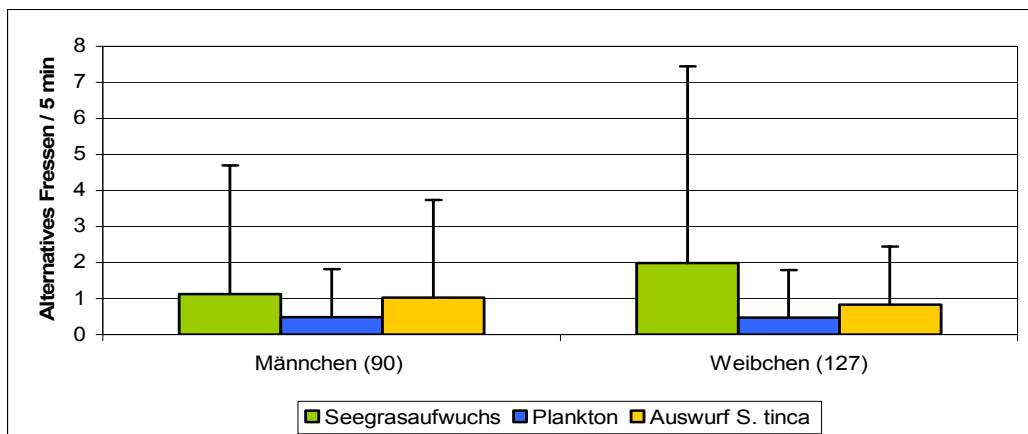


Abb. 46: Aufgenommene alternative Nahrungskomponenten beider Geschlechter von *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl beobachteter Individuen angegeben.

Die Abbildung 47 zeigt 13 Wirtsarten und den jeweiligen Putzerfolg beider Geschlechter von *S. melanocercus*. Die ausgewählten Arten machten 90 % des jeweiligen Wirtsspektrums aus. Die Männchen putzten im Beobachtungszeitraum 25 Wirtsarten, die Weibchen 32.

Es konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Anteils der 13 Wirtsarten ( $t_{24/0,05} = 0,01$ ) und des Putzerfolges ( $t_{24/0,05} = 0,70$ ) zwischen männlichen und weiblichen *S. melanocercus* festgestellt werden.

Dominant war bei den männlichen wie den weiblichen Putzern der Pomacentride *Chromis chromis*. Die Art machte bei den Männchen 36 % der Wirte aus und wurde in 18 % der Annäherungen erfolgreich geputzt. Bei den Weibchen waren 22 % der Wirte Mönchsfische, und 13 % der Inspektionen waren erfolgreich.

Unter den Labridae wurden v. a. *Coris julis* und *Symphodus tinca* regelmäßig und erfolgreich geputzt. Bei den Männchen betrug der Anteil von *C. julis* 7 % (17 % Putzerfolg) und der von *S. tinca* 13 % (27 % Putzerfolg). Bei den Weibchen waren es 9 % (20 % Putzerfolg) beim Meerjunker und 12 % (23 % Putzerfolg) beim Pfauenlippfisch.

*Serranus cabrilla* und *S. scriba* aus der Familie der Serranidae hatten bei den männlichen Putzern Anteile von 5 % (49 % Putzerfolg) bzw. 8 % (32 % Putzerfolg) und bei den Weibchen 4 % (31 % Putzerfolg) bzw. 9 % (28 % Putzerfolg).

Aus der Familie der Sparidae wurde v. a. *Sarpa salpa* regelmäßig inspiziert und geputzt. Bei den Männchen waren 3 % der Wirte Goldstriemen (14 % Putzerfolg) und bei den Weibchen 5 % (15 % Putzerfolg).

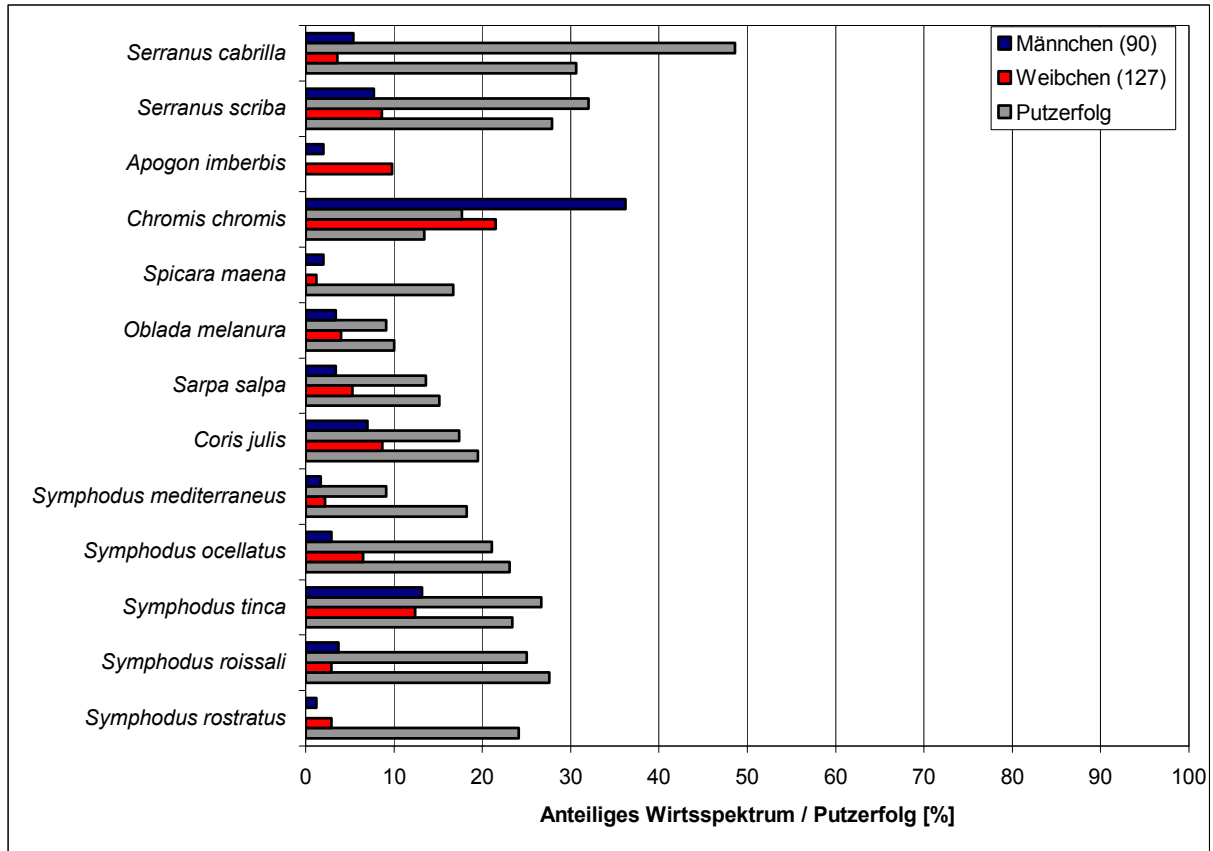


Abb. 47: Anteil von 13 Wirtsarten beider Geschlechter von *Symphodus melanocercus* am gesamten Wirtsspektrum und Putzerfolg im Untersuchungszeitraum 2002/2003.

Beim Vergleich des Appetenzverhaltens der verschiedenen Geschlechter (Abb. 48) fielen signifikante Unterschiede auf ( $t_{215/0,01} = 9,68$ ). 23 % der Männchen zeigten Appetenzverhalten. Dagegen war nur bei 3 % der weiblichen Fische diese Verhaltensweise zu beobachten.

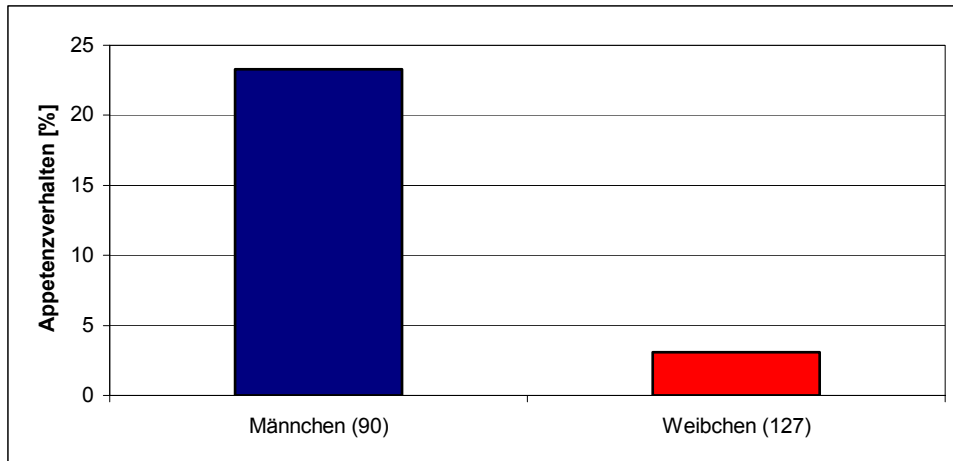


Abb. 48: Appetenzverhalten [%] der Geschlechter im Untersuchungszeitraum. In Klammern steht die Anzahl beobachteter Individuen.

### 5. 3. 6 Nahrungserwerb juveniler und adulter Individuen im Vergleich

Mit Hilfe der Daten aus dem Untersuchungsjahr 2002 und aus dem Februar 2003 erfolgte eine differenzierte Analyse der juvenilen und adulten Nahrungsauswahl (Abb. 49 -52).

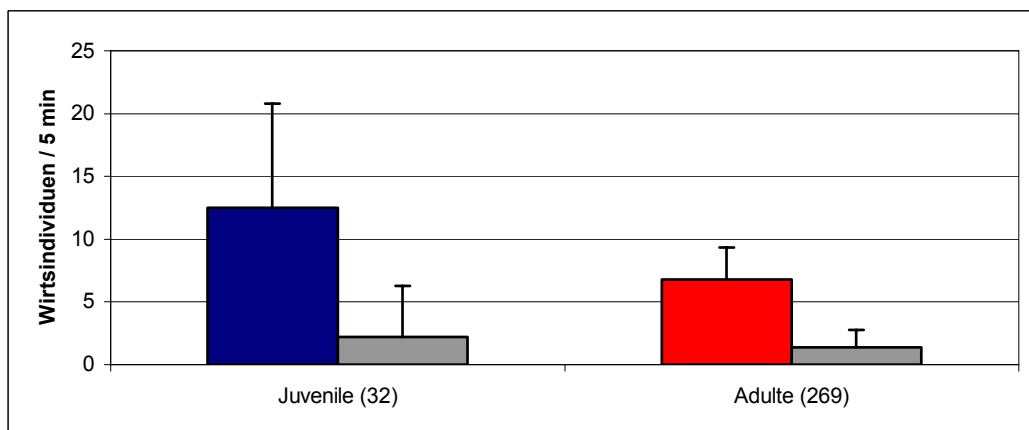


Abb. 49: Durchschnittliche Anzahl kontaktierter Wirtsindividuen und durchschnittlicher Putzerfolg (grau) juveniler und adulter *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl beobachteter Individuen angegeben.

Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen juvenilen und adulten Putzerfischen bezüglich der angeschwommenen Wirtsindividuen ( $t_{299/0,01} = 6,49$ ) und des Putzerfolges ( $t_{299/0,01} = 3,99$ ). Juvenile *S. melanocercus* kontaktierten durchschnittliche 13 Wirte pro fünf



Minuten und adulte 7. Der Putzerfolg der Juvenilen lag bei durchschnittlich 2,2 geputzten Wirten pro Beobachtungsintervall, der der Adulten bei 1,4.

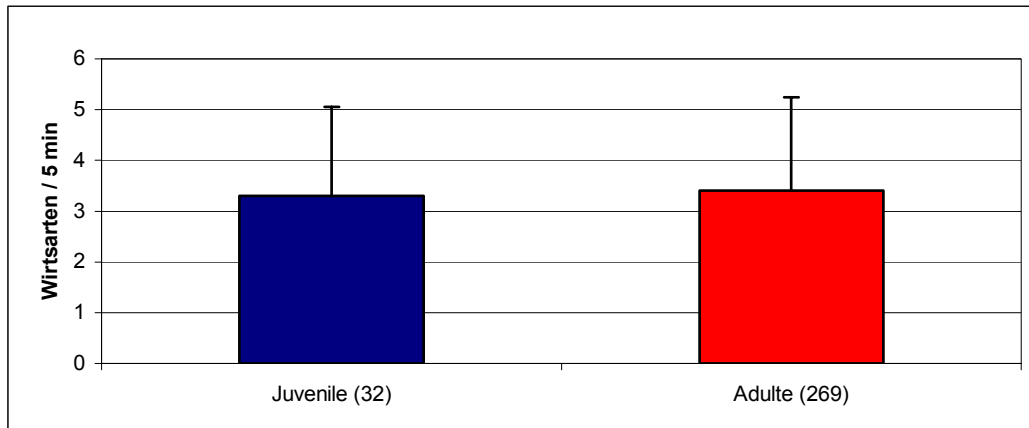


Abb. 50: Durchschnittliche Anzahl kontaktierter Wirtsarten juveniler und adulter *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl beobachteter Individuen angegeben.

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen juvenilen und adulten *S. melanocercus* bezüglich der kontaktierten Wirtsarten ( $t_{299/0,05} = 0,29$ ). Juvenile Putzer schwammen durchschnittliche 3,3 Wirtsarten pro Beobachtungsintervall an und adulte 3,4.

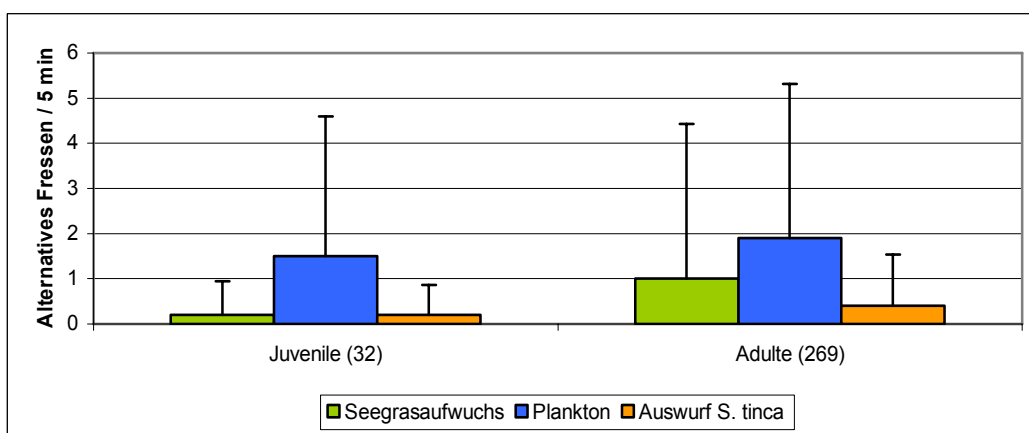


Abb. 51: Aufgenommene alternative Nahrungskomponenten juveniler und adulter *Symphodus melanocercus* im Untersuchungszeitraum ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl beobachteter Individuen angegeben.

Plankton war bei den juvenilen wie bei den adulten Putzerfischen die wichtigste alternative Nahrungsquelle. Signifikante Unterschiede zwischen den Altersstufen gab es nur hinsichtlich der Aufnahme von Seegrasaufwuchs ( $t_{299/0,01} = 4,41$ ). Juvenile fraßen durchschnittlich 0,2mal epiphytische Organismen pro Beobachtungsintervall, Adulte 1,0mal. Dagegen konnten keine signifikanten Unterschiede bei der Aufnahme planktischer Organismen ( $t_{299/0,05} = 0,49$ ) und

bei der Aufnahme von Auswurf des Pfauenlippfisches ( $t_{299/0,01} = 2,31$ ) festgestellt werden. Juvenile Putzerfische fraßen durchschnittlich 1,5mal Plankton pro fünf Minuten und nahmen 0,2mal an Fressgemeinschaften teil, adulte Putzer fraßen durchschnittliche 1,9mal Plankton und nahmen 0,4mal an Fressgemeinschaften teil.

In der Grafik 52 sind 13 Wirtsarten juveniler und adulter *S. melanocercus* und der jeweilige Putzerfolg aufgeführt, welche zusammen 96 % bzw. 92 % des Wirtsspektrums ausmachten. Das gesamte Wirtsspektrum der Juvenilen umfasste 20 Arten, das der Adulten 35 Arten.

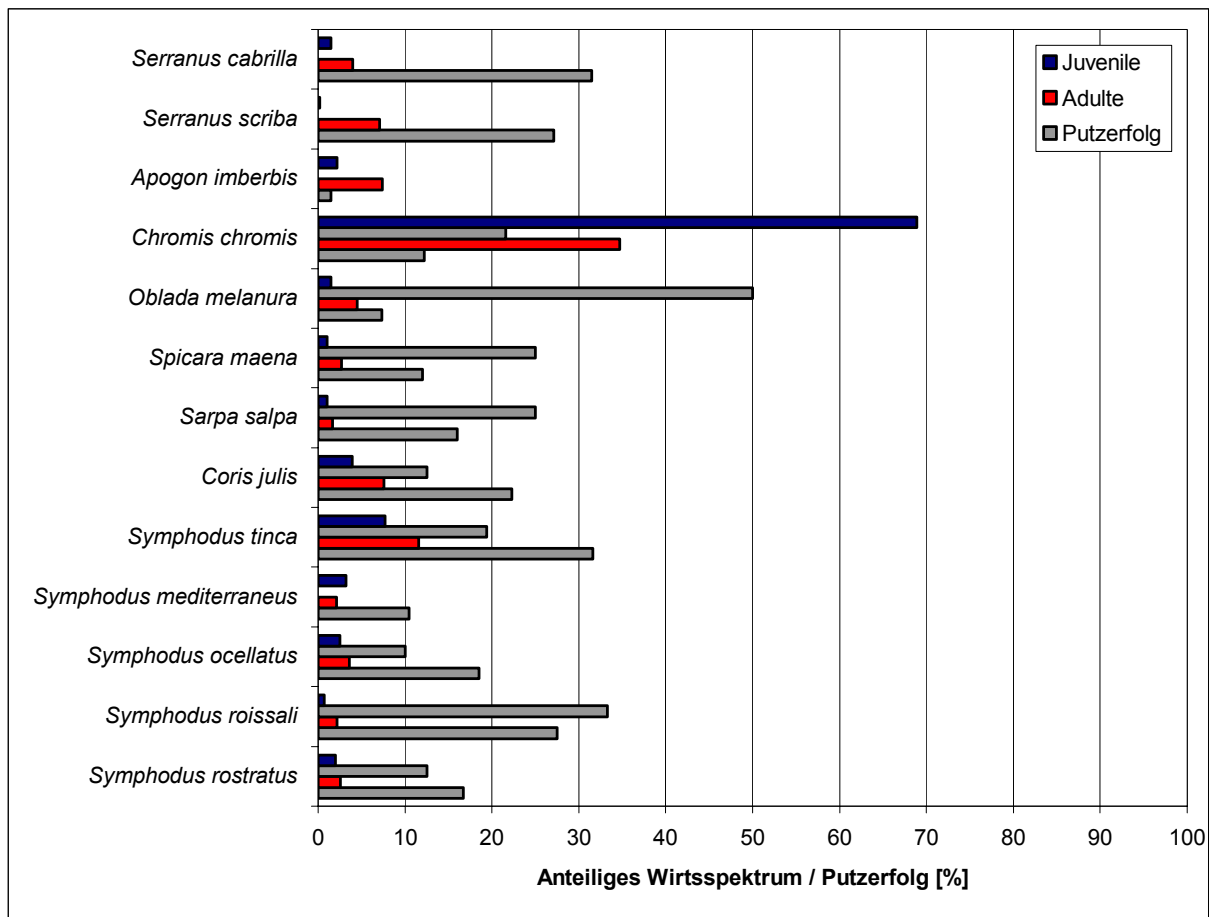


Abb. 52: Anteil von 13 Wirtsarten der juvenilen und adulten *Symphodus melanocercus* am gesamten Wirtsspektrum und jeweiliger Putzerfolg im Untersuchungszeitraum 2002/2003.

Es lagen keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Anteils ausgewählter Wirtsarten ( $t_{24/0,05} = 0,09$ ) und des Putzerfolges ( $t_{24/0,05} = 0,54$ ) zwischen juvenilen und adulten *S. melanocercus* vor.

Dominant war bei juvenilen wie adulten Putzern der Pomacentride *Chromis chromis*. Diese Art machte bei den Juvenilen 69 % der Wirte aus und wurde bei 22 % der Inspektionen erfolgreich geputzt. Bei den Adulten waren 35 % der Wirte Mönchsfische und 12 % der Inspektionen waren erfolgreich.

---

Unter den Labridae wurden *Symphodus tinca* und *Coris julis* regelmäßig und mit Erfolg inspiziert. Während bei den Juvenilen 8 % (19 % Putzerfolg) bzw. 4 % (13 % Putzerfolg) der Wirte Pfauenlippfische und Meerjunker waren, lag der Anteil bei den Adulten bei 12 % (32 % Putzerfolg) bzw. 8 % (22 % Putzerfolg).

Bei den Serranidae (*Serranus cabrilla*, *S. scriba*) stellten sich Unterschiede hinsichtlich des Putzerfolges juveniler und adulter Putzer heraus. Bei den Juvenilen waren 2 % der Wirte Sägebarsche (kein Putzerfolg) und 0,2 % Schriftbarsche (kein Putzerfolg), bei den Adulten waren es dagegen 4 % (32 % Putzerfolg) bzw. 7 % (27 % Putzerfolg).

*Oblada melanura* aus der Familie der Sparidae war regelmäßig an der Putzersymbiose beteiligt. 2 % der Wirte (50 % Putzerfolg) gehörten bei den juvenilen Putzern dieser Art an, bei den Adulten waren es 5 % (7 % Putzerfolg).

#### 5. 4. Markierungsexperiment mit *Symphodus melanocercus*

Die Tabelle 6 zeigt das Fangdatum und die Zahl wiederkehrender Beobachtungen der Individuen des Markierungsexperimentes.

Tab. 6: Fangdatum, Geschlecht und Anzahl der Beobachtungsintervalle der markierten *Symphodus melanocercus*.

Individuum	Fangdatum	Beobachtungen 2003
1 ♂	17.05.2003	22
2 ♀	17.05.2003	6
3 ♀	20.05.2003	-
4 ♀	20.05.2003	10
5 ♀	24.05.2003	21
6 ♂	01.06.2003	1
7 ♀	15.06.2003	20
8 ♀	22.06.2003	19
9 ♂	22.06.2003	19
<b>gesamt</b>		118

Es wurden neun Exemplare des Putzerlippfisches gefangen und markiert, von denen sieben regelmäßig wieder beobachtet werden konnten. Die Zahl der wiederkehrenden Beobachtungen lag im Untersuchungsjahr 2003 zwischen sechs und 22.

Die Tabelle 7 gibt eine Übersicht über die Anzahl der Wirtsindividuen, der Wirtsarten, den Putzerfolg sowie über die alternativen Nahrungsquellen der markierten Putzerfische.

Tab. 7: Ergebnisse zum Nahrungserwerb der markierten *Symphodus melanocercus*. Die Daten sind Mittelwerte aus den 2003 gesammelten Beobachtungen.

	♂ 1	♀ 2	♀ 4	♀ 5	♀ 7	♀ 8	♂ 9
<b>Wirtsindividuen / 5 min</b>	6,1	2,2	6,5	8,3	7,1	5,8	6,9
<b>Wirtsindividuen / 5 min max.</b>	10	5	12	20	14	15	20
<b>Wirtsarten / 5 min</b>	3,6	1,5	3,8	4,3	3,5	4,3	3,2
<b>Wirtsarten / 5 min max.</b>	9	3	6	7	8	9	6
<b>Wirtsarten gesamt</b>	15	6	13	18	17	20	19
<b>Putzerfolg / 5 min</b>	1,1	0,2	1,8	1,1	0,8	1,1	0,7
<b>Alt. Nahrungsquellen / 5 min</b>	3,5	13,8	7,5	3,1	3,2	2,0	6,3

Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den markierten Individuen bezüglich der durchschnittlich kontaktierten Wirtsindividuen ( $F_{6/110/0,05} = 2,19$ ), Wirtsarten ( $F_{6/110/0,01} = 2,98$ ) und des Putzerfolges ( $F_{6/110/0,05} = 1,21$ ). Dagegen war die Aufnahme alternativer Nahrungskomponenten signifikant unterschiedlich ( $F_{6/110/0,01} = 9,31$ ).

Die höchste Zahl angeschwommener Wirtsindividuen und Wirtsarten fand sich beim Weibchen 5 mit durchschnittlich 8,3 kontaktierten Wirtsindividuen und 4,3 Wirtsarten pro Beobachtungsintervall. Den größten Putzerfolg mit durchschnittlich 1,8 erfolgreichen Inspektionen hatte jedoch das Weibchen 3. Der geringste Putzerfolg fand sich beim Weibchen 2, dafür nahm es mit Abstand am meisten alternative Nahrungskomponenten auf.

Die Abbildung 53 zeigt die Lage und Struktur der von den markierten Putzerfischen besetzten Reviere am Tralicco III. Bei der Verfolgung und Inspektion besonders attraktiver Wirte wurden die zugeordneten Reviere regelmäßig verlassen. Nach Abschluss der Putzaktion kehrten die markierten Individuen stets innerhalb weniger Minuten in die angestammten Reviere zurück.

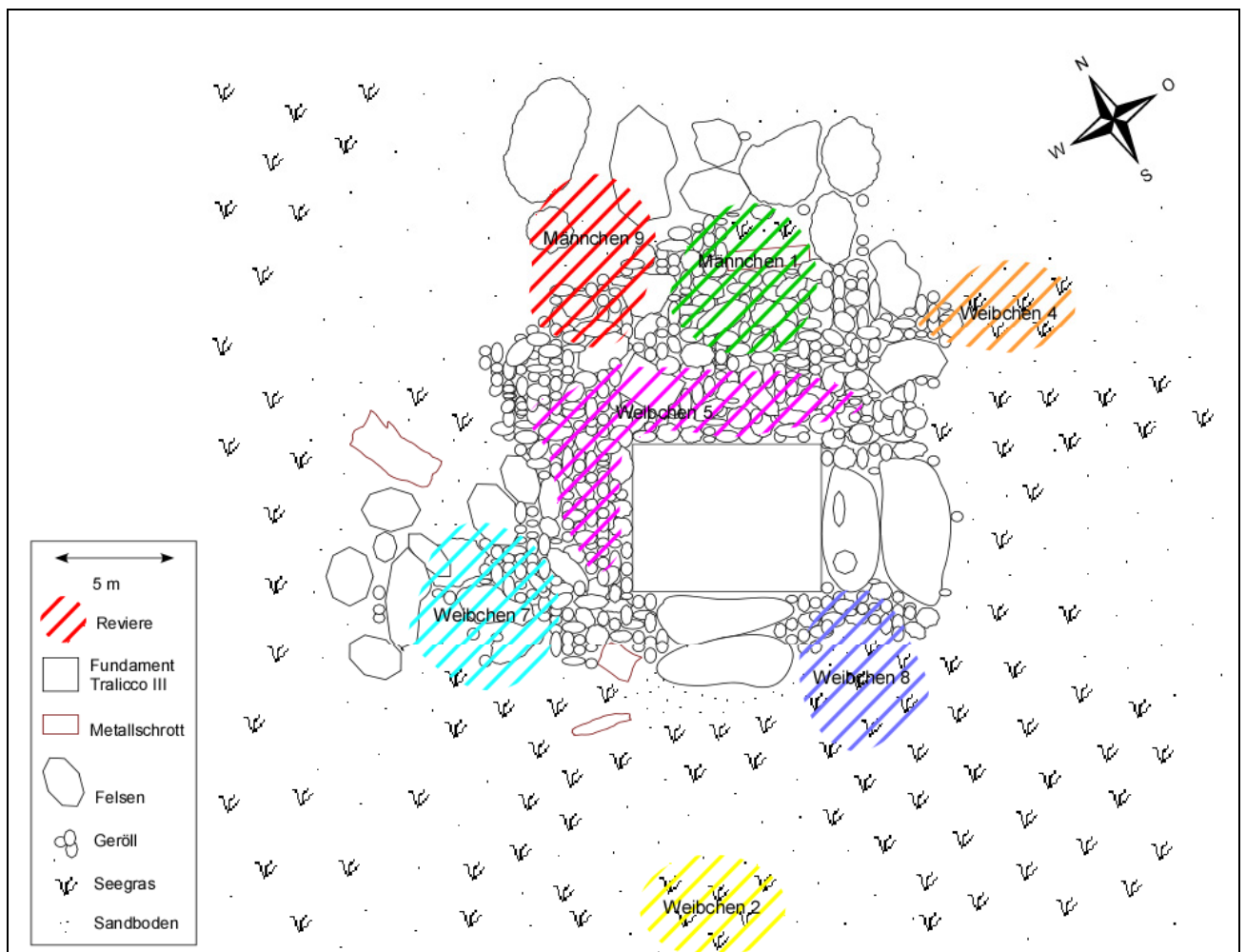
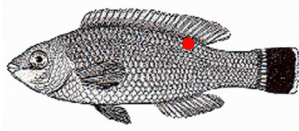


Abb. 53: Lage und Struktur der von den markierten Putzerlippfischen im Untersuchungszeitraum besetzten Reviere am Tralicco III.

## Männchen 1



Das Männchen 1 wurde bis zum 07.09.2003 22mal beobachtet. Die Markierung des geschlechtsreifen 7,5 Zentimeter großen Männchens erfolgte auf der linken Körperseite unterhalb der Rückenflosse (Skizze nach QUIGNARD, 1986).

Das Männchen 1 besetzte während des Untersuchungszeitraumes ein Revier von ca. 20 m<sup>2</sup> Größe auf der fischreichen Nordseite des Tralicco III (Abb. 53). Das Revier war durch Geröll, einzelne Felsblöcke und spärlichen Seegrasbewuchs geprägt. Im Zentrum lagen metallene Überreste der ehemaligen Verladestation. Seewärts wurde das Revier von großen Felsen begrenzt.

Die Abbildung 54 zeigt den Nahrungserwerb des Männchens 1.

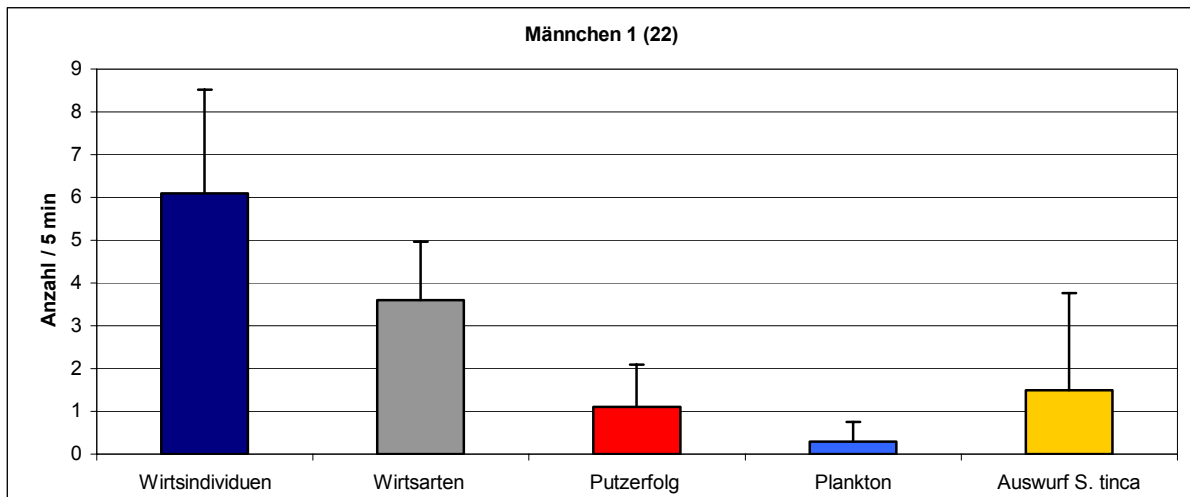


Abb. 54: Inspektionen und Nahrungserwerb des Männchens 1 pro Beobachtungsintervall ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl der wiederkehrenden Beobachtungen angegeben.

Durchschnittlich wurden 6 Wirtsindividuen und 4 Wirtsarten in fünf Minuten kontaktiert. Der Putzerfolg lag dabei bei 1,1 erfolgreichen Versuchen. Die wichtigste alternative Nahrungskomponente war der Auswurf des Pfauenlippfisches *Symphodus tinca*.

Zum Wirtsspektrum des Männchens 1 gehörten 15 Arten, von denen die neun in der Abbildung 55 dargestellten regelmäßig als Putzkunden anzutreffen waren. Die auffälligsten Wirte waren *Symphodus tinca* sowie die beiden Serraniden *Serranus scriba* und *S. cabrilla*.

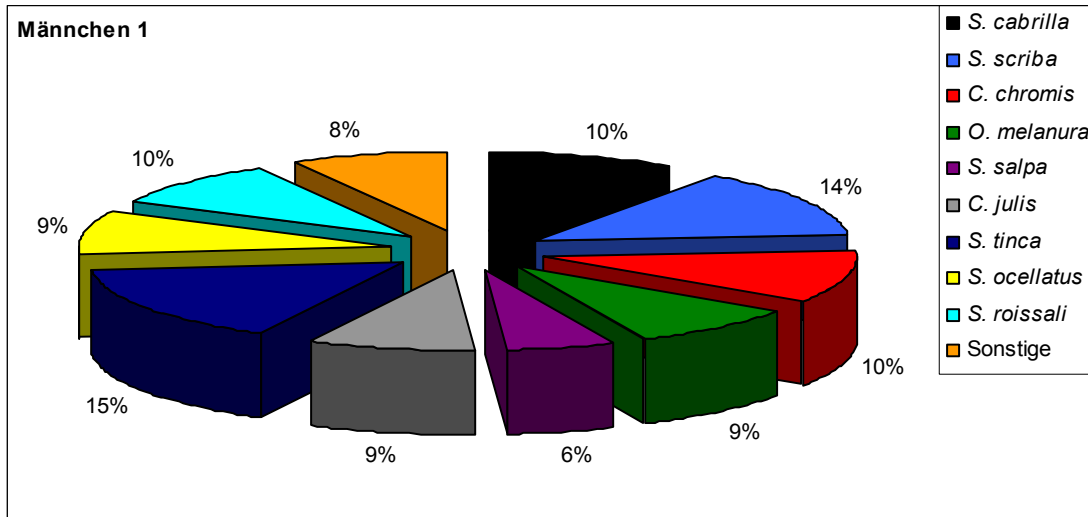
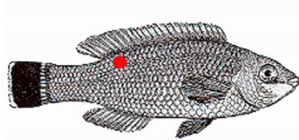


Abb. 55: Wirtsspektrum des Männchens 1. Dargestellt sind nur die Arten, welche während des Beobachtungszeitraumes mehr als viermal als Putzkunden beobachtet werden konnten.

**Weibchen 2**



Das Weibchen 2 wurde bis zum 04.06.2003 sechsmal beobachtet. Die Markierung des 6,5 Zentimeter großen Weibchens erfolgte auf der rechten Körperseite unterhalb der Rückenflosse (s. Skizze).

Das dem Weibchen 2 zugeordnete Revier war eine ca. 16 m<sup>2</sup> große Seegrasinsel auf der südlichen, landwärtigen Seite des Tralicco III (Abb. 53).

Die Abbildung 56 zeigt den Nahrungserwerb des Weibchens 2.

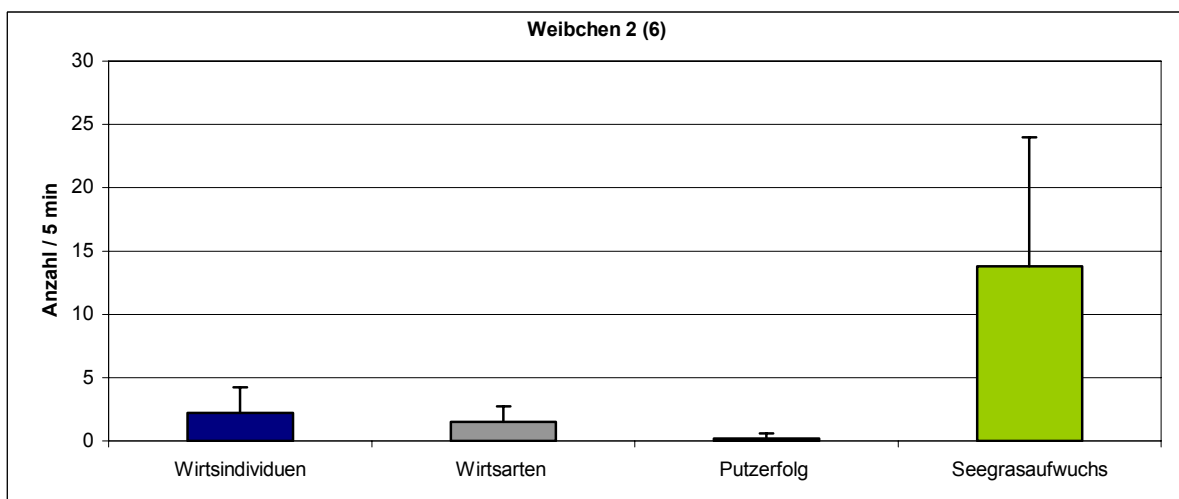


Abb. 56: Inspektionen und Nahrungserwerb des Weibchens 2 pro Beobachtungsintervall ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl der wiederkehrenden Beobachtungen angegeben

Die Zahlen durchschnittlich kontaktierter Wirtsindividuen und Wirtsarten des Weibchens 2 waren aufgrund des fehlenden Hartsubstrates auf der Südseite des Tralicco III relativ gering. Dagegen nahm das Weibchen 2 überdurchschnittlich viele epiphytische Organismen von den Blattspreiten des Neptungrases auf (Abb. 56).

Zum Wirtsspektrum des Weibchens 2 zählten lediglich sechs Arten (Abb. 57). Der Pfauenlippfisch *Symphodus tinca* (44 %) dominierte unter den Putzkunden.

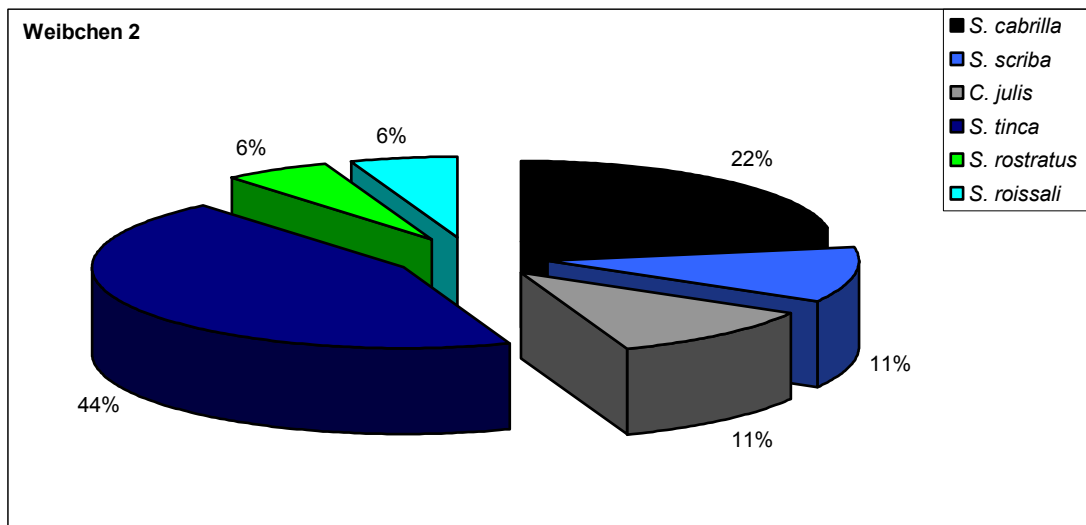
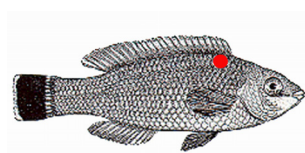


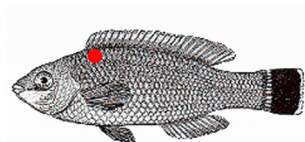
Abb. 57: Wirtsspektrum des Weibchens 2.

### Weibchen 3



Das 6,5 Zentimeter große Weibchen 3 wurde am 20.05.2003 gefangen, markiert und am 22.05.2003 am Tralicco III wieder freigesetzt. Es konnte im Untersuchungszeitraum nicht erneut beobachtet werden.

### Weibchen 4



Das Weibchen 4 wurde bis zum 13.08.2003 10mal beobachtet. Die Markierung des sieben Zentimeter großen Weibchens erfolgte auf der linken Körperseite unterhalb der Rückenflosse (s. Skizze).

Das zugehörige Revier lag auf der Nordostseite des Tralicco III. Es handelte sich dabei um eine an die Steinaufschüttung angrenzende Seegrasinsel von ca. 16 m<sup>2</sup> Größe (Abb. 53). So verband das Revier die Lebensräume Seegras, Sand und Hartboden.



Das Weibchen 4 kontaktierte durchschnittlich 6,5 Wirtsindividuen bzw. 3,8 Wirtsarten pro Beobachtungsintervall (Abb. 58). Seegrasaufwuchs hatte den größten Anteil unter den alternativen Nahrungskomponenten.

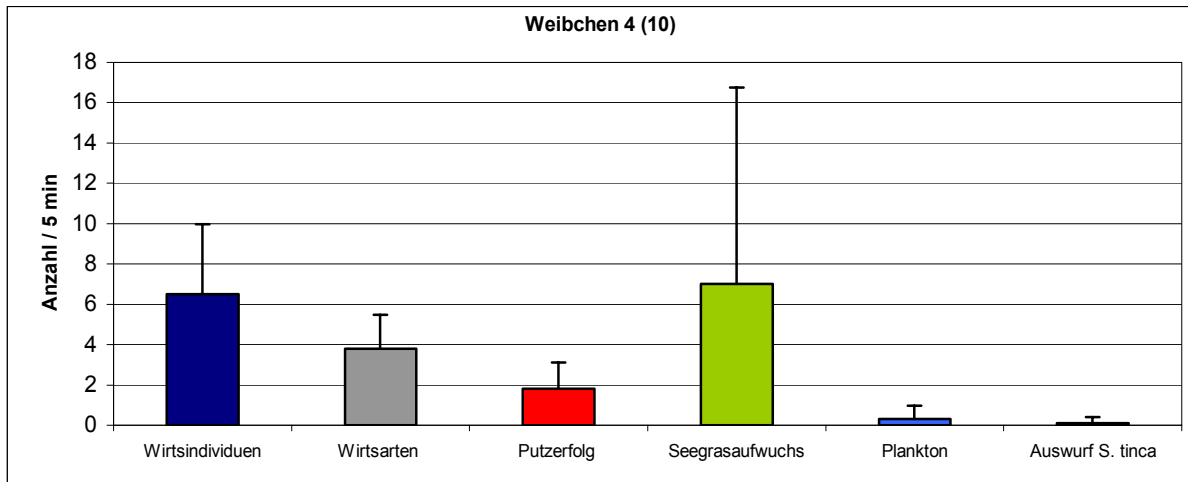


Abb. 58: Inspektionen und Nahrungserwerb des Weibchens 4 pro Beobachtungsintervall ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl der wiederkehrenden Beobachtungen angegeben.

Das Wirtsspektrum umfasste 13 Arten, von denen zehn regelmäßig und erfolgreich aufgesucht wurden (Abb. 59). *Serranus cabrilla* war mit 21 % am häufigsten in Interaktionen mit dem Putzer zu beobachten.

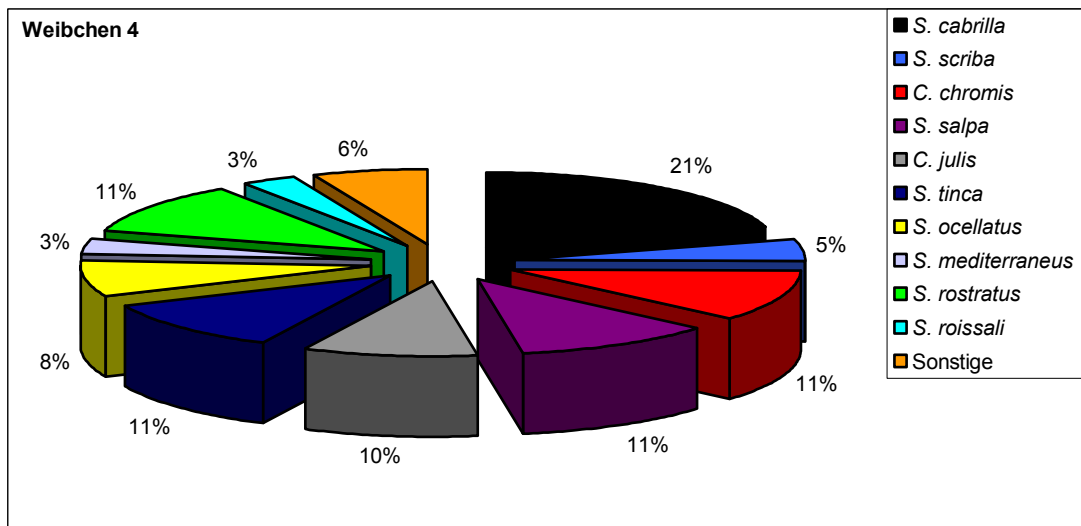
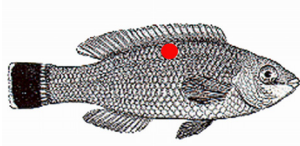


Abb. 59: Wirtsspektrum des Weibchens 4. Dargestellt sind nur die Arten, welche während des Beobachtungszeitraumes mehr als zweimal als Putzkunden beobachtet werden konnten.

## Weibchen 5



Das Weibchen 5 wurde bis zum 07.11.2003 21mal beobachtet. Es wies eine verletzte Caudalis auf. Die Markierung des sieben Zentimeter großen Weibchens erfolgte auf der rechten Körperseite unterhalb der Rückenflosse (s. Skizze).

Dem Weibchen 5 konnte nur schwer ein festes Revier zugeordnet werden. Der regelmäßig durchschwommene Bereich ermöglichte besser eine Tiefen- und Substratzuordnung als eine strenge räumliche Abgrenzung. Das Weibchen 5 wurde regelmäßig in einem ca. 30 – 40 m<sup>2</sup> großen, dem Fundament des Tralicco III anliegenden Streifen, angetroffen. Das vorherrschende Substrat des zwischen sechs und sieben Meter Wassertiefe liegenden Gebietes war Geröll. In nördlicher Richtung grenzten die Reviere von zwei markierten Männchen (♂ 1 und ♂ 9) an das Aktionsfeld des Weibchens 5 (Abb. 53).

Das große Aktionsfeld führte zu den höchsten Zahlen beobachteter Wirtsindividuen und Wirtsarten im gesamten Beobachtungszeitraum (Abb. 60). Durchschnittlich wurden 8,3 Wirtsindividuen und 4,3 Wirtsarten pro Beobachtungsintervall aufgesucht. Den größten Anteil alternativer Nahrungskomponenten stellte der Auswurf des Pfauenlippfisches *Symphodus tinca* dar.

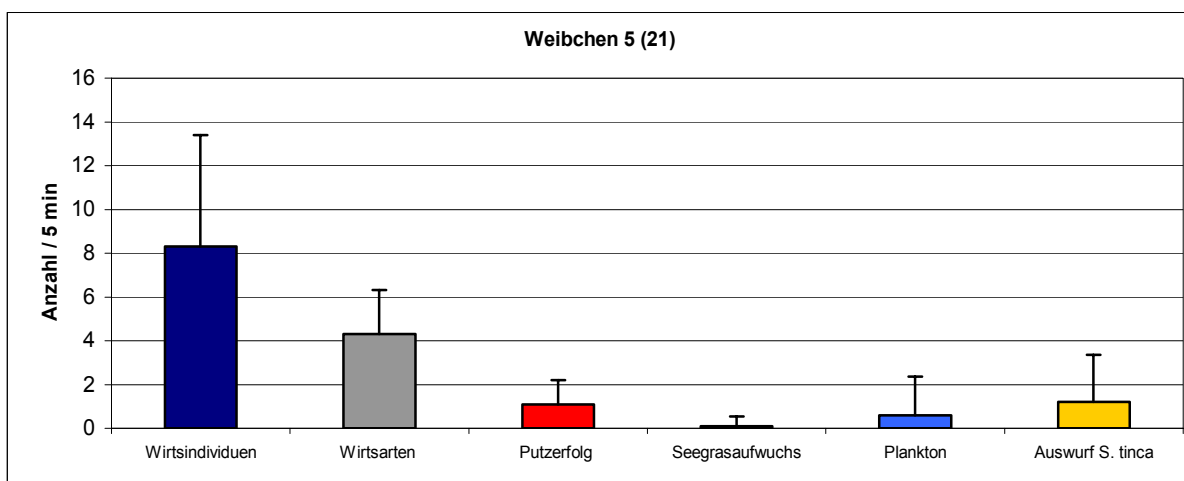


Abb. 60: Inspektionen und Nahrungserwerb des Weibchens 5 pro Beobachtungsintervall ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl der wiederkehrenden Beobachtungen angegeben.

Das Weibchen 5 erreichte das zweithöchste Wirtsspektrum im Untersuchungsgebiet und konnte beim Inspizieren und Putzen von 18 Wirtsspezies beobachtet werden. Die 12 in der Abbildung 61 aufgeführten Arten waren die auffälligsten Putzkunden. Dominierend waren *Serranus scriba*, *Apogon imberbis* und *Sarpa salpa*.

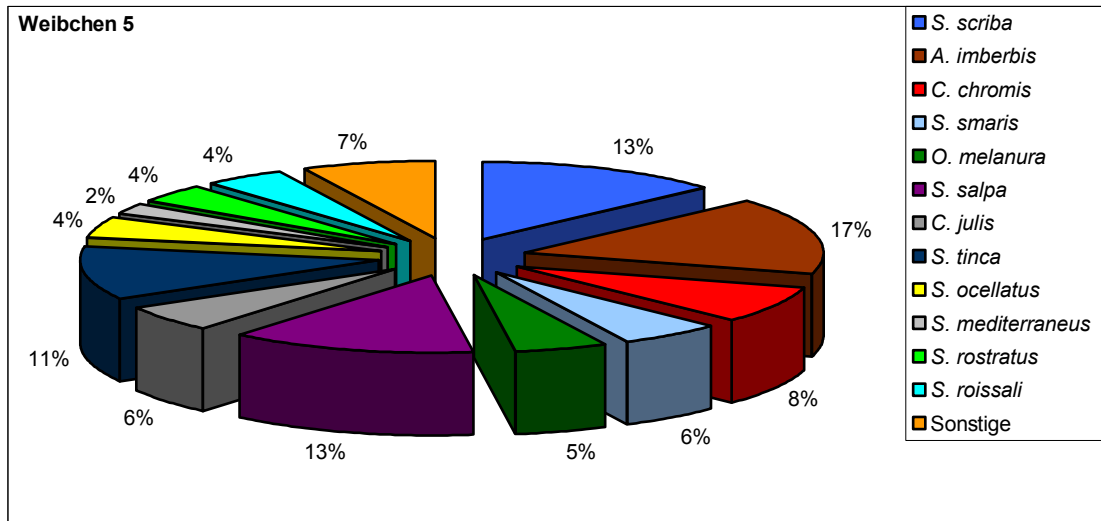
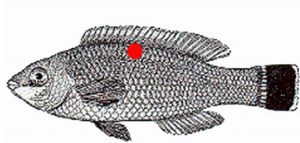


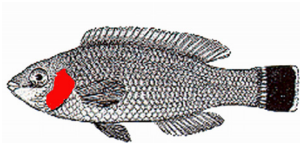
Abb. 61: Wirtsspektrum des Weibchens 5. Dargestellt sind nur die Arten, welche während des Beobachtungszeitraumes mehr als dreimal als Putzkunden beobachtet werden konnten.

### Männchen 6



Das sieben Zentimeter große Männchen 6 wurde am 01.06.2003 gefangen, markiert und am 03.06.2003 wieder am Tralicco III freigesetzt. Es konnte am 04.06.2003 einmalig wieder beobachtet werden und zeigte ein aktives Putzverhalten. Dabei wurde es mehrere Male von dem Männchen 1 attackiert und aus dessen Revier verjagt.

### Weibchen 7



Das Weibchen 7 wurde bis zum 08.11.2003 20mal beobachtet. Dem Weibchen 7 fehlte der linke Kiemendeckel, wodurch eine sichere Identifikation ermöglicht wurde, und eine zusätzliche Farbmarkierung nicht notwendig war (s. Skizze).

Das zugeordnete Revier von ca. 20 m<sup>2</sup> Größe lag auf der westlichen Seite des Tralicco III (Abb. 53). Geprägt war es von unterschiedlich großen Felsblöcken, die zahlreiche kleine Höhlen und Spalten bildeten. In südwestlicher Richtung grenzten ausgedehnte Seegrasbestände und vereinzelte Sandflächen an das Revier.

Die Abbildung 62 zeigt die Inspektionen und den Nahrungserwerb des Weibchens 7 pro Beobachtungsintervall.

Durchschnittlich kontaktierte das Weibchen 7,1 Wirtsindividuen und 3,5 Wirtsarten pro fünf Minuten. Die Aufnahme von Auswurf des Pfauenlippfisches stellte die wichtigste alternative Nahrungsquelle dar, der Anteil planktischer Organismen am Nahrungserwerb war dagegen nur gering.

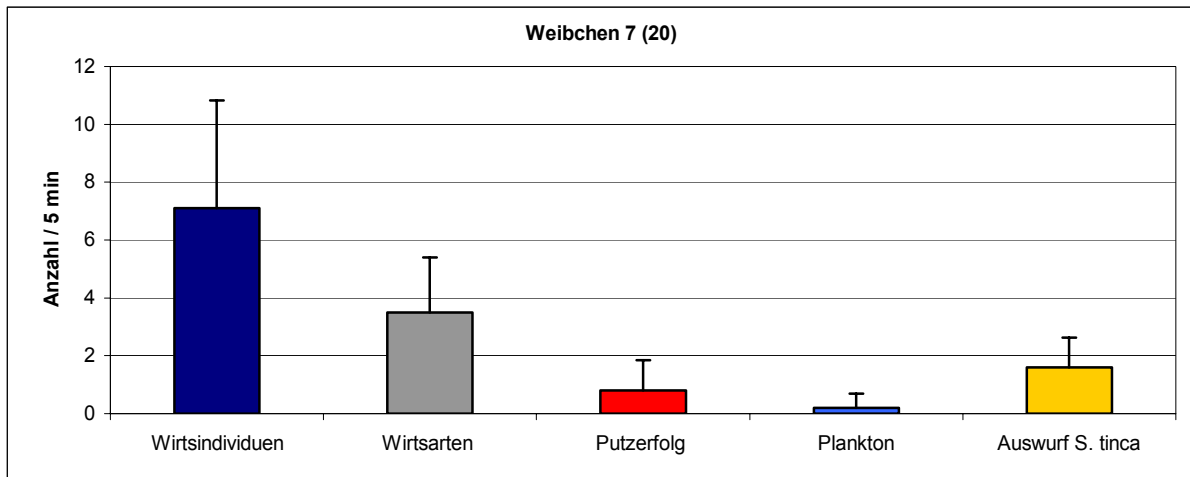


Abb. 62: Inspektionen und Nahrungserwerb des Weibchens 7 pro Beobachtungsintervall ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl der wiederkehrenden Beobachtungen angegeben.

Die Abbildung 63 gibt Auskunft über das Wirtsspektrum des Weibchens 7 im Untersuchungszeitraum.

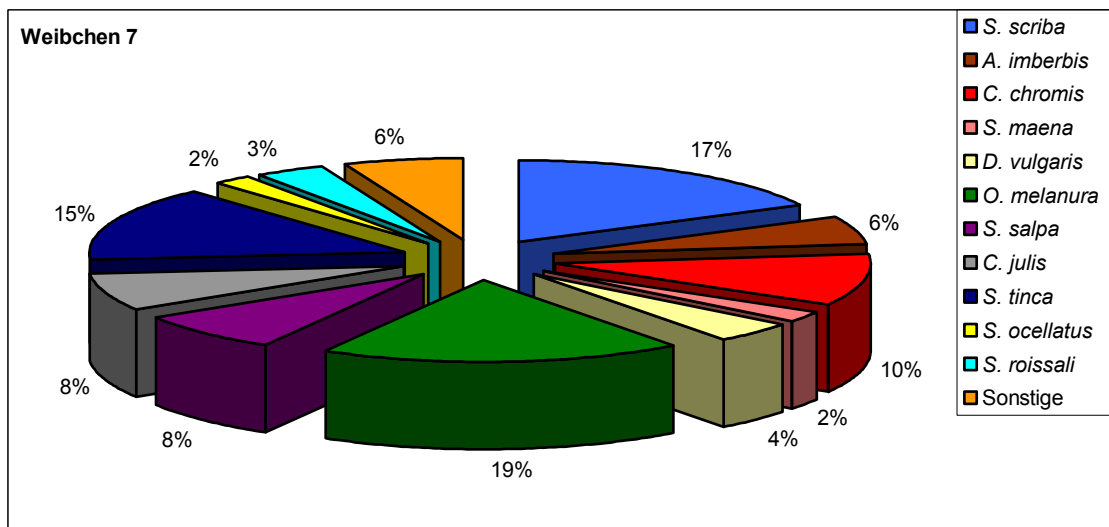
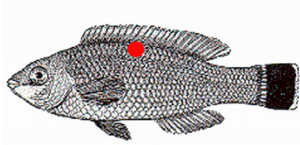


Abb. 63: Wirtsspektrum des Weibchens 7. Dargestellt sind nur die Arten, welche während des Beobachtungszeitraumes mehr als dreimal als Putzkunden beobachtet werden konnten.

Dem Wirtsspektrum des Weibchens 7 gehörten 17 Arten an, von denen die elf in der Abbildung 63 dargestellten Spezies regelmäßig und mit dem größten Putzerfolg kontaktiert wurden. Es dominierten der Sparide *Oblada melanura* und der Serranide *Serranus scriba*.

### Weibchen 8



Das Weibchen 8 wurde bis zum 08.11.2003 19mal beobachtet. Die Markierung des 7,5 Zentimeter großen Weibchens erfolgte auf der linken Körperseite unterhalb der Rückenflosse (s. Skizze).

Das dem Weibchen zugeordnete Revier von ca. 18 m<sup>2</sup> Größe befand sich auf der südlichen Seite des Tralicco III (Abb. 53). Die vorherrschenden Substrate waren Geröll und Seegras. Die das Revier in westlicher Richtung begrenzenden großen Felsblöcke bildeten langgestreckte Spalten und Höhlen. Das Weibchen 8 verließ das angestammte Revier regelmäßig während der Verfolgung attraktiver Wirte über der Seegraswiese.

Das Weibchen 8 kontaktierte durchschnittlich 5,8 Wirtsindividuen und 4,3 Wirtsarten pro Beobachtungsintervall (Abb. 64). Neben der regelmäßigen Teilnahme an Fressgemeinschaften von *S. tinca* spielte auch die Aufnahme planktischer Organismen eine Rolle im Nahrungserwerb.

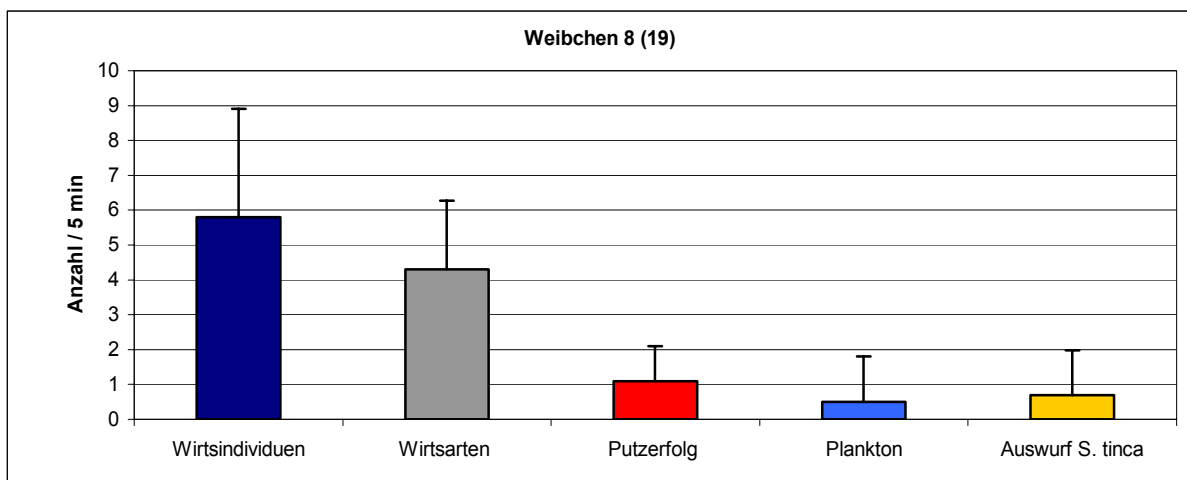


Abb. 64: Inspektionen und Nahrungserwerb des Weibchens 8 pro Beobachtungsintervall ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl der wiederkehrenden Beobachtungen angegeben.

Das Wirtsspektrum des Weibchens 8 war mit 20 beobachteten Spezies das umfangreichste der markierten Individuen. Die in der Abbildung 65 aufgeführten elf Wirtsarten waren im Untersuchungszeitraum regelmäßig als Putzkunden anzutreffen. *Serranus scriba*, *Symphodus tinca* und *Chromis chromis* waren die häufigsten Wirte.

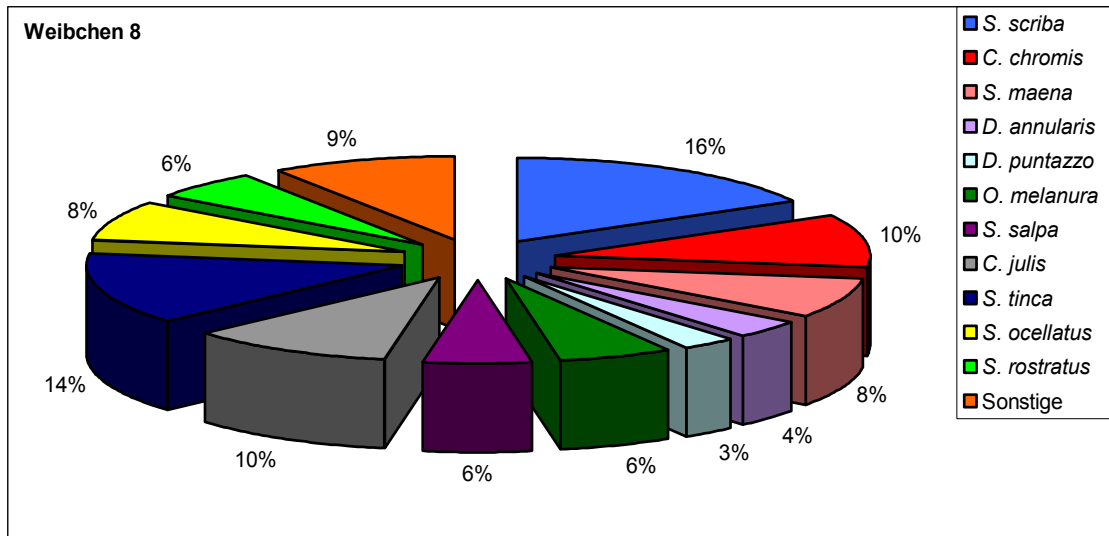
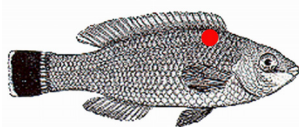


Abb. 65: Wirtsspektrum des Weibchens 8. Dargestellt sind nur die Arten, welche während des Beobachtungszeitraumes mehr als dreimal als Putzkunden beobachtet werden konnten.

**Männchen 9**



Das Männchen 9 wurde bis zum 08.11.2003 19mal beobachtet. Die Markierung des 8,5 Zentimeter großen Männchens erfolgte auf der rechten Körperseite unterhalb der Rückenflosse (s. Skizze).

Das zugeordnete Revier von ca. 20 m<sup>2</sup> Größe befand sich auf der seewärtigen Nordseite des Tralicco III (Abb. 53). Geprägt war das Revier durch die auslaufende Geröllaufschüttung der ehemaligen Verladestation und drei auf Sand liegende große Felsblöcke, die nahezu vollständig mit Algen bewachsen waren. Regelmäßig wurde das Männchen 9 bei Putzaktivitäten über der westlich angrenzenden Seegraswiese beobachtet.

Die Abbildung 66 zeigt den Nahrungserwerb des Männchens 9.

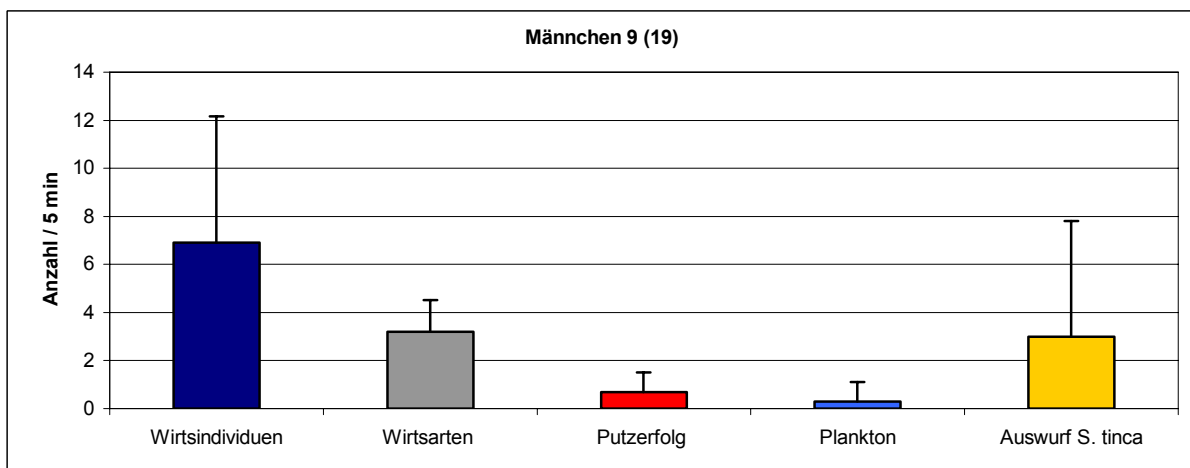


Abb. 66: Inspektionen und Nahrungserwerb des Männchens 9 pro Beobachtungsintervall ( $\bar{x} \pm s$ ). In Klammern ist die Anzahl der wiederkehrenden Beobachtungen angegeben.

Das Männchen 9 inspizierte pro Beobachtungsintervall durchschnittlich 6,9 Wirtsindividuen und 3,2 Wirtsarten. Die wichtigste alternative Nahrungskomponente war die regelmäßige Aufnahme von Auswurf des Pfauenlippfisches. Planktische Nahrung wurde nur selten aufgenommen.

Dem Wirtsspektrum des Männchens 9 waren 19 Arten zuzuordnen, von denen die in der Abbildung 67 aufgeführten zehn Arten am zahlreichsten waren. Besonders auffällig war der hohe Anteil von *Mullus surmuletus* mit 26 %.

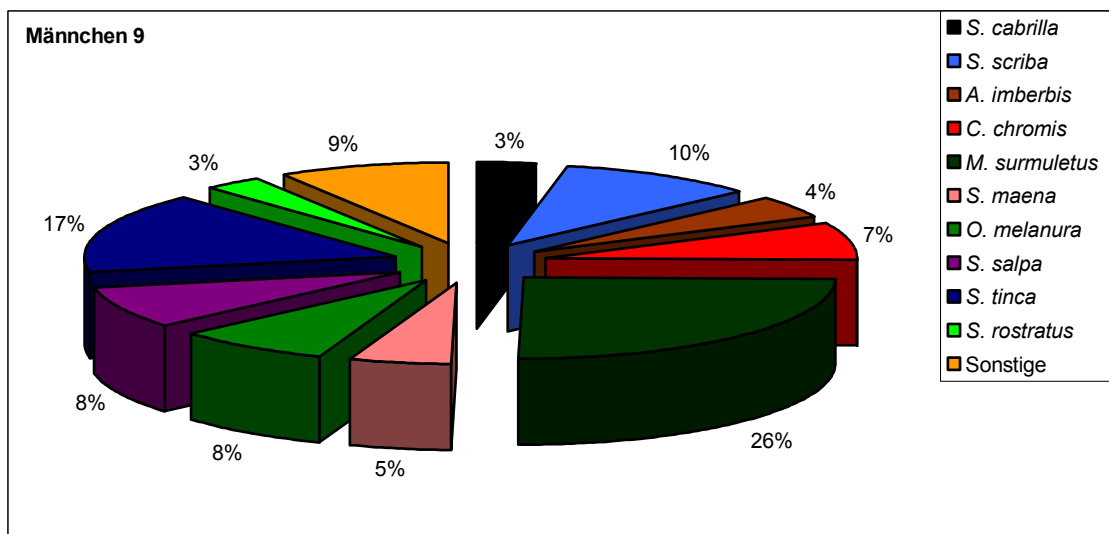


Abb. 67: Wirtsspektrum des Männchens 9. Dargestellt sind nur die Arten, welche während des Beobachtungszeitraumes mehr als dreimal als Putzkunden beobachtet werden konnten.

### 5. 5. Attrappenversuche mit *Symphodus melanocercus*

Im Zeitraum März bis Juni 2004 wurden in 28 Tauchgängen 50 Beobachtungsintervalle (10 min) mit den verschiedenen Attrappen durchgeführt. Die Tabelle 8 zeigt die Anzahl der Beobachtungen für die eingesetzten Attrappen pro Tageszeit.

Tabelle 8: Anzahl der Beobachtungsintervalle pro eingesetzte Attrappe zu unterschiedlichen Tageszeiten.

	8.00 - 12.00	12.00 - 16.00	16.00 - 21.00	gesamt
<b>Attrappe 1</b>	4	5	4	13
<b>Attrappe 2</b>	4	4	4	12
<b>Attrappe 3</b>	4	5	4	13
<b>Attrappe 4</b>	4	4	4	12

Jede der Attrappen wurde pro Tageszeit mindestens viermal eingesetzt. So ergaben sich für die Attrappe 1 dreizehn, die Attrappe 2 zwölf, die Attrappe 3 dreizehn und die Attrappe 4 zwölf Beobachtungen.

In der Tabelle 9 werden die durchschnittlichen Zahlen potentieller Wirte sowie die Anzahl der Fische, welche eine Aufforderungsstellung einnahmen, aufgeführt. Dabei wurden die Wirtsfische in die Statistik aufgenommen, die in einem gedachten Radius von ca. zwei Metern mit Blickrichtung zur Attrappe in Erscheinung traten.

Tabelle 9: Durchschnittliche und maximale Anzahl der Wirtsindividuen, Wirtsarten und Aufforderungsstellungen der eingesetzten Attrappen.

	Attrappe 1	Attrappe 2	Attrappe 3	Attrappe 4
<b>Wirtsindividuen / 10 min</b>	10,1	11,0	12,1	12,8
<b>Wirtsindividuen / 10 min max.</b>	17	19	18	17
<b>Wirtsarten / 10 min</b>	5,6	5,4	5,6	6,1
<b>Wirtsarten / 10 min max.</b>	9	8	8	9
<b>Aufforderungsstellungen / 10 min</b>	2,3	2,1	2,6	0,8
<b>Aufforderungsstellungen / 10 min max.</b>	7	5	6	3

Die Anzahl der pro Beobachtungsintervall gezählten Wirtsindividuen ( $F_{3/46/0,05} = 1,20$ ) und Wirtsarten ( $F_{3/46/0,05} = 0,33$ ) verhielt sich bei allen eingesetzten Attrappen homogen. Den Attrappen näherten sich durchschnittlich zwischen 10,1 und 12,8 Wirtsindividuen und 5,4 bis 6,1 Wirtsarten in einer Beobachtungszeit von 10 Minuten.

Bei der Akzeptanz der Putzerfischattrappen, was durch das Einnehmen einer Aufforderungsstellung durch den Wirtsfisch signalisiert wurde, traten signifikante Unterschiede auf ( $F_{3/46/0,01} = 4,92$ ). Die Attrappe 4 fiel mit nur 0,8 Aufforderungen pro 10 Minuten deutlich hinter den anderen Attrappen zurück



Die Abbildung 68 zeigt die insgesamt vor den verschiedenen Attrappen beobachteten Wirtsfische und die Zahl der dabei eingenommenen Putzaufforderungsstellungen.

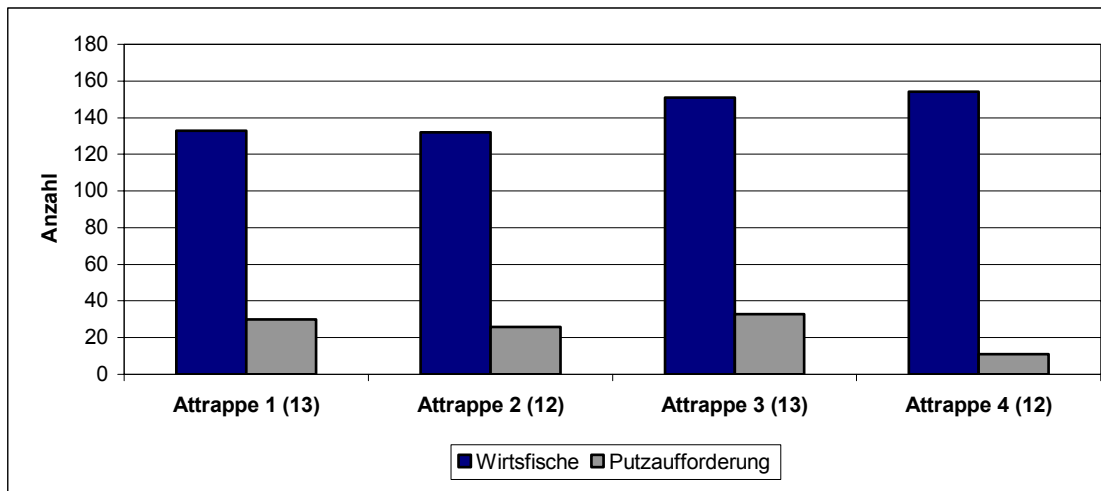


Abb. 68 Beobachtete Wirtsfische und dabei eingenommene Putzaufforderungsstellungen vor den Attrappen A1, A2, A3 und A4. In Klammern ist die Anzahl der Beobachtungsintervalle aufgeführt.

Die Anzahl beobachteter Wirtsfische verhielt sich bei allen eingesetzten Attrappen homogen ( $F_{3/46/0,05} = 1,04$ ). Das Maximum fand sich mit 154 gezählten Wirtsfischen bei 12 Beobachtungsintervallen bei der Attrappe 4.

Die Unterschiede zwischen den vor den Attrappen eingenommenen Aufforderungsstellungen waren aufgrund der deutlich geringeren Akzeptanz der Attrappe A4 signifikant ( $F_{3/46/0,01} = 4,46$ ). Der Anteil eingenommener Aufforderungsstellungen lag bei den Attrappen A1, A2 und A3 zwischen 20 % und 23 %. Bei der Attrappe 4 waren es dagegen nur 7 %.

Das potentielle Wirtsspektrum verteilte sich gleichmäßig auf die vier eingesetzten Attrappen ( $F_{3/41/0,05} = 0,04$ ). Insgesamt wurden 22 Arten beim Besuch der vier Attrappen gezählt. Die zwölf in der Abbildung 69 dargestellten Arten waren zahlenmäßig am stärksten vertreten und machten zusammen zwischen 90 % (Attrappe 3) und 95 % (Attrappe 1) aller beobachteten Wirtsindividuen aus.

Der auffälligste Besucher war der Pomacentride *Chromis chromis* mit einem Anteil zwischen 16 % und 33 %. Aus der Familie der Labridae waren v. a. *Symphodus ocellatus* (8 % - 15 %), *S. tinca* (7 % - 14 %) und *Coris julis* (14 % - 27 %) häufige Besucher der Attrappen. Auch *S. melanocercus* war regelmäßig in der Nähe der Attrappen zu beobachten (5 % - 11 %). Der Anteil von *Serranus scriba* lag zwischen 1 % und 3 %, der von *S. cabrilla* zwischen 1 % und 5 %. Bei der Attrappe 2 waren jedoch über 15 % aller gezählten Wirtsfische Sägebarsche.

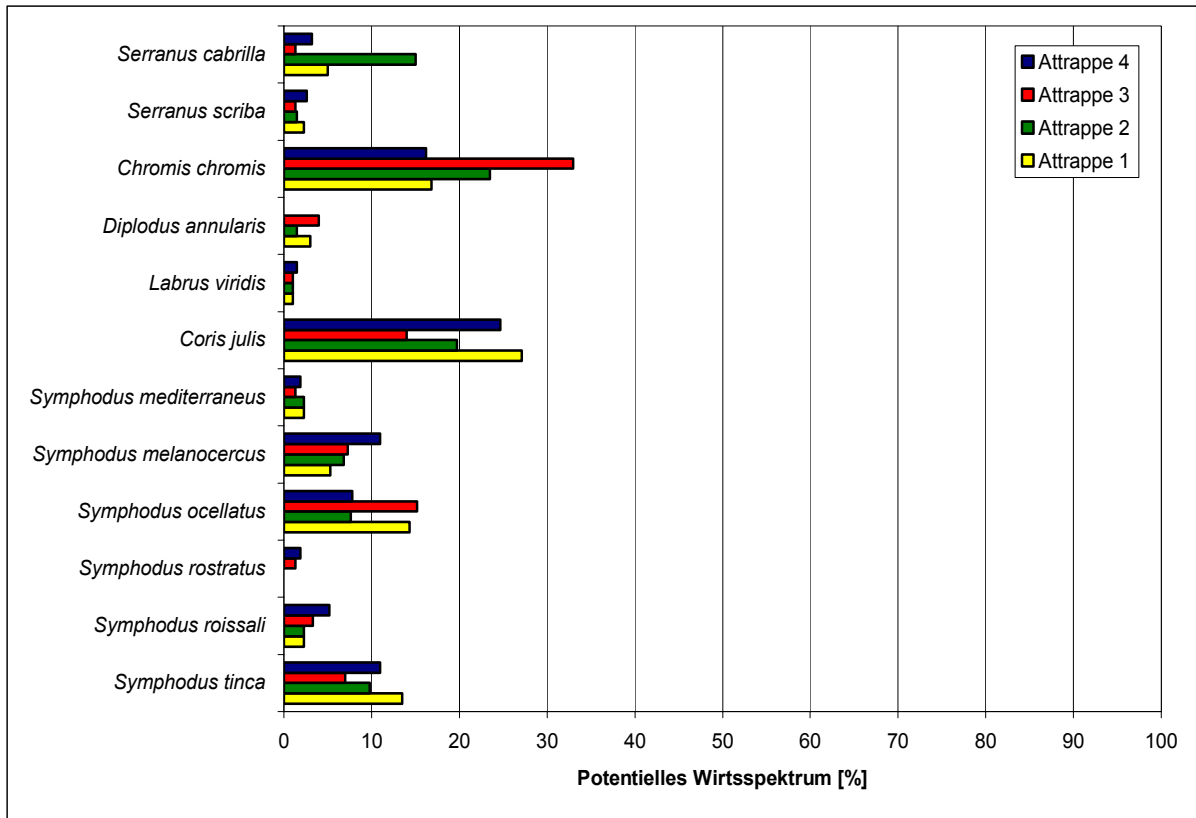


Abb. 69: Wirtsspektrum der verschiedenen Attrappen. Aufgeführt sind nur die Arten, die mindestens bei zwei Attrappen auftraten und deren prozentualer Anteil größer als 1% war.

### 5. 6. Fressgemeinschaft von *Symphodus tinca*

In der Zeit von März 2002 bis Juni 2004 wurden 79 Beobachtungsintervalle (5 min) zur Fressgemeinschaft des Pfauenlippfisches durchgeführt. Die Tabelle 10 gibt die Beobachtungsintervalle für die Jahreszeiten des Untersuchungszeitraumes an.

Tabelle 10: Anzahl der Beobachtungsintervalle zur Fressgemeinschaft von *Symphodus tinca* im Untersuchungszeitraum.

	Frühjahr	Sommer	Herbst
<b>2002</b>	29	22	16
<b>2003</b>	-	3	6
<b>2004</b>	3	-	-
<b>gesamt</b>	32	25	22

Von den gewonnenen Beobachtungsintervallen entfielen 32 auf die Frühjahrsmonate, 25 auf die Sommermonate und 22 auf die Herbstmonate des Untersuchungszeitraumes.

Im Mittel folgten dem Pfauenlippfisch im Untersuchungszeitraum 2002 – 2004 5,5 Fische aus 3,9 Arten (Tab. 11). Die durchschnittliche Anzahl der Substrataufnahmen pro Beobachtungsintervall lag bei 21.

Tabelle 11: Durchschnittliche Anzahl der Folgerfische, Folgerarten und Substrataufnahmen von *Symphodus tinca* im Untersuchungszeitraum 2002-2004.

	2002 - 2004
<b>Folgerfische / 5 min</b>	5,5
<b>Folgerfische / 5 min max.</b>	11
<b>Folgerarten / 5 min</b>	3,9
<b>Folgerarten / 5 min max.</b>	9
<b>Folgerarten gesamt</b>	22
<b>Substrataufnahmen / 5 min</b>	21
<b>Substrataufnahmen / 5 min max.</b>	45

Die Abbildungen 70 und 71 zeigen die jahres- und tagesperiodischen Unterschiede der Folgerfische und –arten sowie der Substrataufnahmen des Pfauenlippfisches. Dabei werden im Folgenden die Daten der Frühjahrs-, Sommer- und Herbstmonate aus den Untersuchungsjahren 2002 -2004 zusammengefasst betrachtet.

Die Zahlen der Folgerfische ( $F_{2/76/0,05} = 1,21$ ) und Folgerarten ( $F_{2/76/0,01} = 3,91$ ) verhielten sich im Jahresverlauf homogen. Die meisten Folgerfische fanden sich in den Sommermonaten, die meisten Folgerarten dagegen im Herbst.

Die Substrataufnahmen zeigten dagegen im Jahresgang signifikante Unterschiede ( $F_{2/76/0,01} = 6,51$ ). Der höchste Wert fand sich mit 24 Substrataufnahmen im Sommer.

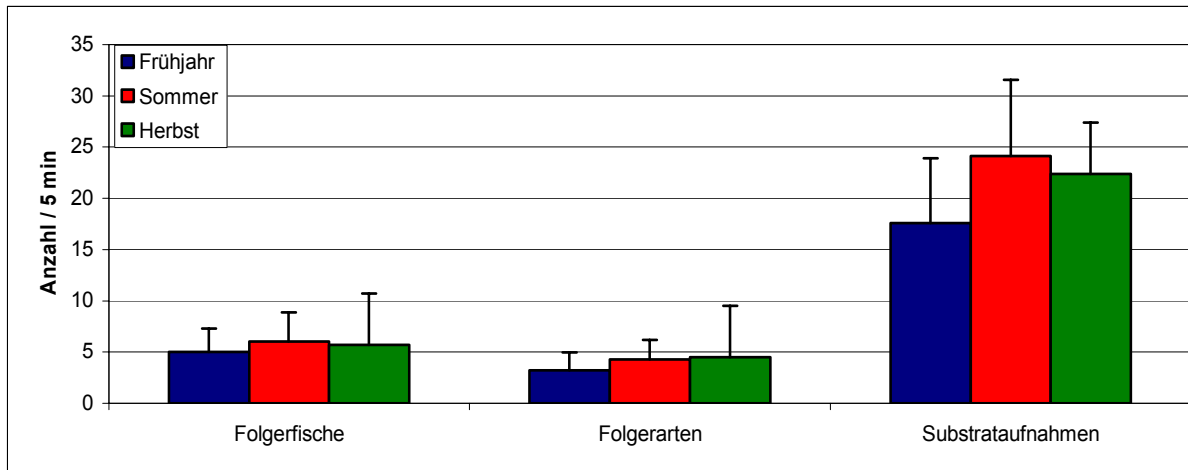


Abb. 70: Durchschnittliche Anzahl der Folgerfische, der Folgerarten und der Substrataufnahmen von *Symphodus tinca* im Jahresverlauf ( $\bar{x} \pm s$ ).

Die Zahlen der Folgerfische ( $F_{2/76/0,05} = 0,95$ ) Folgerarten ( $F_{2/76/0,05} = 1,02$ ) und der Substrataufnahmen ( $F_{2/76/0,05} = 2,07$ ) zu unterschiedlichen Tageszeiten wiesen keine signifikanten Unterschiede auf.

Die höchsten Werte fanden sich mit durchschnittlich 6,1 Verfolgern aus 4,5 Arten und 24 Substrataufnahmen pro Beobachtungsintervall in den Morgenstunden.

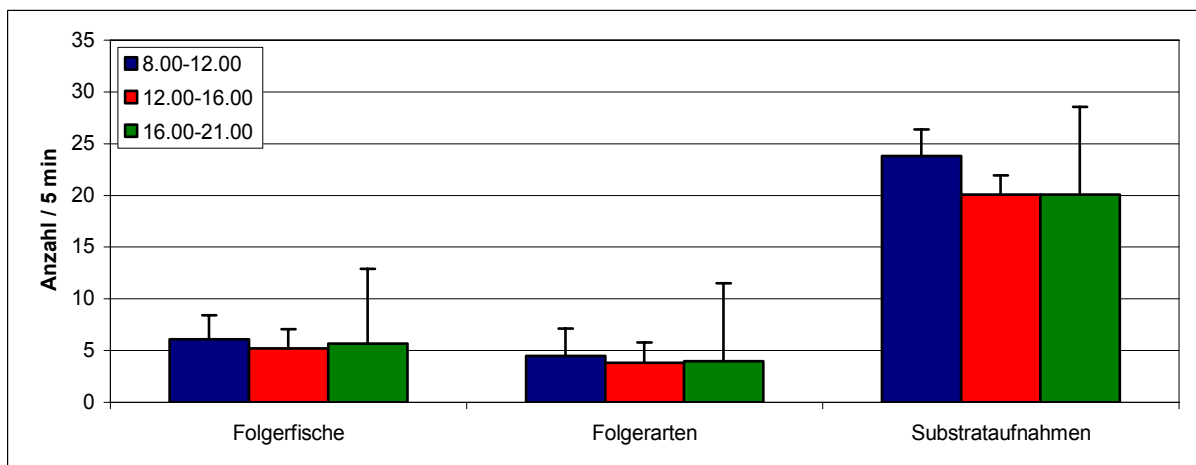


Abb. 71: Durchschnittliche Anzahl der Folgerfische, der Folgerarten und der Substrataufnahmen von *Symphodus tinca* zu unterschiedlichen Tageszeiten ( $\bar{x} \pm s$ ). 8.00-12.00 Uhr: 27 Beobachtungen, 12.00-16.00 Uhr: 32 Beobachtungen, 16.00-21.00 Uhr: 20 Beobachtungen.

In der Abbildung 72 sind die Verfolger des Pfauenlippfisches im Jahresverlauf dargestellt. Die 14 Arten machen zusammen mindestens 94 % der Begleiter aus. In den Frühjahrsmonaten konnten dem Gefolge des Pfauenlippfisches 14 Arten zugeordnet werden, in den Sommer- und Herbstmonaten jeweils 17 Arten.

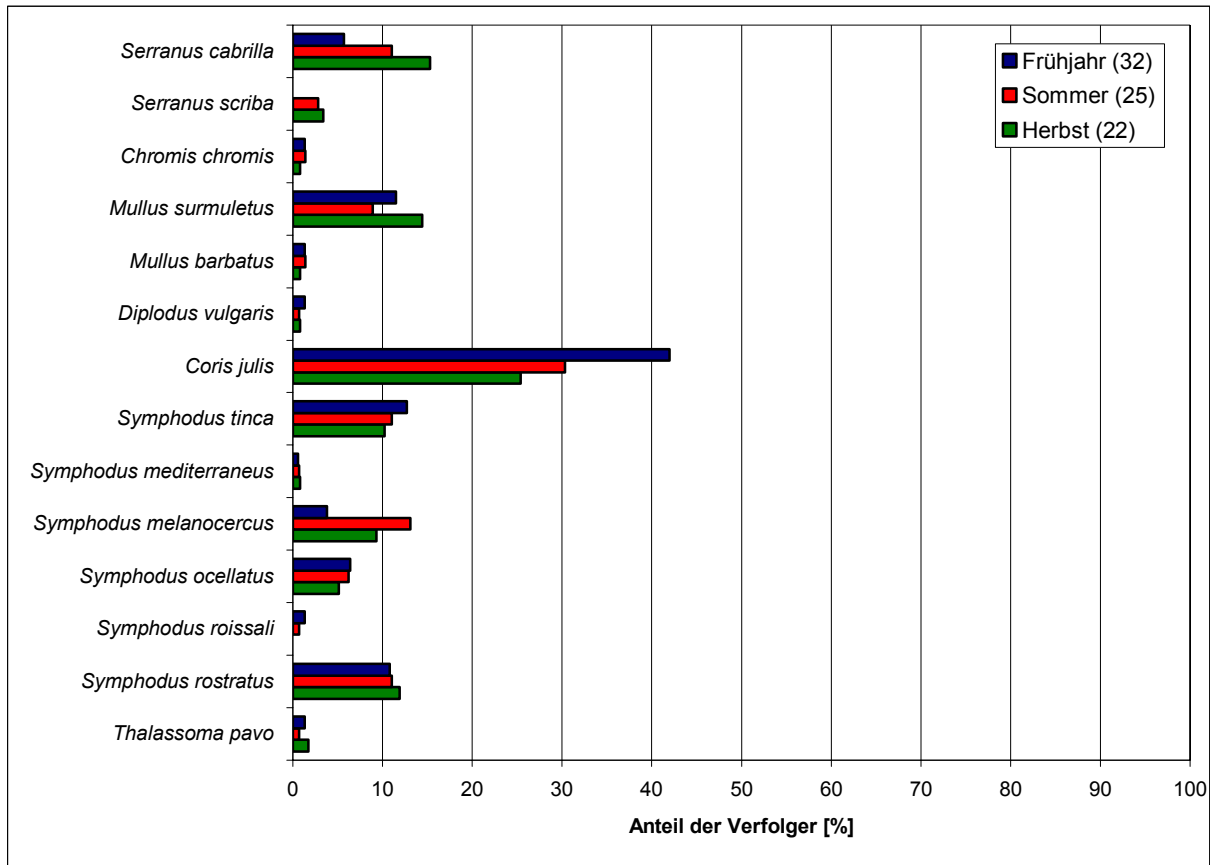


Abb. 72: Anteil von 14 Folgerarten des Pfauenlippfisches im Untersuchungszeitraum. Berücksichtigt sind nur Arten, die mindestens in zwei Jahreszeiten auftraten. In Klammern ist die Anzahl der Beobachtungsintervalle aufgeführt.

Die Daten zum Spektrum der Folgerarten des Pfauenlippfisches erwiesen sich hinsichtlich der verschiedenen Jahreszeiten als homogen ( $F_{2/41/0,05} = 0,01$ ).

Der dominierende Verfolger war *Coris julis* mit bis zu 42 % in den Frühjahrsmonaten. Weitere häufige Begleiter aus der Familie der Labridae waren *Symphodus melanocercus*, *S. rostratus* sowie eigene Artgenossen. Daneben waren *Mullus surmuletus* und *Serranus cabrilla* regelmäßig im Gefolge des Pfauenlippfisches anzutreffen.

Bezüglich ihres Verhaltens innerhalb der Fressgemeinschaft ließen sich im Gefolge von *S. tinca* drei, zum Teil von der üblichen Nahrungssuche abweichende, Nahrungsstrategien unterscheiden (Tab. 12).

Die erste Gruppe suchte zwar aktiv die Nähe der Fressgemeinschaft, bestritt den Nahrungserwerb aber eigenständig. Dazu gehörten die wühlenden und zupfenden (*Mullus* spp., *Symphodus* spp.) sowie die algenfressenden Arten (*Sarpa salpa*). Die zweite Gruppe partizipierte direkt vom Auswurf des Pfauenlippfisches, suchte nach Nahrungsorganismen und Nahrungsresten und ging wie *Symphodus melanocercus* und *S. ocellatus* gelegentlich ihrer Putzertätigkeit nach. Die dritte Gruppe umfasste die sammelnden (*Diplodus* spp.) und die jagenden Arten (*Serranus* spp.), die in kurzer Entfernung zu den wühlenden und zupfenden Arten nach Nahrungsresten suchten bzw. den aufgescheuchten Nahrungsorganismen nachstellten.

Tabelle 12: Nahrungsstrategien der häufigsten Gefolgsarten des Pfauenlippfisches.

<b>wühlende / zupfende Arten</b>	<b>auswurffressende Arten</b>	<b>Jäger / Sammler</b>
<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Chromis chromis</i>	<i>Serranus cabrilla</i>
<i>Mullus barbatus</i>	<i>Coris julis</i>	<i>Serranus scriba</i>
<i>Sarpa salpa</i>	<i>Symphodus melanocercus</i>	<i>Diplodus annularis</i>
<i>Symphodus tinca</i>	<i>Symphodus ocellatus</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>
<i>Symphodus rostratus</i>	<i>Thalassoma pavo</i>	<i>Oblada melanura</i>
-	-	<i>Bothus podas</i>

### 5. 7. Fressgemeinschaft von *Mullus surmuletus*

Im Untersuchungszeitraum vom März 2002 bis zum Juni 2004 wurden 39 Beobachtungsintervalle (5 min) zur Fressgemeinschaft von *Mullus surmuletus* durchgeführt. Zehn der gewonnenen Beobachtungsintervalle entfielen auf die Frühjahrsmonate, 10 auf die Sommermonate und 19 auf die Herbstmonate (Tabelle 13).

Tabelle 13: Anzahl der Beobachtungsintervalle zur Fressgemeinschaft von *Mullus surmuletus* im Untersuchungszeitraum.

	Frühjahr	Sommer	Herbst
<b>2002</b>	3	9	12
<b>2003</b>		1	7
<b>2004</b>	7	-	-
<b>gesamt</b>	10	10	19

Durchschnittlich folgten *M. surmuletus* im Untersuchungszeitraum 2002 bis 2004 4,0 Fische aus 1,7 Arten pro Beobachtungsintervall (Tab. 14).

Tabelle 14: Durchschnittliche Anzahl der Folgerfische und Folgerarten von *Mullus surmuletus* im Untersuchungszeitraum 2002 – 2004.

	2002 - 2004
<b>Folgerfische / 5 min</b>	4,0
<b>Folgerfische / 5 min max.</b>	11
<b>Folgerarten / 5 min</b>	1,7
<b>Folgerarten / 5 min max.</b>	7
<b>Folgerarten gesamt</b>	17

Die Abbildung 73 und 74 zeigen die durchschnittliche Anzahl der Folgerfische und Folgerarten der Streifenmeerbarbe im Jahresgang sowie im Tagesverlauf. Dabei werden im Folgenden die Daten der Frühjahrsmonate, Sommermonate und Herbstmonate aus den Untersuchungsjahren 2002 – 2004 zusammengefasst betrachtet.

Es fanden sich im Jahresgang keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Folgerfische ( $F_{2/36/0,05} = 1,12$ ) und Folgerarten ( $F_{2/36/0,05} = 2,63$ ) von *Mullus surmuletus*. Beide Datenreihen stiegen im Jahresverlauf leicht an. Während im Frühjahr durchschnittlich 3,1 Verfolger aus 2,0 Arten beobachtet werden konnten, waren es in den Herbstmonaten 4,4 Verfolger aus 3,4 Arten.

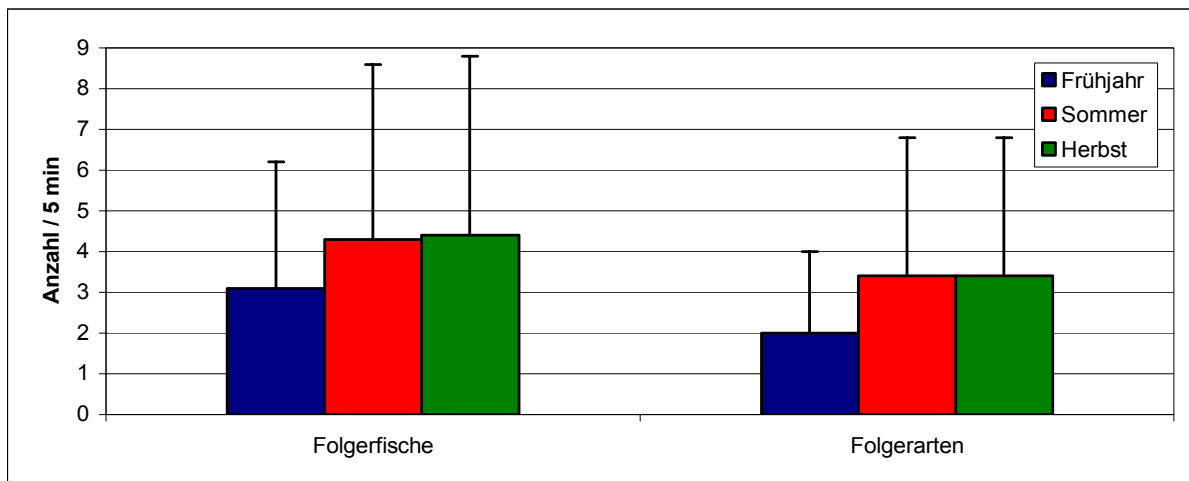


Abb. 73: Anzahl der Folgerfische und Folgerarten von *Mullus surmuletus* im Jahresgang ( $\bar{x} \pm s$ ).

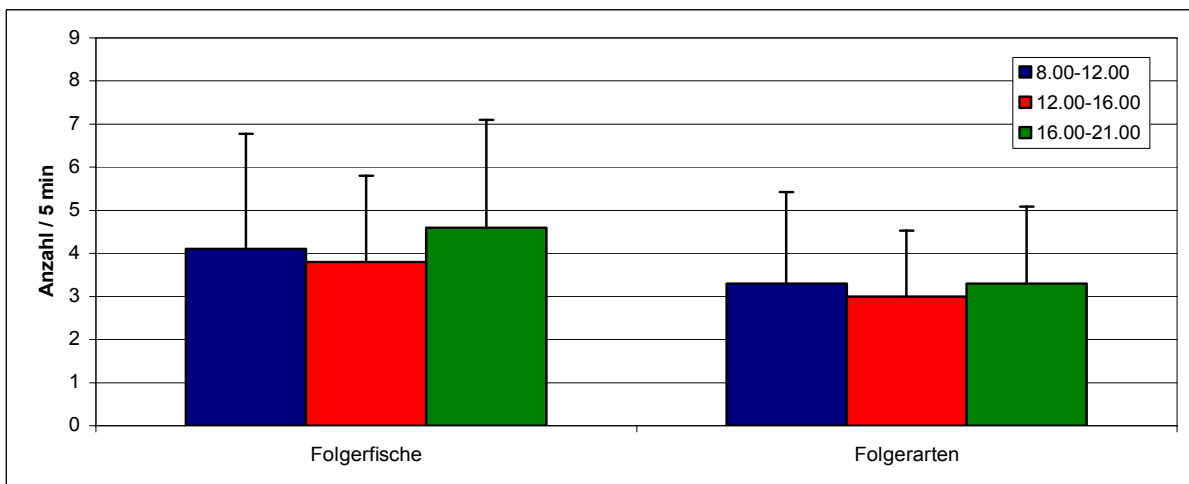


Abb. 74: Anzahl der Folgerfische und der Folgerarten von *Mullus surmuletus* im Tagesverlauf ( $\bar{x} \pm s$ ). 8.00-12.00 Uhr: 15 Beobachtungen, 12.00-16.00 Uhr: 13 Beobachtungen, 16.00-21.00 Uhr: 11 Beobachtungen.

Die Zahlen der Folgerfische ( $F_{2/36/0,05} = 0,33$ ) und Folgerarten ( $F_{2/36/0,05} = 0,12$ ) zu unterschiedlichen Tageszeiten verhielten sich homogen.

Während die durchschnittlich meisten Verfolger mit 4,6 Individuen in den Abendstunden zu beobachten waren, war die Zahl der Folgerarten mit 3,3 in den Morgen- und Abendstunden identisch.

In der Abbildung 75 sind die wichtigsten Verfolger der Streifenmeerbarbe im Jahresverlauf dargestellt. Die zehn Arten machten zusammen mindestens 91 % der begleitenden Individuen aus. Insgesamt konnten im Untersuchungszeitraum 17 Folgerarten identifiziert werden. In den Frühjahrsmonaten wurden im Gefolge der Streifenmeerbarbe neun, in den Sommermonaten 14 und in den Herbstmonaten 12 Arten beobachtet.



Das Spektrum der Folgerarten erwies sich hinsichtlich der verschiedenen Jahreszeiten als homogen ( $F_{2/31/0,05} = 1,62$ ).

Die häufigsten Verfolger der Streifenmeerbarbe waren *Serranus cabrilla*, *Diplodus vulgaris*, *Coris julis*, *Symphodus rostratus*, *Symphodus tinca* sowie eigene Artgenossen.

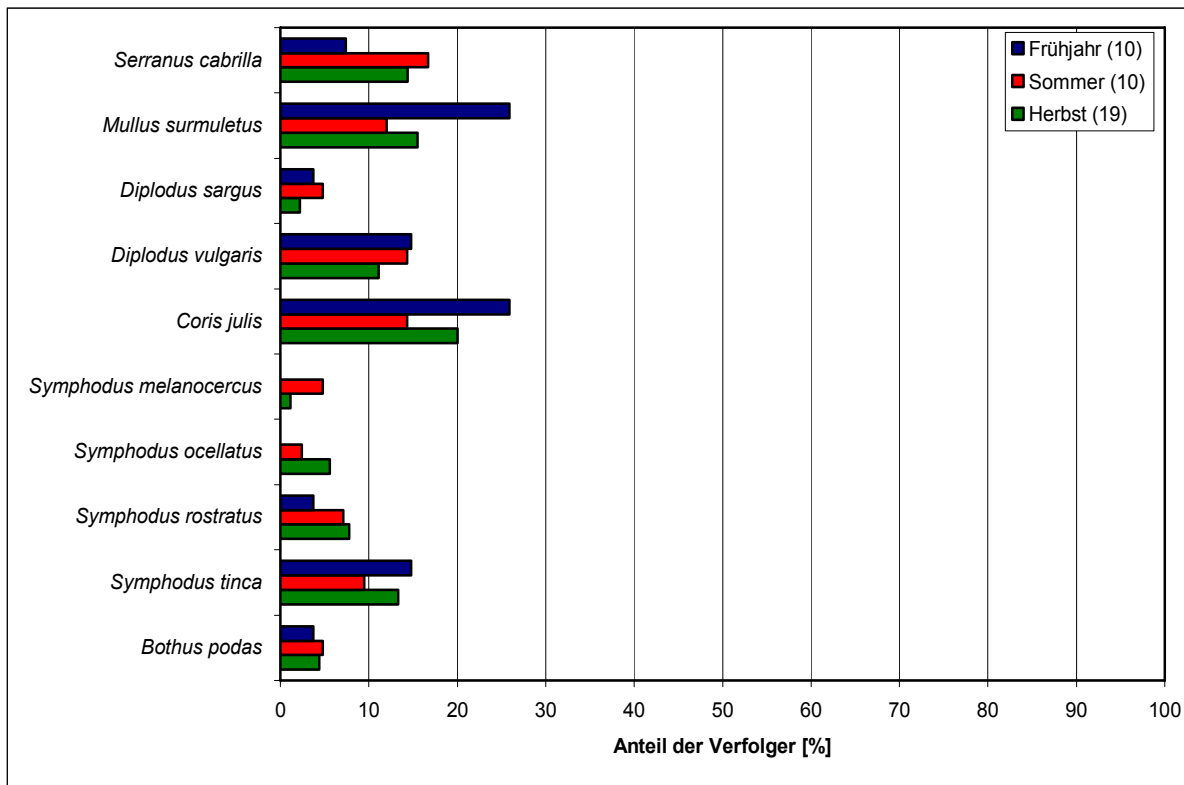


Abb. 75: Anteil von 10 Folgerarten der Streifenmeerbarbe im Untersuchungszeitraum. Berücksichtigt sind nur die Arten, welche mindestens in zwei Jahreszeiten auftraten. In Klammern ist die Anzahl der Beobachtungsintervalle aufgeführt.

Ähnlich wie beim Pfauenlippfisch lassen sich auch bei den Verfolgern der Streifenmeerbarbe verschiedene Nahrungsstrategien antreffen, die zum Teil von der üblichen Nahrungssuche abweichen. Es lassen sich dabei drei Gruppen unterscheiden (Tab. 15). Die erste Gruppe sucht zwar aktiv die Nähe der Fressgemeinschaft und nutzt zum Teil die von den Meerbarben geschaffenen Abbruchkanten im Sand, wühlt aber selbständig nach benthischen Nahrungsorganismen (*Symphodus tinca*, *S. rostratus*) oder frisst Algen im Felslitoral (*Sarpa salpa*). Die zweite Gruppe umfasst die größeren jagenden und sammelnden Arten und positioniert sich in kurzer Entfernung zu den wühlenden Arten, um aufgewirbelte Organismen zu erbeuten (*Serranus cabrilla*, *Diplodus* spp.). Die dritte Gruppe umfasst die fakultativen Putzerfische *Symphodus melanocercus* und *S. ocellatus*, welche die folgenden Arten von Ektoparasiten und erkrankten Hautpartien befreien.

Tabelle 15: Nahrungsstrategien der häufigsten Folgerarten von *Mullus surmuletus*.

<b>grabende / zupfende Arten</b>	<b>Jäger / Sammler</b>	<b>fakultative Putzerfische</b>
<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Serranus cabrilla</i>	<i>Symphodus melanocercus</i>
<i>Lithognathus mormyrus</i>	<i>Diplodus annularis</i>	<i>Symphodus ocellatus</i>
<i>Sarpa salpa</i>	<i>Diplodus sargus</i>	-
<i>Symphodus rostratus</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>	-
<i>Symphodus tinca</i>	<i>Oblada melanura</i>	-
-	<i>Pagellus erythrinus</i>	-
-	<i>Coris julis</i>	-
-	<i>Bothus podas</i>	-

## 6. Diskussion

### 6.1. Hydrographie

Die Hydrographie des Tyrrhenischen Meeres ist geprägt durch den Austausch der Wassermassen mit anderen Teilbereichen des Westlichen Mittelmeeres. Wasser atlantischen Ursprungs (MAW) tritt im Süden über die Schwelle bei Sizilien und Sardinien ein, wandert entlang der Küste nordwärts und gelangt über den Korsika-Kanal ins benachbarte Ligurische Becken (ASTRALDI & GASPARINI, 1994).

Nach Westen begrenzen Korsika und Sardinien das Tyrrhenische Meer, nach Süden die Spitze des italienischen Stiefels und Sizilien. Zusammen mit der Topographie des angrenzenden Festlandes, welches eine meteorologische Barriere darstellt, wird das Tyrrhenische Becken so zu einem der am stärksten isolierten Teilbereiche des Mittelmeeres (KRIVOSHEYA, 1983).

Abiotische Umweltfaktoren wie die Wassertemperatur, die Salinität, das Licht sowie die Sauerstoff- und Nährstoffverteilung können eine Biozönose entscheidend beeinflussen. Diese Umweltfaktoren sind es, die häufig die Verbreitung, Populationsdynamik, Lebensrhythmen und Wechselbeziehungen von Fischen bestimmen (NIKOLSKY, 1963). Nach THIENEMANN (1939) ist der Faktor entscheidend, welcher sich am stärksten dem Pessimum nähert. Dabei dürfen diese Größen nicht isoliert, sondern müssen im Zusammenhang, auch mit der biotischen Umwelt, betrachtet werden. Gemeinsam führten sie zu einer Vielzahl morphologischer und physiologischer Anpassungen, welche die Fische zur artenreichsten Gruppe der Wirbeltiere machten (FIEDLER, 1991).

#### Sichttiefe

Die während des Untersuchungszeitraumes durchgeführten Messungen ergaben maximale Werte in den Sommermonaten und abnehmende Sichttiefen in den Frühjahrs- und Herbstmonaten. Damit spiegelt die Sichttiefe die Saisonalität des Phytoplanktons wieder. Ausgelöst werden die Planktonblüten durch die Erwärmung des Oberflächenwassers, die erhöhte Sonneneinstrahlung und die windbedingte Zirkulation des Wasserkörpers, wodurch Nährstoffe in die euphotische Zone eingebracht werden. Limitierende Faktoren sind dabei in der Regel Silicium, welches von den besonders schnell wachsenden Diatomeen zum Zellaufbau benötigt wird, und Phosphate (PFANNSCHMIDT et al., 2001). Die Primärproduktion chlorophyllhaltiger Organismen beschränkt sich dabei im klaren ozeanischen Wasser des Mittelmeeres auf die obersten 100 - 150 Meter (MARGALEF, 1985). Neben der

Entwicklung des Phytoplanktons nehmen auch die Topographie der Bucht von Campese und die Windsituation Einfluss auf die Sichttiefe. Das Untersuchungsgebiet ist geprägt durch ein sanft abfallendes Sandplateau, welches ca. 300 Meter entfernt von der Küste 25 Meter Wassertiefe erreicht und in Weichboden übergeht. Bei den häufig vorherrschenden westlichen und nordwestlichen Windlagen bewirkte die Wellenbewegung eine starke Suspension der Sedimente, wodurch der Wasserkörper andauernd getrübt werden konnte.

Die Sichttiefe und damit das Lichtangebot unter Wasser werden stark beeinflusst durch die Reflektion und Absorption suspendierter Partikel und Organismen. Somit bestimmen die Transparenz des Wassers und das Licht den Lebensrhythmus und die Aktivität vieler Fische (NIKOLSKY, 1963).

Die Saisonalität des Planktons übt einen direkten Einfluss auf den Nahrungserwerb der Fischfauna im Untersuchungsgebiet aus. In den Jahreszeiten erhöhter Planktondichte (Frühjahr, Herbst) wurden von *Symphodus melanocercus* und zahlreichen anderen Vertretern der Fischgemeinschaft verstärkt zooplanktische Nahrungsorganismen aufgenommen. Die Frühjahrs-Planktonblüte machte sich beim Nahrungserwerb des Putzerlippfisches weniger stark bemerkbar als die Herbst-Blüte. Von März bis Juni dominierten die Putzertätigkeit und das Fressen von Seegrasaufwuchs den Nahrungserwerb.

#### Wassertemperatur

Besonders die Temperatur bestimmt den subtropischen Charakter der Mittelmeerfauna und -flora (ZANDER, 2001). Während das Tiefenwasser eine Temperatur von 12° C nicht unterschreitet, existiert an der Wasseroberfläche ein Temperaturgefälle von Nordwest nach Südost. Dadurch wird das Mittelmeer unterteilt in ein kühleres Westbecken, welches auch boreale Faunenelemente beherbergt, und in ein wärmeres Ostbecken, in dem auch tropische Arten existieren können.

Der jahreszeitliche Verlauf der Wassertemperatur im westlichen Mittelmeer ist geprägt durch eine starke herbstliche Abkühlung und eine ähnlich starke Erwärmung im Frühjahr (KLEIN & ROETHER, 2001). Die im Sommer abnehmenden Windgeschwindigkeiten und die erhöhte Sonneneinstrahlung führen zu einer erwärmten Deckschicht von maximal 100 Metern.

Die sommerliche (Juli – August) Durchschnittstemperatur des Oberflächenwassers betrug im Untersuchungsgebiet 2002 25,5 ° C und 2003 27,0° C. KLEIN & ROETHER (2001) geben für das Tyrrhenische Becken sommerliche Durchschnittstemperaturen von 24° C an. Die Ursache für die hohen gemessenen Wassertemperaturen kann zum einen in den im Sommer 2003 europaweit andauernden, hohen Lufttemperaturen gesucht werden. Zum anderen fördert die bereits angesprochene Topographie und Sedimentstruktur der Bucht von Campese eine verstärkte Erwärmung des Wasserkörpers.

Das Wasser im Untersuchungsgebiet ist weitgehend ungeschichtet und homogen, was durch die geringen Temperaturdifferenzen zwischen dem Oberflächenwasser und dem sublitoralen Wasser bestätigt wird. Die sich im Sommer einstellende Thermokline befindet sich in der Regel zwischen 16 und 20 Metern.

Wie bei allen wechselwarmen Tiergruppen beeinflussen die Wassertemperaturen entscheidend die verschiedenen Lebensäußerungen und die Verbreitung der Fischarten (FIEDLER, 1991). Dabei spielen nicht allein die vorherrschenden minimalen oder maximalen Temperaturen eine Rolle, sondern v. a. die saisonale Amplitude der Wassertemperatur, welche eine Untergliederung in stenotherme und eurytherme Arten ermöglicht (NIKOLSKY, 1963).

Die auch im Winter verhältnismäßig hohen Wassertemperaturen des Mittelmeeres von über 12° C (KLEIN & ROETHER, 2001) erfordern keine ausgesprochenen Adaptationen, wie sie zum Beispiel in polaren Meeresgebieten und bei überwinternden Süßwasserfischen zu beobachten sind. Angepasste Enzymvarianten und Strukturveränderungen von Zellorganellen und Muskulatur ermöglichen Fischen das Erschließen extremster Lebensräume (MOERLAND, 1995; ROME, 1995). Trotzdem zeigen einzelne mediterrane Arten tropischer Herkunft, z. B. Lippfische aus den Gattungen *Thalassoma* oder *Coris*, eine Form der Winterruhe, die sich in verminderter Aktivität und Nahrungsaufnahme äußert.

Die im Frühjahr ansteigenden Wassertemperaturen determinieren verschiedene metabolische Prozesse und helfen so vielen mediterranen Arten bei der Synchronisation ihres Laichverhaltens (FIEDLER, 1991). So durchlaufen Vertreter der Gattung *Symphodus* von März bis August entsprechend der Wassertemperaturen mehrere Balz- und Nestbauzyklen.

### Salinität

Die Salinität des oberflächennahen Wassers im westlichen Mittelmeer wird durch den Einstrom salzarmen Atlantikwassers über die Straße von Gibraltar geprägt. Dieses MAW (Modified Atlantic Water) dringt mit einem Salzgehalt unter 36 ‰ in das Mittelmeer ein und unterliegt einer zunehmenden Durchmischung mit dem salzreichen Mittelmeerwasser. Die maximale Salinität des westlichen Mittelmeeres wird mit über 38 ‰ auf Höhe der Straße von Sizilien erreicht.

Der Salzgehalt im Untersuchungsgebiet des Tralicco III bewegte sich im Beobachtungszeitraum 2003 bis 2004 zwischen 36,6 ‰ und 37,6 ‰. Im Jahresgang war dabei ein stetiger Anstieg der Salinität zum Herbst zu verfolgen, was durch die in den

Sommermonaten ansteigende Nettoverdunstung begründet werden kann. Diese Entwicklung ist typisch für Mittel- oder Randmeere in ariden Klimazonen (KLEIN & ROETHER, 2001). MARULLO et al. (1994) gaben bei ihrer Analyse historischer Satellitendaten für das Seegebiet des Toskanischen Archipels Salinitäten von bis zu 37,9 ‰ für die Sommermonate an. Die Salzgehalte des Oberflächenwassers und des sublitoralen Wassers waren im Untersuchungszeitraum weitgehend identisch, was für einen homogenen, ungeschichteten Wasserkörper spricht.

Die Summe im Meerwasser gelöster Salze bestimmt den osmotischen Druck und die Dichte des Wassers und nimmt so direkten Einfluss auf das Leben der Fische. Daneben ist auch die Dynamik vieler Nahrungsnetze direkt durch gelöste Mineralien und Elemente beeinflusst (NIKOLSKY, 1963).

Meeresteleostei sind hyposmotisch und müssen den stetigen Wasserverlust durch Trinken ausgleichen. Chloridzellen ermöglichen ihnen den Salzüberschuss durch aktiven Transport auszuscheiden (FIEDLER, 1991). Euryhaline Arten vermögen starke Fluktuationen des Salzgehaltes im sie umgebenden Medium auszugleichen, stenohaline Arten sind dagegen an ein konstantes Außenmedium gebunden.

Die Salinität im Untersuchungsgebiet stellt, anders als die Wassertemperatur, keine entscheidende Verbreitungsgrenze für tropische Fischarten (Lesseps'sche Migranten) dar (SCHMIDT et al., 2001).

### Sauerstoff

Bezüglich der Sauerstoffverteilung erwies sich der Wasserkörper im Untersuchungsgebiet als homogen. Die gemessenen Werte für die Sauerstoffkonzentration und den Sauerstoffgehalt des Oberflächenwassers sowie des Wassers aus 10 Meter Tiefe bewegten sich im Jahresgang weitgehend parallel. Aufgrund des durch die niedrigeren Wassertemperaturen erhöhten Sättigungswertes des Meerwassers für Sauerstoff fanden sich die höchsten Sauerstoffgehalte in den Frühjahrsmonaten. Die maximalen Sauerstoffsättigungen fanden sich dagegen in den Sommermonaten, wo die Produktion chlorophyllhaltiger Pflanzen zu einer Sauerstoffübersättigung des Wassers führt. Im Untersuchungsgebiet sind neben dem Phytoplankton ausgedehnte Bestände von *Posidonia oceanica* an der Primärproduktion beteiligt.

Der oligotrophe Charakter des Mittelmeeres beweist sich durch besonders niedrige Nitratwerte. Nach KLEIN & ROETHER (2001) liegen die im westlichen Mittelmeer gemessenen Werte von durchschnittlichen 9 µmol/kg bei nur etwa einem Drittel der Werte

des nordatlantischen Wassers. Die Sauerstoffverteilung spiegelt die Nitratverteilung mit umgekehrten Vorzeichen wieder.

Um ihren oxidativen Stoffwechsel dauerhaft und optimal zu bestreiten, müssen aquatische Organismen in der Lage sein, auf unterschiedliche Sauerstoffsituationen ihrer Umwelt und auf metabolische Sauerstoffbedürfnisse zu reagieren. Die dafür verantwortlichen Chemo-rezeptoren steuern die Ventilation sowie das Kreislaufsystem und sind primär in den Kiemen lokalisiert (BURLESON, 1995). Der Anspruch an den Sauerstoffgehalt des Wassers kann zwischen verschiedenen Fischgruppen variieren. Nur wenige Arten vermögen es dauerhaft unterhalb eines Sauerstoffgehaltes von 4 mg/l zu überleben (NIKOLSKY, 1963). Der niedrigste am Tralicco III gemessene Sauerstoffgehalt fand sich im August 2003 mit 6,0 mg/l.

#### Kombination hydrographischer Faktoren

Der Wasserkörper im Untersuchungsgebiet Tralicco III ist homogen und hydrographisch ungeschichtet. Weder die Temperatur, noch die Salinität oder die Sauerstoffverteilung erfordern spezielle Anpassungserscheinungen der Fischgemeinschaft. Vielmehr schaffen die konstanten hydrographischen Bedingungen zusammen mit der Vielfalt benthischer Lebensräume optimale Lebensbedingungen für eine arten- und individuenreiche Fischzönose im Untersuchungsgebiet.

Die Wassertemperatur hat den größten Einfluss auf die Verbreitung mariner Organismen. Die Temperatur-Unterschiede von 12° C im Winter und 24 ° C in den Sommermonaten sind charakteristisch für das westliche Mittelmeer und stellen für viele tropische Arten den limitierenden Faktor für die Ausbreitung dar.

Die meisten heutigen Bewohner des Mittelmeeres haben ihren Ursprung im Atlantik. 66,9 % der Mittelmeerfauna sind beiderseits der Meerenge von Gibraltar anzutreffen. Neben wenigen kosmopolitischen Arten, indopazifisch-tropischen Elementen (Lesseps'sche Migranten) und Tethysrelikten ist ein bemerkenswert hoher Anteil der Mittelmeerfauna (28,6 %) endemisch (SCHMIDT et al., 2001).

Die Toskanische Küste stellt einen Grenzbereich zwischen der ligurisch-provenzalischen Region und dem nordtyrrhenischen Meer dar. So wird das nördliche Tyrrhenische Becken einerseits durch südöstliches, warmes und salzreiches Tiefenwasser geprägt, andererseits durch kaltes, salzarmes atlantisches Oberflächenwasser (ASTRALDI & GASPARINI, 1994; SCHMIDT et al., 2001). Damit ist das Untersuchungsgebiet eine biogeographische Übergangsregion für boreale atlantische Arten (*Sardina pilchardus*, *Ctenolabrus rupestris*) und thermophile Arten des südlichen und südöstlichen Mittelmeeres (*Sparisoma cretense*, *Sarpa salpa*, *Thalassoma pavo*). Diese Beobachtung gilt nicht nur für die Fischgemeinschaft,

---

sondern auch für zahlreiche benthische Wirbellose. So sind *Marthasterias glacialis* und *Cyprina islandica* typische boreale Faunenelemente im Untersuchungsgebiet und *Ophidiaster ophidianus* ein typisch tropisches Element (ZANDER, 2001).



## 6. 2. Bestandsaufnahme der Fischfauna

Während des Untersuchungszeitraumes konnten 65 Fischarten am Tralicco III identifiziert werden. Die Artenzahl in den verschiedenen Quartalen schwankte dabei zwischen 48 und 54 Spezies, mit Ausnahme des Winters 2002/03. Die Abundanz der Mehrzahl der Spezies variierte zwischen den einzelnen Quartalen nur gering. 34 Arten konnten in allen Quartalen beobachtet werden, 20 Arten waren seltene, aber zu verschiedenen Jahreszeiten anzutreffende Besucher und bei 11 Arten handelte es sich um Einzelbeobachtungen in maximal zwei Quartalen.

ZANDER & SÖTJE (2002) ermittelten während ihrer Feldarbeiten in der Bucht von Campese 38 Fischarten. Dabei entsprachen die beobachteten Abundanzen weitgehend denen der vorliegenden Arbeit. Die Zahl von 54 nachgewiesenen Arten für den Sommer 2002 in dieser Arbeit erklärt sich aus der längeren Wasserzeit und dem Tauchen zu unterschiedlichsten Tageszeiten, was das Beobachten seltener und dämmerungs- bzw. nachtaktiver Spezies ermöglichte. ABEL (1962) fand in einem von der Substratzusammensetzung ähnlichen, aber etwa 30 % größerem Untersuchungsgebiet im Golf von Neapel 52 Fischarten vor. Diese Untersuchungen wurden von 1951–1960 in den Monaten Juni bis September durchgeführt.

Der Tralicco III stellt ein sehr abwechslungsreiches Habitat für die Fischfauna dar, welches im Schnittpunkt dreier benthischer Lebensräume liegt, dem Hartboden, der Seegraswiese und dem Sandboden. So wird durch das Angebot zahlreicher Klein(st)habitate auf begrenztem Raum das Nebeneinander vieler Arten mit zum Teil hoher Abundanz ermöglicht. Die Fische können sich dadurch den spezifischen Umwelten entsprechend ihrer Ansprüche an das Substrat, das Licht oder die Wassertiefe zuordnen. Zudem fällt der Meeresboden in nordwestlicher Richtung stetig ab und schafft damit eine Verbindung zum Freiwasser. Die Geröll- und Felsaufschüttung am Fuße des Fundamentes sorgt für die Ausbildung zahlreicher kleiner Höhlen und Spalten, so dass auch schattenliebende Arten wie der Meerbarbenkönig (*Apogon imberbis*) oder der Braune Zackenbarsch (*Epinephelus guaza*) optimale Lebensbedingungen vorfinden. Die hohe Zahl von Arten und Individuen führt dann folgerichtig zum Vorkommen größerer Prädatoren wie den Barrukudas (*Sphyraena viridis*) oder den Bernsteinmakrelen (*Seriola dumerilii*).

Die Artenzusammensetzung sowie die Individuendichte einzelner Arten unterlagen zum Teil tages- und jahreszeitlichen Veränderungen. Einzelne Arten vollziehen einen Biotopwechsel im Tag- Nachtrhythmus, wie zum Beispiel *Conger conger* oder *Murena helena*. Andere suchen ein spezielles Biotop zum Nahrungserwerb oder während der Ruhephasen auf (*Sarpa salpa*, *Mullus surmuletus*).

Einer saisonalen Variabilität unterlag zum Beispiel das Auftreten von *Labrus bimaculatus* und *Thalassoma pavo*. Während der Kuckucks-Lippfisch lediglich in den Sommer- und Herbstmonaten im Untersuchungsgebiet anzutreffen war, stieg beim Meerpfau die Individuendichte im Jahresverlauf mit der zunehmenden Wassertemperatur an. Ähnliche Beobachtungen machte ABEL (1962) auch im Golf von Neapel. Weiterhin scheint es, dass einzelne, wärmeliebende Mittelmeerarten ihr Verbreitungsgebiet Richtung Norden bzw. Westen erweitern. Als Ursache dafür können neben den hydrographischen Besonderheiten des Tyrrhenischen Beckens (vgl. Kap. 6.1.) die globale Erwärmung der Meere durch natürliche und anthropogene Klimaveränderungen (HEGERL et al., 1998) oder physiologische Anpassungen der Arten genannt werden. So wurden im Herbst 2002 und Sommer 2003 mehrere weibliche Exemplare des Papageifisches *Sparisoma cretense* im Untersuchungsgebiet beobachtet, deren Hauptverbreitungsgebiet im südöstlichen Mittelmeer angesiedelt ist (MOOSLEITNER, im Druck). Die nördliche Verbreitungsgrenze des Hundszahn-Zackenbarsches (*Epinephelus caninus*) liegt nach LOUISY (2002) an der Südspitze Sardinien. Im Frühjahr 2004 konnte die Art erstmals in der Bucht von Campese identifiziert werden.

Anhand der Substratbeziehung lassen sich die Fische des Untersuchungsgebietes in ökologische Gruppen bzw. Lebensformtypen unterteilen (ABEL, 1962). Es lassen sich dabei pelagische Formen des Spindeltypus (*Sphyraena viridis*, *Spicara maena*), suprademerse Arten (*Chromis chromis*, *Diplodus* spp.) und demerse Arten (*Scorpaena* spp., *Murena helena*) unterscheiden.

Die mit Abstand größte Individuendichte im Untersuchungsgebiet erreichte der Pomacentride *Chromis chromis*. Mönchsfische gehören nach ABEL (1962) und ZANDER & NIEDER (1997) zu den individuenstärksten Schwarmfischen in weiten Teilen des Mittelmeeres. Tagsüber finden sie sich in größeren Gruppen über Felssubstrat oder Seegras zusammen. Nachts ziehen sie sich in kleine Spalten und zwischen die Seegrasrhizome zurück.

Unter den Labridae waren v. a. der Meerjunker (*Coris julis*), der Augenfleck-Lippfisch (*Symphodus ocellatus*) und der Pfauenlippfisch (*Symphodus tinca*) mit hohen Abundanzen vertreten. Während *C. julis* überwiegend als Begleiter der im Untersuchungsgebiet häufigen Fressgemeinschaften auf Hart- und Sandboden hervortrat, gehörten die juvenilen Vertreter von *S. ocellatus* und *S. tinca* der Gruppe der fakultativen Putzerfische an. Der Mittelmeerputzer *Symphodus melanocercus* war mit einer Population von 12 bis 16 Individuen unterschiedlichen Alters und Geschlechts am Tralicco III vertreten.

Aus der Familie der Serranidae fielen der Schriftbarsch (*Serranus scriba*) und der Sägebarsch (*S. cabrilla*) mit höheren Individuenzahlen im Untersuchungsgebiet auf. Während der Sägebarsch häufig einzeln vor Höhlen und an Überhängen anzutreffen war und dabei ein sehr territoriales Verhalten zeigte, bewegte sich der Schriftbarsch regelmäßig in kleineren Gruppen. Dabei wurde oft die Nähe von Steinen oder Seegras gesucht. ABEL (1962) beschrieb diese Form der Substratbeziehung als „Optotaxis“.

Weitere regelmäßige Besucher des Untersuchungsgebietes waren verschiedene Vertreter der Sparidae. Während die *Diplodus*-Arten im Allgemeinen vereinzelt oder in Gruppen von zwei bis fünf Individuen auf Nahrungssuche gingen, traten die Goldstriemen (*Sarpa salpa*) und die Brandbrassen (*Oblada melanura*) in kleinen Schwärmen auf.

Die Centracanthidae *Spicara maena* (Gefleckter Schnauzenbrassen) und *S. smaris* (Schnauzenbrassen) traten regelmäßig in großen Schwärmen in den Abendstunden in Erscheinung und ließen sich von *S. melanocercus* und juvenilen *S. ocellatus* putzen. Dieses legt die Vermutung nah, dass der Tralicco III von verschiedenen schwarmbildenden Arten als „Putzerstation“ erkannt und genutzt wird.

Die Vielfalt und Vernetzung der benthischen Lebensräume im Untersuchungsgebiet erschafft eine große Zahl von Klein(st)habitaten auf begrenztem Raum. Damit wird das Habitat Tralicco III den unterschiedlichsten Lebensansprüchen innerhalb der Fischgemeinschaft gerecht. Die hohe Diversität und Individuendichte sorgt für zahlreiche zu besetzende ökologische Nischen. Nach PIANKA (1988) bedeutet das die optimale Ausnutzung der Natur durch einen Organismus, d. h. eine Maximierung des Nahrungserwerbs bei gleichzeitiger Minimierung der dafür aufzuwendenden Energie.

Die Organismen einer Biozönose treten miteinander in Beziehung. Diese Beziehungen können zum Beispiel in Nahrungsnetzen bestehen, an deren Anfang die autotrophen Pflanzen stehen. Verschiedene, immer größer werdende heterotrophe Organismen (Konsumenten) setzen den trophischen Energiefluss fort (PETZ, 2001). Da bei dem Energietransfer zwischen den trophischen Stufen nur zwischen 10-20 % der aufgenommenen Biomasse zum Aufbau organischer Substanz genutzt werden, sind kurze Nahrungsketten (Phytoplankton – Zooplankton – Zooplanktonfresser) energetisch günstiger (ZANDER, 2001).

Im Untersuchungsgebiet sind neben dem Phytoplankton und Makroalgen ausgedehnte Seegraswiesen an der Primärproduktion beteiligt. Nur wenige Organismen sind in der Lage Seegras direkt als Nahrung zu verwerten (*Sarpa salpa*, *Paracentrotus lividus*, *Idothea hectica*). Zahlreiche vagile wie sessile Wirbellose nutzen jedoch die Seegraswiesen als

---

Lebensraum und stehen so der carnivoren Fischgemeinschaft als Nahrungsorganismen zur Verfügung (JACKSON et al., 2001). Die räumliche Nähe der Lebensräume (Seegraswiese, Hartboden, Sandboden, Pelagial) und damit der Produzenten und der Konsumenten garantiert der diversen Fischfauna eine ausreichende Nahrungsgrundlage.

Auch innerhalb der Fischgemeinschaft gibt es eine Vielzahl von Partnerschaften, die verschiedenen Arten zusätzliche Nahrungsquellen verschaffen (Putzersymbiose) oder den Energieaufwand bei der Nahrungssuche verringern (Fressgemeinschaften).

### 6. 3. Putzersymbiose von *Symphodus melanocercus*

#### Tages- und jahresperiodischer Nahrungserwerb

Der Nahrungserwerb des Schwarzschwanz-Lippfisches zeigte im Jahresverlauf signifikante Unterschiede. Während die Inspektionsraten im Untersuchungszeitraum konstant hoch waren, nahm der Putzerfolg vom Frühjahr (80 %) zum Herbst (55 %) ab. ZANDER & SÖTJE (2002) ermittelten im September 1999 einen Putzerfolg von etwa 60 %.

Im Frühjahr 2002 bestanden 38 % der Nahrungskomponenten von *Symphodus melanocercus* aus Ektoparasiten, Mukus und Fischschuppen, im Herbst 2002 dagegen nur noch 22 %. Neben der saisonalen Variabilität alternativer Nahrungsquellen kann auch die jahreszeitliche Dynamik der Parasitenzönose als Grund für diese Entwicklung genannt werden. SENN (1979) beschreibt eine verstärkte Aufnahme von Isopoden der Gattung *Gnathia* durch *S. melanocercus* in den frühen Sommermonaten. Daneben kann die herabgesetzte Aktivität verschiedener Wirtsfische in den Wintermonaten einen Befall durch Ektoparasiten begünstigen. Nach ZANDER (1997) werden benthische Fische höher befallen als pelagische Arten.

Allgemein scheint in den Frühjahrsmonaten ein erhöhter Nahrungsbedarf bei *S. melanocercus* vorzuliegen. Die Belastung der zeitlich ausgeprägten Fortpflanzungsperiode kann ein Grund dafür sein. ZANDER & SÖTJE (2002) beobachteten ebenfalls eine gegenüber dem Sommer erhöhte Fressaktivität im Frühjahr. Daneben scheint auch die individuelle Revierstruktur die anteiligen Nahrungskomponenten zu beeinflussen. Während der Fortpflanzungszeit agieren v. a. männliche Putzer territorial. Rangniedrigere Tiere werden in weniger attraktive Reviere des Untersuchungsgebietes verdrängt, wo die Fischdichte und die Artenvielfalt erheblich variieren können, und so alternative Nahrungskomponenten in den Vordergrund treten (vgl. Kap. 6. 4.).

Die Zahlen der durchschnittlich von *S. melanocercus* angeschwommenen Wirtsindividuen und Wirtsarten verhielten sich saisonal betrachtet homogen, mit erhöhten Werten in den Frühjahrsmonaten und die Inspektionsraten betreffend auch im Winter 2002/03. Maximal wurde dabei 2,3mal pro fünf Minuten erfolgreich geputzt (Frühjahr 2002). Die von ZANDER & SÖTJE (2002) ermittelten Inspektionsraten lagen dabei unter den Werten der vorliegenden Arbeit. Während die Zahl kontaktierter Wirtsarten in Banyuls-sur-Mer (Frankreich) niedriger ausfiel als auf Giglio, waren die Inspektions- und die Pickingraten von *S. melanocercus* höher. ZANDER & SÖTJE (2002) beobachteten durchschnittlich sieben bis zehn Wirtsfische pro fünf Minuten, ARNAL & MORAND (2001a) sogar über 12. Dabei lag die Pickingrate sechs bzw. bis zu zehnmal höher als auf Giglio. Unterschiedliche hydrographische Gegebenheiten können die Ursache dafür sein. Banyuls-sur-Mer liegt im Einzugsgebiet der

Rhône-Mündung im Golf von Lion. Der Eintrag von Sedimenten und Nährstoffen führt zu einer erhöhten Planktondichte. Die Folge ist eine im Vergleich zu Giglio höhere Fischdichte bei geringerer Artendiversität (ZANDER & SÖTJE, 2002). So lässt sich vermuten, dass auch das Parasitenspektrum und die Parasitendichte in Banyuls-sur-Mer größer sind als auf Giglio. Entsprechende Untersuchungen der Parasiten-Biozönose liegen für beide Meeresgebiete jedoch nicht vor. Unterstützung findet diese Vermutung darin, dass *S. melanocercus* auf Giglio regelmäßig alternative Nahrungskomponenten aufnimmt. In Banyuls-sur-Mer macht die Aufnahme benthischer Nahrungsorganismen nach ARNAL & MORAND (2001a) weniger als ein Prozent der aufgenommenen Nahrung aus.

Der tropische Putzerfisch *Labroides dimidiatus* inspiziert durchschnittlich 15 Wirtsfische pro fünf Minuten und erreicht dabei ebenfalls sechs bis sieben Mal höhere Pickingraten als *S. melanocercus* auf Giglio (GRUTTER, 1996). Diese Zahlen entsprechen weitgehend denen von *S. melanocercus* an der französischen Mittelmeerküste. Dabei investiert *L. dimidiatus* allerdings mehr als zweimal so viel Zeit für die Inspektion, was auf einen vergleichsweise geringeren Parasitenbefall der Wirte hinweist.

Entgegen der Beobachtungen von ARNAL & MORAND (2001a) und ZANDER & SÖTJE (2002) spielen auf Giglio alternative Nahrungsquellen im Nahrungserwerb von *S. melanocercus* eine entscheidende Rolle. MOOSLEITNER (1980) beobachtete in Griechenland, dass *S. melanocercus* seine putzerische Tätigkeit reduziert und seine Territorialität aufgibt, wenn regelmäßige Fütterungen durchgeführt werden. Ähnlich opportunistisch gestaltete sich die Nahrungsaufnahme am Tralicco III.

Unter den alternativen Nahrungsquellen variierte die Aufnahme epiphytischer Organismen besonders stark. Lediglich von Februar bis Mai / Juni konnte das Abweiden der Blattspreiten von *Posidonia oceanica* beobachtet werden, wobei bis zu 59 % der aufgenommenen Nahrungskomponenten aus Epibionten bestehen konnten. Auch ZANDER & SÖTJE (2002) stellten im September 1999 kein Fressen von Seegrasaufwuchs fest. Das Epiphytenwachstum erreicht im Sommer seinen Höhepunkt, das Seegras bildet dann kaum noch neue Blattflächen (PFANNSCHMIDT et al., 2001). Da *S. melanocercus* diese Ressource jedoch nur im Frühjahr nutzt, scheinen lediglich larvale bzw. juvenile Stadien verschiedener Tiergruppen (Bryozoa, Hydrozoa, Polychaeta) als Nahrungsorganismen eine Rolle zu spielen. Die Seegraswiesen sind von großer Bedeutung als Biomasseproduzenten sowie als Laich-, Aufwuchs- und Rückzugsrefugium vieler Fischarten. Auch die Dichte zahlreicher Nahrungsorganismen ist signifikant höher als in anderen Lebensräumen, unterliegt dabei jedoch saisonalen Veränderungen (VALENTIN, 1986; JACKSON et al., 2001).

---

Hydrographische Ereignisse wie Stürme und durch Niederschläge und Flüsse eingebrachte Sedimenteinträge können die Zusammensetzung der Seegraszönose stark beeinflussen.

Planktische Organismen gehörten in allen Jahreszeiten zum Nahrungsspektrum von *S. melanocercus*. Dabei variierten der Anteil planktonfressender Putzerfische sowie der anteilige Nahrungserwerb erheblich. Das Angebot planktischer Nahrung ist abhängig von der Jahreszeit, aber auch von den Strömungs- und Windverhältnissen im Untersuchungsgebiet. Im Herbst 2002 waren über 70 % der aufgenommenen Nahrungskomponenten planktische Organismen. Unklar blieb dabei jedoch welche Planktonorganismen aufgenommen wurden. Die zum Teil hohe beobachtete Frequenz der planktischen Nahrungsaufnahme lässt eine geringe Größe der Nahrungsorganismen vermuten. Magenanalysen wie sie in Banyuls-sur-Mer durchgeführt wurden, könnten Aufschluss über die artliche Zusammensetzung der aufgenommenen Planktonorganismen bringen. Im Golf von Lion bestanden weniger als ein Prozent der Nahrungskomponenten aus frei lebenden Copepoden (ARNAL & MORAND, 2001a). Auffällig war, dass Plankton in einzelnen Quartalen nur zeitlich punktuell eine Rolle im Nahrungserwerb spielte. Wurden planktische Organismen in großer Zahl und Dichte durch meteorologische oder hydrographische Ereignisse in das Untersuchungsgebiet verfrachtet, schnellte deren Anteil am Nahrungserwerb zeitweilig in die Höhe. *S. melanocercus* stand dann mit zahlreichen anderen Fischarten im Freiwasser und fraß Plankton. Nahm die Dichte wieder ab, so traten andere Nahrungskomponenten in den Vordergrund.

Die Teilnahme der Putzerfische an Fressgemeinschaften von *Symphodus tinca* konnte in allen Quartalen mit Ausnahme des Winters 2002/03 regelmäßig beobachtet werden. Besonders ausgeprägt war dieses kommensalische Verhalten in den Sommermonaten. Auch ZANDER & SÖTJE (2002) stellten das regelmäßige Aufsuchen der Fressgemeinschaften durch den Putzer während ihrer Arbeiten auf Giglio und in Banyuls-sur-Mer fest. Dabei partizipiert *S. melanocercus* nicht allein am Auswurf, sondern inspiziert und putzt immer wieder die dem Pfauenlippfisch folgenden Arten. Und auch *S. tinca* selbst verfällt während der Nahrungssuche immer wieder in Aufforderungsstellungen und Interaktionen mit dem Putzer. Vor diesem Hintergrund darf gefragt werden, ob es sich bei dieser Fressgemeinschaft noch um einen reinen Kommensalismus handelt, oder ob die Partnerschaft bereits dem Mutualismus zugeordnet werden kann.

Für die saisonalen und geographischen Unterschiede im Nahrungserwerb des Mittelmeerputzers (ZANDER & SÖTJE, 2002) stellen die Hydrographie, die Biotopstruktur und die Zusammensetzung der Parasitenzönose die entscheidenden Faktoren dar.

Einen dem Mittelmeerputzer ganz ähnlichen Nahrungserwerb zeigt auch *Centrolabrus exoletus* im angrenzenden atlantischen Ozean. HENRIQUES & ALMADA (1997) beobachteten vor der portugiesischen Küste, wie auch GALEOTE & OTERO (1998) vor Teneriffa, einen äußerst opportunistischen Nahrungserwerb bei hoher saisonaler wie auch individueller Variabilität der Nahrungskomponenten bei *C. exoletus*. Daher charakterisieren die Autoren den Kleinmäuligen Lippfisch als einen fakultativen Putzer.

HOBSON (1971) untersuchte den Nahrungserwerb fakultativer Putzerfische an den Pazifikküsten Kaliforniens. Er identifizierte dabei *Oxyjulis californica* als Hauptputzer, bei einer ebenfalls hohen Variabilität der Nahrungsauswahl und der Putztätigkeit.

Geographische sowie saisonale Variabilität im Nahrungserwerb zeigen auch tropische Putzerfische. GRUTTER (1997b, 1998) sowie BANSEMER et al. (2002) beobachteten bei *Labroides dimidiatus* eine hohe Flexibilität in der Zusammensetzung der Nahrungskomponenten unterschiedlicher Lebensräume am Great Barrier Reef (Australien). Dabei variieren bei *L. dimidiatus* jedoch nicht die alternativen Nahrungsquellen, sondern vielmehr die Zusammensetzung der abgesammelten Parasitenspezies und der Anteil von Mukus und Fischschuppen. Demnach kann sich die Wechselbeziehung je nach Nahrungsangebot zum Parasitismus oder zum Mutualismus verschieben. Jahreszeitliche Unterschiede im Nahrungserwerb scheinen eng an die Populationsdynamik der Beuteorganismen und an die Parasitierung verschiedener Fischwirte gebunden zu sein. *L. dimidiatus* frisst dabei selektiv und besitzt eine Präferenz für große gnathiide Isopoden (GRUTTER, 1996). Folglich variiert auch die ökologische Bedeutung der Putzersymbiose mit dem unterschiedlichen Parasitenbefall der Wirtsspezies. Diese Schlussfolgerung lässt sich auch auf mediterrane Putzersymbiosen übertragen. Auffällig kooperative Wirte (*Symphodus tinca*, *Coris julis*, *Serranus scriba*) können dabei stärker auf die Tätigkeit der putzenden Arten angewiesen sein als unkooperative Wirte.

Der tagesperiodische Nahrungserwerb von *S. melanocercus* zeigte eine verstärkte Fressaktivität in den Morgen- und den Abendstunden. So wurden mit Ausnahme des Winters 2002/03 morgens und abends mehr Wirtsindividuen inspiziert als mittags. Ganz ähnliche Beobachtungen machte MOOSLEITNER (1980). Die Nahrungsrhythmik geht einher mit der allgemeinen Aktivität der Wirtsfische im Untersuchungsgebiet. Das aktive Aufsuchen einer Putzerstation bzw. eines Putzreviers seitens der Wirtsfische kann das Verhalten der Putzer



entscheidend beeinflussen (LOSEY, 1971). GRUTTER (1996) fand bei *L. dimidiatus* eine ganz ähnliche Tagesperiodik wie die von *S. melanocercus*, die sie u. a. durch ein auftretendes Sättigungsgefühl und einer daraus resultierenden sinkenden Fressaktivität im Tagesverlauf erklärt. Ein weiterer einflussnehmender Faktor ist die Nachtaktivität vieler Ektoparasiten, die in einer erhöhten Infektion der Wirtsfische in den Nachtstunden resultiert, so dass morgens ein erhöhter Putzreiz vorliegt (POTTS, 1973; ARNAL & CÔTÉ, 2000).

Verschiedene Fischarten vollziehen Biotopwechsel im Tag- Nachtrhythmus oder zur Nahrungsaufnahme (ABEL, 1963; FIEDLER, 1991). Regelmäßig nahm die Fischdichte am Tralicco III in den Abendstunden zu. Verschiedene Schwarmfischarten (*Oblada melanura*, *Spicara maena*) stellten sich ein bis zwei Stunden vor Sonnenuntergang am Tralicco III ein und wurden dann gezielt von *S. melanocercus* inspiziert und geputzt. Mehrfach konnte während des Untersuchungszeitraumes beobachtet werden, dass einzelne, zumeist adulte Exemplare des Putzerlippfisches in der Dämmerung den Tralicco III Richtung Westen verließen, um gezielt die von den Seegraswiesen in den Schutz der Geröllaufschüttung zurückkehrenden Mönchsfische zu erwarten und zu inspizieren. So beeinflusst die Migration der Wirtsfische das tagesperiodische Putzverhalten von *S. melanocercus*.

Auch die Aufnahme alternativer Nahrungskomponenten wurde tagesperiodisch betrachtet. Seegrasaufwuchs spielte zwar nur von Februar bis Juni eine Rolle im Nahrungserwerb, wurde dann aber verstärkt zur Mittagszeit aufgenommen, wenn die Wirtssuche aufgrund der allgemeinen verringerten Aktivität der Fischgemeinschaft erschwert war. Die Aufnahme planktischer Nahrungsorganismen und die Teilnahme an Fressgemeinschaften des Pfauenlippfisches unterlagen keiner strengen Tagesperiodik. Lediglich im Winter 2002/03 wurde in den Morgenstunden signifikant mehr Plankton aufgenommen als zu anderen Tageszeiten. Allgemein lässt sich feststellen, dass die alternative Nahrungsaufnahme deutlich stärker saisonal als tagesperiodisch beeinflusst wird.

Niemals konnte während des Untersuchungszeitraumes beobachtet werden, dass *S. melanocercus* seinen Nahrungserwerb ausschließlich über das Putzen bestreitet, wie es zum Beispiel *Labroides dimidiatus* im Indopazifik versteht (GRUTTER, 1996). Gegensätzlich der Aussage von CASIMIR (1968) und ARNAL & MORAND (2001a), *S. melanocercus* sei ein spezialisierter Putzerfisch, veranlassen die Untersuchungen auf Giglio dazu, den Mittelmeerputzer als einen fakultativen Putzer zu beschreiben. Zwar ermittelten ARNAL & MORAND (2001a) für den Mittelmeerputzer zum Teil ganz ähnliche Inspektions- und Pickingraten wie sie *L. dimidiatus* im Indopazifik und *Elacatinus* spp. in der Karibik erreichen, jedoch scheint sein Nahrungserwerb im Mittelmeer geographisch und saisonal so variabel zu

sein, dass vor einer Pauschalisierung seiner Nahrungsstrategien abgeraten werden muss. Mit der vorliegenden Arbeit ist es gelungen den Nahrungserwerb des Mittelmeerputzers für das Untersuchungsgebiet saisonal vollständig zu dokumentieren. Ähnlich umfangreiche Untersuchungen müssten aus anderen Teilbereichen des Mittelmeeres folgen, um die Putzersymbiose von *S. melanocercus* abschließend beurteilen zu können.

#### Wirtsspektrum, Wirtspräferenzen und Putzerfolg

Auch das Wirtsspektrum von *Symphodus melanocercus* unterliegt saisonalen sowie geographischen Schwankungen. Insgesamt konnten dem Mittelmeerputzer 39 Arten aus 13 verschiedenen Familien als potentielle Wirte zugeordnet werden. Damit wurde das von ZANDER & SÖTJE (2002) ermittelte Wirtsspektrum um 22 Arten erweitert. So stellen 60 % aller im Untersuchungsgebiet identifizierten Fischarten potentielle Wirte des Putzers dar. ARNAL & MORAND (2001a) konnten während ihrer Untersuchungen in Banyuls-sur-Mer 18 Wirtsspezies beobachten. Die Fischgemeinschaft eines Lebensraumes scheint so einen unmittelbaren Einfluss auf das Wirtsspektrum von *S. melanocercus* zu haben. Je strukturierter ein Lebensraum und je größer die Artendiversität, umso breiter das Wirtsspektrum des Putzers. Dass dem Wirtsspektrum auch große Räuber wie *Epinephelus guaza* oder *Sphyrna viridis* zugeordnet werden können, unterstreicht den Fraßschutz, dem Putzerfische unterliegen (LIMBAUGH, 1961; FEDER, 1966). Die Möglichkeit regelmäßig von Ektoparasiten befreit zu werden, wird der Prädation vorgezogen.

Lediglich 10 Wirtsarten wurden in allen Quartalen des Untersuchungszeitraumes von *S. melanocercus* inspiziert. Dabei stellten sich *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Symphodus tinca* und *Serranus scriba* als die wichtigsten Kunden heraus. Dieses entspricht den Beobachtungen von ZANDER & SÖTJE (2002) und PRÖTSCH & PATZNER (2003). ZANDER et al. (1999) definieren die Hauptkunden von *S. melanocercus* durch ihre Abundanz, den jeweiligen Putzerfolg und die Kooperationsbereitschaft des Kunden beim Putzvorgang. Die Kooperation eines Kunden beweist sich durch spezielle Putzaufforderungsstellungen, die dem Putzer den optimalen Zugang zu den befallenen Körperregionen ermöglichen sollen sowie dem dauerhaften Verweilen bei wiederholtem Picken. Während die Inspektionsrate über den gesamten Untersuchungszeitraum positiv mit der Abundanz der Wirtsarten korreliert war, war es die Pickingrate nicht. Diese Beobachtung indiziert, dass die Kooperationsbereitschaft den größten Einfluss auf den Putzerfolg hat. Kooperative Kunden scheinen einen größeren Vorteil aus der Putzersymbiose zu ziehen als unkooperative.

Neben den genannten Hauptkunden erzielte *S. melanocercus* noch bei verschiedenen anderen Arten beachtenswerte Putzerfolge (z. B. *Serranus cabrilla*, *Diplodus sargus*, *Labrus merula*, *Labrus viridis* und *Symphodus roissali*). Dabei scheint der Putzer einer ausgeprägten Größenpräferenz zu folgen, wie sie zum Beispiel auch von dem tropischen Putzerfisch *L. dimidiatus* bekannt ist (GRUTTER, 1995). Große Wirtsfische werden mit einer hohen Infestation durch Ektoparasiten assoziiert. SASAL et al. (1997) bestätigen eine positive Korrelation der Körpergröße mediterraner Fische mit der Diversität der Parasiten. Zudem kann der Parasitenbefall der Wirte je nach Lebensraum und Substratbeziehung variieren. Beim Fünffleckigen Lippfisch (*Symphodus roissali*) konnte die höchste Kooperationsbereitschaft des Untersuchungszeitraumes beobachtet werden. Im den Frühjahrsmonaten wurde bis zu sechzehnmal an einem Einzelindividuum gepickt. *S. roissali* zeichnet sich durch eine bodenorientierte Lebensweise zwischen Algen und in Felsspalten aus (MOOSLEITNER, im Druck).

ZANDER & NIEDER (1997) stellten für ausgewählte Wirtsarten einen höheren Putzerfolg von juvenilen Gelegenheitsputzern (*Coris julis*, *Symphodus ocellatus*, *Symphodus tinca*) gegenüber *S. melanocercus* fest. So akzeptiert *Apogon imberbis* nahezu ausschließlich juvenile *C. julis* als Putzer. Den Grund dafür vermuten ZANDER & NIEDER (1997) in der räumlichen Nähe der bevorzugten Lebensräume der zwei Arten, beschattete Überhänge und Höhleneingänge. Entgegen der Angewohnheit von *S. melanocercus*, den Meerbarbenkönig von hinten anzuschwimmen, hat *C. julis* gelernt die Inspektion von vorn zu beginnen. Verschiedene Sparidae und Centracanthidae bevorzugen dagegen juvenile Augenfleck-Lippfische als Putzer. Während gegenüber *S. ocellatus* mittels einer kopfabwärtigen Aufforderungsstellung und einem zittrigen Aufstellen der Dorsalflosse eine Putzwilligkeit signalisiert wird, verhalten sich zum Beispiel die *Diplodus*-Arten oder *Oblada melanura* gegenüber *S. melanocercus* äußerst zögerlich und reagieren bei Annäherung nicht selten mit Flucht. Häufig nimmt der Putzer dann die Verfolgung des Wirtes auf und pickt während des Verfolgungsvorganges an der Körperoberfläche.

Dass verschiedene Arten mit *S. melanocercus* nicht kooperieren, bestätigt die Beobachtung, dass der Putzvorgang schmerzhaft ist und bisweilen auch Mukus, Schuppen und Flossen- oder Hautteile aufgenommen werden. Der tropische Putzer *Labroides phthiophagus* hat eine Präferenz für spezielle Wirtsarten nach deren Mukus-Beschaffenheit entwickelt (GORLICK, 1980). ARNAL & MORAND (2001a) bewerteten die Mukus-Qualität verschiedener mediterraner Wirtsfische, indem sie den Proteingehalt und Nährwert des epidermalen Schleims bestimmten. Unkooperative Wirte wie *Oblada melanura* oder *Diplodus* spp. wiesen dabei eine niedrigere Qualität auf als kooperative Wirte wie *Coris julis* oder *Symphodus tinca*. Dieses lässt vermuten, dass hochqualitativer Mukus dazu führt, dass der Putzvorgang

weniger schmerzhaft ist. ARNAL & MORAND (2001a) fanden einen Zusammenhang zwischen dem Fluchtverhalten der Wirte und einem niedrigen Parasitenbefall sowie einer geringen Mukus-Qualität. Findet *S. melanocercus* keine oder nur wenig Ektoparasiten, weicht er auf Mukus, Schuppen oder Hautteile aus. Eine andere Erklärung ist, dass der Putzer posierende, nicht parasitierte Kunden mit geringer Mukus-Qualität durch Beißattacken bestraft, da sie nicht ausreichend Nahrung bieten, er aber Energie für die Inspektion aufwendet. In Banyuls-sur-Mer bestand bis zu 30 % des Mageninhaltes adulter Putzerlippfische aus Mukus und Schuppen (ARNAL & MORAND, 2001a).

Dass *S. melanocercus* sich nicht ausschließlich auf das Absammeln von Ektoparasiten beschränkt, erschwert die Charakterisierung der Putzersymbiose des Mittelmeerputzers als einen reinen Mutualismus. Vielmehr verlagert sich, angelehnt an LOSEY (1979), die Wechselbeziehung unter saisonalen oder geographisch biozönotischen Einflüssen zum Mutualismus oder zum Parasitismus. CHENG (1967) unterscheidet bei schuppen- und hautfressenden Fischen dagegen zwischen parasitischen und räuberischen Wechselbeziehungen. Ist der schuppen- und hautfressende Partner metabolisch abhängig von dieser Form der Nahrungsaufnahme, zählt er ihn zu den Parasiten, ist er es nicht, zu den Prädatoren. Mutualismus definiert CHENG (1967) mit einer beiderseitigen stoffwechselphysiologischen Abhängigkeit der Partner einer Interaktion, wie sie zum Beispiel zwischen Weichkorallen und Zooxanthellen zu beobachten ist.

Die Datenaufnahme während der Feldarbeiten auf Giglio ermöglicht einen weiterführenden Interpretationsansatz. 70 % der Beobachtungsintervalle des Jahres 2003 entstammen den markierten Individuen. D. h. es ging nur eine begrenzte Anzahl an Individuen in die Auswertungen ein, deren Nahrungserwerb stark mit der Struktur des Reviers variieren konnte. „Revierlose“ und juvenile Exemplare blieben so unberücksichtigt. Auf diese Weise lassen sich zum Beispiel auch Schwankungen des anteiligen Wirtsspektrums zwischen den Untersuchungsjahren 2002 und 2003 erklären. Die Inspektionsraten gingen bei *Chromis chromis* 2003 deutlich zurück, da gerade juvenile Putzer besonders opportunistisch putzen und die mit hoher Abundanz vertretenen Schwarmfische kontaktieren. Adulte *S. melanocercus* scheinen dagegen Präferenzen für die Körpergröße und bestimmte Wirtsarten entwickelt zu haben.

### Putzaufforderung

Tropische Fische haben keine besonderen Aufforderungsstellungen beim Aufsuchen der Putzerstationen entwickelt (HEYMER, 1972). Zu Beobachten ist lediglich eine Form der Putzstarre, ein Verweilen in Schwimmlage bei gleichzeitigem Öffnen des Mauls und der

Kiemendeckel. Vergleichbar verhalten sich im Mittelmeer nur die großen *Labrus*-Arten und einzelne Sparidae. Die Mehrheit der Wirte nimmt während des Putzvorgangs auffällige Aufforderungsstellungen ein.

Die Putzaufforderungsstellungen der meisten Wirtsarten erwiesen sich als äußerst variabel (vgl. ZANDER & SÖTJE, 2002). CASIMIR (1969) verbindet die Steilheit der Putzaufforderungsstellung mit der Stärke des Putzreizes durch einen hohen Parasitenbefall. *Symphodus melanocercus* assoziiert so anhand des Posierens die zu erwartende Futtermenge. CÔTÉ et al. (1998) stellten in der Karibik einen Zusammenhang zwischen dem Posieren und der Wahrscheinlichkeit durch *Elacatinus* spp. (Gobiidae) geputzt zu werden fest. Keine Beziehung konnte zwischen der Körpergröße oder der Substratbeziehung der Wirte und der Häufigkeit und Position ihrer Aufforderungsstellung gefunden werden. Vielmehr bestätigen ihre Beobachtungen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, dass große und attraktive Kunden auch ohne Aufforderungsstellung kleineren posierenden Wirten vorgezogen werden. *Coris julis* posiert zu fast 60 % in einem Winkel von 90 ° mit dem Kopf nach oben, wird jedoch bei der Anwesenheit großer Labridae oder Sparidae vom Putzerfisch ignoriert. Große Serranidae nehmen in der Regel keine ausgesprochene Aufforderungsstellung ein, sondern verweilen lediglich in einer Putzstarre, gehören aber zu den bevorzugten Kunden von *S. melanocercus*.

Es lässt sich zudem vermuten, dass die Position einzelner Wirtsarten nicht aktiv hervorgerufen wird, sondern auch der Körperschwerpunkt bei Bewegungslosigkeit die Stellung beeinflusst. Beobachtet man Mönchsfische nach Sonnenuntergang, so ist die gleiche aufrechte Körperhaltung in einem Winkel zwischen 45° und 90° zu erkennen, die auch häufig während des Inspektionsvorganges durch *S. melanocercus* oder andere Gelegenheitsputzer eingenommen wird.

Für eine aktive Kommunikation über die Aufforderungsstellungen seitens der Wirte spricht die hohe Variabilität des Posierens einzelner Arten. *Symphodus tinca* ist in der Lage verschiedenste Stellungen während des Inspektionsvorganges einzunehmen. Die jeweilige Position, verbunden mit dem Aufstellen der Flossen und der Kiemendeckel, scheint dem Putzerfisch zumindest die potentiell parasitierten Körperregionen anzuzeigen und den Zugang zu ermöglichen. So verstehen auch CÔTÉ et al. (1998) in der interspezifischen Variabilität der Putzaufforderung eher eine gegenseitige Anpassung zu einer optimierten Inspektion als eine alleinige Information seitens der Wirte. BANSEMER et al. (2002) zeigten einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Inspektionszeit und der Wirtsfischgröße bei *Labroides dimidiatus*. Dabei war jedoch weder die Wirtsgröße noch der Parasitenbefall, mit der Tendenz der Wirte zu posieren, korreliert. YOUNGBLUTH (1968) und LOSEY (1971)

stellten einen positiven Zusammenhang der Inspektionszeit mit dem Putzerfolg fest. Unklar blieb jedoch, ob während der verlängerten Inspektionszeit ausschließlich Ektoparasiten abgesammelt werden oder auch verstärkt Mukus aufgenommen wird.

Nach MOOSLEITNER (1980) gibt es für einen Wirtsfisch drei Strategien, eine Inspektion durch einen putzenden Organismus zu initiieren. Zum einen besteht die Möglichkeit der Einnahme einer Putzaufforderungsstellung, um die Aufmerksamkeit eines Putzers zu erreichen und Kooperation zu signalisieren. Zum anderen kann bei einer gerade laufenden Putzaktion Halt gemacht und eine Warteposition eingenommen werden. Drittens kann gezielt eine bekannte Putzerstation bzw. ein Putzerrevier aufgesucht werden.

*Symphodus melanocercus* kommuniziert mit den potentiellen Wirtsfischen über einen engen körperlichen Kontakt, vorzugsweise über die Kopfgregion. Obwohl *S. melanocercus* nicht die für viele tropischen Putzer typische „Internationale Putzertracht“ trägt (EIBL-EIBESFELDT, 1955), einen dunklen Streifen auf heller, bläulicher Körpergrundfarbe, wird er von seinen Kunden erkannt. Ausschlaggebend kann dafür seine auffällige, namensgebende Schwanzflosse sein, die bei der Kontaktaufnahme präsentiert wird. POTTS (1973) erkannte darin, angelehnt an EIBL-EIBESFELDT (1955), einen eigenen Typ der „Putzergilde“. Danach entwickelten sich unter physiographisch gleichen Bedingungen ähnliche Lebensformtypen. *Symphodus melanocercus* im Mittelmeer, *Oxyjulis californica* im Pazifik sowie *Ctenolabrus rupestris* und *Centrolabrus exoletus* im Atlantik weisen einen ähnlichen Körperbau und eine ähnliche Färbung auf. Alle fungieren als fakultative Putzerfische und werden anhand ihrer Morphologie und ihres Verhaltens von potentiellen Wirtsfischen erkannt.

*S. melanocercus* zeigt bei der Wirtssuche in seinem Revier häufig eine spezielle Form des Schwimmens. HEYMER (1972) prägte den Begriff „Putz-Appetenzschwimmen“. Dabei dreht sich der Putzer mehrfach um seine Längsachse, wechselt zum Teil die Schwimmrichtung und sucht dann die Inspektion des Wirtes. In Einzelfällen kann auch ein Appetenzschwimmen ohne direkte Anwesenheit eines potentiellen Kunden beobachtet werden. Die Kundenwerbung über Appetenz kostet Energie und Zeit. Neue potentielle Wirtsindividuen sollen so angesprochen werden. Nach dem „handicap-principle“ von ZAHAVI & ZAHAVI (1997) werten Kunden kostenintensive Signale als Zeichen für die Zuverlässigkeit eines Partners.

Während des Untersuchungszeitraumes war ein verstärktes Appetenzverhalten in den Winter- und Frühjahrsmonaten zu verzeichnen. Da im Frühjahr eine verstärkte Fressaktivität zu beobachten war, liegt es nah, einen Zusammenhang zwischen der Wirtssuche und dem Appetenzschwimmen zu vermuten. Der Putzerfisch versucht so potentielle Kunden zur Inter-

aktion zu bewegen. ZANDER & SÖTJE (2002) unterscheiden zudem eine horizontale und eine vertikale Form der Appetenz. Während im Rahmen ihrer Feldarbeiten bei der Wirtssuche eine horizontale Bewegung zu erkennen war, beobachteten sie ein vertikales Appetenzschwimmen männlicher Putzerfische bei der Werbung um die Weibchen in der Fortpflanzungsperiode.

Nach MOOSLEITNER (1980) reagiert *S. melanocercus* bei der Wirtssuche in erster Linie nach seinem Seitenliniensystem und weniger nach dem Gesichtssinn. Während der Feldarbeiten am Tralicco III entstand jedoch ein entgegengesetzter Eindruck. Häufig erkannte der beobachtende Taucher einen attraktiven Wirtsfisch bereits vor dem Putzerfisch, wenn dieser durch das vorherrschende Substrat verdeckt war. Erst beim Eintritt in das Gesichtsfeld des Putzers wurde der Wirt aktiv angeschwommen. So scheint der optische Sinn, wenn auch nicht ausschließlich, doch an der Wirtsfindung beteiligt zu sein.

#### Nahrungserwerb der Geschlechter im Vergleich

Der Nahrungserwerb von *Symphodus melanocercus* wies während des Untersuchungszeitraumes keine geschlechtsspezifischen Unterschiede auf. Die Inspektions- und die Pickingraten entsprachen einander weitgehend. Zwar war das Wirtsspektrum der Weibchen (32 Arten) höher als das der Männchen (25 Arten), aber hinsichtlich der auffälligsten Wirtsarten konnten keine Unterschiede im anteiligen Wirtsspektrum und im Putzerfolg beobachtet werden. Auch bezüglich der alternativen Nahrungsquellen ergaben sich keine Differenzen. Die Weibchen nahmen verstärkt Seegrasaufwuchs auf, aber die Unterschiede waren nicht signifikant. ARNAL & MORAND (2001b) fanden dagegen im Rahmen ihre Untersuchungen in Banyuls-sur-Mer auffällige Unterschiede in der Nahrungswahl der Geschlechter des Mittelmeerputzers. Weibchen wiesen gegenüber Männchen signifikant höhere Inspektions- und Pickingraten auf. Die Ergebnisse veranlassen die Autoren zu der Vermutung, dass sich geschlechtsspezifische Nahrungsstrategien entwickelt haben. Die Weibchen verhalten sich gegenüber ihren Kunden „ehrlicher“, d. h. sie sammeln signifikant mehr Ektoparasiten ab, während die Männchen mehr benthische Organismen, aber auch mehr Mukus aufnehmen. Dadurch entsteht eine Präferenz seitens der Wirte für die weiblichen Reviere. Einen Grund für diese gegensätzliche Entwicklung finden ARNAL & MORAND (2001b) im Fortpflanzungsverhalten des Mittelmeerputzers und der verstärkten Territorialität der Männchen. Beides kostet Zeit und Energie, welches die Männchen durch eine unspezifische Nahrungswahl und eine vermehrte Aufnahme von proteinreichem Mukus auszugleichen versuchen. WARNER & LEJEUNE (1985) ermittelten bei *S. melanocercus* die höchsten Fortpflanzungsraten innerhalb ihrer Gattung.

Die männlichen Putzerlippfische zeigten auf Giglio im Frühjahr ein verstärktes territoriales Verhalten. Sie reagierten dann häufig sehr aggressiv, wenn Artgenossen die Reviergrenzen verletzen und beim Inspizieren attraktiver Kunden Konkurrenzsituationen entstanden. Vor allem juvenile und männliche Individuen wurden energisch vertrieben, ehe der Putzvorgang fortgesetzt wurde. LEJEUNE & VOSS (1980) stellten während ihrer Arbeiten auf Korsika (Frankreich) ebenfalls ein verstärktes männliches Territorialverhalten während der Fortpflanzungsperiode fest. Dagegen war wie auch auf Giglio bei einem Überangebot putzwilliger Wirte außerhalb der Laichperiode häufig ein gleichzeitiges Inspizieren mehrerer Putzer zu beobachten.

Während ARNAL & MORAND (2001b) keine Unterschiede im Appetenzschwimmen der Geschlechter von *S. melanocercus* feststellen konnten, war das Appetenzverhalten der Männchen auf Giglio v. a. im Winter und Frühjahr deutlich höher als das der Weibchen. Die Gründe dafür lassen sich im erhöhten Nahrungsbedarf und im Fortpflanzungsverhalten vermuten.

Bezüglich des geschlechtsspezifischen Nahrungserwerbs scheinen bei *S. melanocercus* ausgesprochene regionale Unterschiede vorzuliegen. Vor allem während der kostenintensiven Fortpflanzungsperiode scheinen sich die Weibchen in Meeresregionen mit erhöhter Parasitierung der Wirtsfische spezialisiert zu verhalten als die Männchen.

Über den geschlechtsspezifischen Nahrungserwerb tropischer Putzer sind aufgrund einer zumeist erschwerten optischen Differenzierung der Geschlechter noch keine Untersuchungen durchgeführt worden.

#### Nahrungserwerb juveniler und adulter *Symphodus melanocercus* im Vergleich

Es gibt nur wenige Angaben zum unterschiedlichen Putzverhalten juveniler und adulter Putzerfische im Mittelmeer. ZANDER & NIEDER (1997) beobachteten, dass verschiedene juvenile fakultative Putzer bezüglich einzelner Wirtsarten erfolgreicher sind als *Symphodus melanocercus*.

Der Vergleich des Nahrungserwerbs juveniler und adulter *S. melanocercus* auf Giglio offenbarte signifikante Unterschiede zwischen den Inspektionsraten. Juvenile inspizieren pro Beobachtungsintervall fast doppelt so viele Wirtsindividuen wie Adulte. Dabei war der Putzerfolg im Verhältnis zur Inspektionsrate nahezu identisch. PRÖTSCH & PATZNER (2003) ermittelten ganz ähnliche Werte. Adulte Putzer putzen demnach mit einer deutlich höheren Effizienz als juvenile. Diese Tatsache unterstützt die Überlegung, dass Putzverhalten auch im Mittelmeer erlernt wird. Durch Erfahrung lernt *S. melanocercus*



kooperative Kunden zu erkennen und Präferenzen auszubilden. Juvenile Putzerfische agieren dagegen opportunistisch und orientieren sich an der Abundanz einzelner Arten. Das Wirtsspektrum der Juvenilen umfasste nur knapp 60 % der Arten der Adulten. Besonders auffällig war der stark erhöhte Anteil von *Chromis chromis* bei den Juvenilen sowie der niedrige Anteil der Serranidae.

Adulte Putzer fressen mehr Seegrasaufwuchs als juvenile. Obwohl erwachsene Individuen ebenfalls mehr planktische Nahrung aufnehmen und häufiger die Fressgemeinschaften des Pfauenlippfisches begleiten, waren die beobachteten Unterschiede nicht signifikant. Die Jungtiere sind demnach in der Lage einen Großteil ihres Nahrungsbedarfs über ihre Putzertätigkeit zu decken, während ausgewachsene Exemplare aufgrund der energieaufwändigen Fortpflanzungsperiode und Territorialität auf alternative Nahrungsquellen angewiesen sind.

Ökologisch von Bedeutung sind juvenile Putzerfische für kleine Wirte und adulte Artgenossen. Nach ZANDER et al. (1999) ist die geringe Körpergröße eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiches Putzen und das Erschließen eines breiten Wirtsspektrums. Spezialisierte Putzerfische tropischer Regionen (*Labroides dimidiatus*, *Elacatinus* spp.) zeichnen sich durch eine sehr geringe Körpergröße aus.

Zum unterschiedlichen Nahrungserwerb juveniler und adulter tropischer Putzerfische sind noch keine Untersuchungen durchgeführt worden.

#### Ökologische Bedeutung der Putzersymbiose

Zur ökologischen Bedeutung der Putzersymbiose gibt es unterschiedliche Meinungen. Während die Vorteile für den Putzer auf der Hand liegen, scheiterten zahlreiche Untersuchungen tropischer Putzersymbiosen daran, den Beweis zu erbringen, dass auch die Wirtsfische profitieren, und die Putzersymbiose so einen positiven Einfluss auf die Fischzönose nimmt (YOUNGBLUTH, 1968; LOSEY, 1972, 1987; GRUTTER, 1996, 1997a). Das Resultat war die Hypothese, dass Putzerfische überwiegend kommensalisch oder parasitisch agieren. GRUTTER et al. (2003) gelang es experimentell zu beweisen, dass *Labroides dimidiatus* die Abundanz gnathiider Isopoden signifikant reduziert und so die Verbreitung und Diversität der Fischgemeinschaft entscheidend beeinflusst. Damit bestätigen sie dem Putzerfisch eine ökologische Schlüsselrolle im Ökosystem Korallenriff und unterstützen den mutualistischen Aspekt der Putzersymbiose.

Entsprechende experimentelle Untersuchungsansätze fehlen aus dem Mittelmeer. Große regionale Unterschiede im Nahrungserwerb von *Symphodus melanocercus* würden eine

Übertragung gewonnener Erkenntnisse auf das gesamte Verbreitungsgebiet erschweren. Dazu gibt es zahlreiche fakultativ putzende Arten, die als Juvenile äußerst opportunistisch putzen und bei einem Entfernen des Schwarzschwanz-Lippfisches aus einem Lebensraum die frei werdende ökologische Nische schnell besetzen könnten. Fehlt *S. melanocercus* zum Beispiel ganz in einem Lebensraum, wie vor Kreta oder der türkischen Küste, füllen sofort andere fakultative Putzer (v. a. *Thalassoma pavo*) seine Rolle aus (ZANDER et al., 1999). VELTE (1996) dokumentierte vor Kreta das Putzverhalten des Grauen Lippfisches (*Symphodus cinereus*), der im westlichen Mittelmeer bislang nicht putzend beobachtet werden konnte.

Damit entscheiden die regionale Fischfauna und das vorherrschende Nahrungsangebot, d. h. der Parasitenbefall der Wirte und alternative Nahrungsquellen, über die ökologische Bedeutung und die Charakterisierung der Putzertätigkeit von *S. melanocercus*.

Vor Giglio bestreitet der Mittelmeerputzer seinen Nahrungserwerb nur zu etwa einem Drittel durch die Aufnahme von Ektoparasiten und Mukus. Je nach Jahreszeit stellen alternative Nahrungskomponenten einen Großteil seiner Nahrung. Demnach ist der Parasitenbefall der Wirtsfische nicht so ausgeprägt wie zum Beispiel im Golf von Lion und damit die ökologische Bedeutung der Putzersymbiose für die Fischgemeinschaft herabgesetzt. Juvenile Vertreter von *Symphodus tinca*, *Symphodus ocellatus* und *Coris julis* unterstützen *S. melanocercus* in seiner Funktion als Putzer und weisen bei einzelnen Arten (*Apogon imberbis*, *Chromis chromis*) sogar einen höheren Putzerfolg als der Hauptputzer auf (ZANDER & NIEDER, 1997). Es lässt sich somit vermuten, dass das Entfernen einer einzelnen putzenden Art vor Giglio keine weitreichenden ökologischen Konsequenzen für die Fischgemeinschaft zur Folge hätte.

#### Evolution der Putzersymbiose

ZANDER & NIEDER (1997) vermuten in Fressgemeinschaften, ähnlich der des Pfauenlippfisches, den Ursprung der Putzersymbiose im Mittelmeer. Der körperlich enge Kontakt eines Kommensalen zu einer wühlenden oder weidenden Art könnte als Stimulus fungiert haben, das Nahrungsspektrum um die Ektoparasiten zu erweitern. Dabei kann die bei vielen Arten verbreitete Tendenz, an Hauttrübungen und verletztem Gewebe zu zupfen, Ausgangspunkt gewesen sein (FIEDLER, 1991). Diese stammesgeschichtliche Entwicklung vermuten HENRIQUES & ALMADA (1997) auch bei der Putzersymbiose von *Centrolabrus exoletus* im nordöstlichen Atlantik.

LOSEY (1972, 1979) sieht den evolutiven Ursprung der Putzersymbiose dagegen im Parasitismus. Im Pazifik existieren parasitische Fische u. a. der Gattung *Labroides*, die ihren

Wirten Schuppen und Flossenteile ausreißen. Diese Arten könnten in ihrer stammesgeschichtlichen Entwicklung dazu übergegangen sein, Ektoparasiten aufzunehmen. MOOSLEITNER (1980) berichtet von parasitischen Fischarten wie zum Beispiel *Diplodus puntazzo* aus dem Mittelmeer. Und auch *S. melanocercus* nimmt neben Ektoparasiten regelmäßig Mukus und Schuppen seiner Wirte auf (ARNAL & MORAND, 2001a). So entscheidet das Nahrungsangebot, d.h. die Parasitierung der Wirte und die alternativen Nahrungsquellen darüber, ob ein Putzer ein Parasit, ein Kommensale oder ein Mutualist ist (LOSEY, 1979).

Andere Überlegungen setzten voraus, dass eine taktile Stimulation allgemein von Fischen als angenehm empfunden wird. Das resultierende bewegungslose Verweilen wird dann von den Putzorganismen zum Nahrungserwerb genutzt. So kann das durch einfache Bewegungslosigkeit ausgelöste Neugierverhalten potentieller Putzerfische als Ausgangspunkt der Putzersymbiose angesehen werden (HEYMER, 1972; LOSEY, 1987). Einzelne Arten entwickelten dann koevolutiv mit den Putzern spezielle Aufforderungsstellungen.

ABEL (1971) geht davon aus, dass nahezu jede Fischart die Voraussetzung hat, als Putzerfisch und als Wirt zu fungieren.

Die hohe Anzahl fakultativer Putzer im Mittelmeer ist ein Indiz für ein evolutiv geringes Alter der Putzersymbiose. Die Spezialisierung einzelner putzender Arten ist noch nicht abgeschlossen (ZANDER et. al., 1999).

VAN TASSEL et al. (1994) dokumentieren eine umfangreiche Liste putzender Organismen. Neben 112 Fischarten spielen v. a. Garnelen (*Lysmata* spp.) in vielen Meeresregionen eine wichtige Rolle als Putzer. Einzelne Wirte (Muraenidae) lassen sich sogar ausschließlich durch Garnelen von Ektoparasiten und Nahrungsresten befreien. *Lysmata seticaudata* bewohnt im Mittelmeer gemeinsame Höhlen mit *Murena helena* und partizipiert von Nahrungsresten und dem Absammeln von Ektoparasiten (PATZNER & HOFRIECHTER, 2003). Im östlichen Atlantik betreibt *Lysmata grabhami* feste Putzerstationen an Anemonen der Gattung *Telmatactis* (VAN TASSEL, 1994).

Die Artenvielfalt der Putzer lässt eine unabhängige Entwicklung der Putzersymbiose innerhalb unterschiedlicher Tiergruppen vermuten. Nach FRICKE (1973) sind Verhaltensweisen ökologische Anpassungen an einen Lebensraum oder eine Lebensgemeinschaft. Zahlreiche nicht verwandte Tiere, die in ähnlichen Biotopen leben, zeigen Verhaltenskonvergenzen, während andere verwandte Arten unterschiedlicher Lebensräume Verhaltensdivergenzen aufweisen. So können sich unterschiedliche Tiergruppen unabhängig voneinander mit dem Absammeln von Ektoparasiten, Hautteilen und Nahrungsresten von der

---

Körperoberfläche ihrer Wirte eine neue, zusätzliche Nahrungsquelle und eine neue ökologische Nische erschlossen haben.

Die Labridae haben sich dabei als die dominante Fischfamilie unter den Putzern herausgestellt. Vertreter dieser Familie fungieren in allen Meeresgebieten der Welt als Putzer. Im Indopazifik sind *Labroides dimidiatus* und *L. phtirophagus* die Hauptputzer (RANDALL, 1958; FRICKE, 1965a), im Nordost-Atlantik *Ctenolabrus rupestris* und *Centrolabrus exoletus* (POTTS, 1973) und im Mittelmeer *Symphodus melanocercus* (ZANDER & NIEDER, 1997). In der Karibik ist dagegen *Elacatinus* spp. (Gobiidae) der auffälligste Putzer (LOSEY, 1974; ARNAL & CÔTÉ, 2000), während auf den Kanarischen Inseln Garnelen unter den Putzerorganismen dominieren (VAN TASSEL et al., 1994; WIRTZ, 1995).

Noch nicht ausreichend geklärt ist, ob das Erkennen eines Putzers im Mittelmeer erlernt oder vererbt ist. MOOSLEITNER (1980) vermutet darin eine Lernleistung der Wirte. Durch Beobachtungen und eigene Inanspruchnahme der Putzertätigkeit wird das Erkennen des Putzers anhand seiner Morphologie, Färbung und seines Verhaltens intensiviert. Dies wird durch die Beobachtung unterstützt, dass adulte *S. melanocercus* bei der Wirtssuche gezielter vorgehen als juvenile und dabei ausgeprägte Präferenzen entwickelt haben. HENRIQUES & ALMADA (1997) beobachteten in Aquarien, dass sich selbst zwischen Arten unterschiedlicher Lebensräume und Meeresregionen Putzverhalten einstellen kann. Eine opportunistische Nahrungswahl und das Lernvermögen einzelner Fischarten könnten so die stammesgeschichtliche Entwicklung der Putzersymbiose beeinflusst haben.

LOSEY (1995) führte Hälterungsexperimenten mit juvenilen tropischen Putzerfischen (*Labroides phtirophagus*) und potentiellen Wirtsfischen (*Dascyllus albisella*) durch. Dabei stellte sich auch bei den isoliert aufgewachsenen Fischen Putzverhalten ein. Zwar entwickelt sich das Verhalten innerhalb der Wechselbeziehung weiter, und es existiert eine hohe individuelle Variabilität v. a. seitens der Wirte. Dennoch vermutet LOSEY (1995), dass mutualistisches Interagieren bei tropischen Arten genetisch verankert ist.

Nach FEDER (1966) und LOSEY (1979) zeigen einzelne Putzerfische tropischer Meere eine stärkere Spezialisierung als die gemäßiger Breiten, die sich in auffälligen Färbungen und einer spezifischen Nahrungsauswahl ausdrückt. Dementsprechend lässt sich deren entwicklungsgeschichtlicher Ursprung weiter zurückdatieren. So konnte sich im Laufe der Evolution im Indopazifik eine spezielle Form der Putzer-Mimikry entwickeln. Der Blenniide *Aspidontus taeniatus* ist dem Putzer *Labroides dimidiatus* in Form, Farbe und Bewegung so

---

ähnlich, dass er sich so getarnt seinen Opfern nähern kann und ihnen Flossen- oder Hautteile herausreißt (WICKLER, 1968). Die Anpassung ist so perfekt, dass er selbst regionale farbliche Anpassungen seitens der Putzer nachahmt. Dadurch bleibt er nicht nur von seinen Opfern unentdeckt, sondern unterliegt auch dem für Putzerfische typischen Fraßschutz durch größere Raubfische. Auch tropische Wirtsfische müssen das Erkennen des Putzers erlernen und suchen aus diesem Grund nach Abweichungen des Nachahmers vom Vorbild (WICKLER, 1968). In der Ausbildung lokaler Putzerfisch-Rassen lässt sich so eine Ausweichentwicklung des Putzers vermuten.

ZANDER & NIEDER (1997) untersuchten mimetische Erscheinungen im Mittelmeer und identifizierten dabei juvenile *Coris julis* als form- und farbgebendes Modell. Diese fungieren als fakultative Putzerfische so lange sie ihr auffälliges Farbkleid, einem bräunlichen Längsstreifen auf heller Körpergrundfarbe, tragen. Nach WICKLER (1968) besitzt das Modell eine höhere Abundanz als die Nachahmer. Während *Parablennius rouxi* und *Gobius vittatus* sich der Körperfarbe juveniler *C. julis* bedienen, um potentiellen Räubern zu entgehen, nutzen juvenile Sägebarsche die Farbanpassung zum Beutefang. In diesem Fall spricht man wie auch beim tropischen Nachahmer *A. taeniatus* von aggressiver oder Peckhamscher Mimikry. Modell und Nachahmer einer mimetischen Beziehung kommunizieren nicht direkt miteinander, ihre Identitätssignale werden aber von potentiellen Räubern aufgenommen (WICKLER, 1968). So scheint die Putzersymbiose juveniler *C. julis* Ausgangspunkt verschiedener mimetischer Entwicklungen zu sein (ZANDER & NIEDER, 1997).

Der Evolutionsprozess der Putzer-Wirt-Beziehungen unterliegt einer starken dynamischen Variabilität in Abhängigkeit von der Biozönose (ZANDER et al., 1999). So erklärt sich die unterschiedliche Zusammensetzung putzender Organismen in den zahlreichen marinen Ökosystemen.

#### 6. 4. Individualität und Revierverhalten von *Symphodus melanocercus*

Das Revierverhalten von *Symphodus melanocercus* wurde bereits mehrfach beobachtet und dokumentiert. Ein Markierungsexperiment zur sicheren individuellen Identifizierung einzelner Exemplare wurde mit Ausnahme von LEJEUNE & VOSS (1980) jedoch noch nicht durchgeführt (Tab. 15).

Die individuelle Markierung erlaubte eine weiterführende Beurteilung des Nahrungserwerbs und des Revierverhaltens des Mittelmeerputzers. Es konnten damit Angaben zur Revierstruktur, Reviergröße sowie zur Reviertreue gewonnen werden.

Das Markierungsexperiment offenbarte, dass der Nahrungserwerb von *S. melanocercus* nicht nur einer geographischen, saisonalen und tagesperiodischen Variabilität unterliegt, sondern dass zudem deutliche individuelle Unterschiede vorliegen. Von einer hohen individuellen Variabilität der Nahrungswahl fakultativer Putzer berichten auch HOBSON (1971) aus den Küstengewässern Kaliforniens und HENRIQUES & ALMADA (1997) aus dem Atlantik vor Portugal.

Sieben der neun markierten Putzerfische gingen in die abschließenden Betrachtungen ein. Die Verteilung der Putzreviere am Tralicco III (Abb. 53) zeigt, dass die attraktiven Reviere im Schnittpunkt der benthischen Lebensräume am Fuße der Geröllaufschüttung vergeben waren. Die Konkurrenzsituation könnte das Weibchen 3 und das Männchen 6 somit veranlasst haben, ein anderes Biotop, mit besseren Nahrungsvoraussetzungen aufzusuchen. Während des einzigen Beobachtungsintervalls des Männchens 6 wurde dieses aggressiv vom sehr territorialen Männchen 1 attackiert und aus dessen Revier vertrieben.

FRANCINI-FILHO et al. (2000) beobachteten an der brasilianischen Atlantikküste wie der fakultative Putzerfisch *Thalassoma noronhanum* der Prädation durch *Cephalopholis fulva* zum Opfer fiel. HOBSON (1971) fand Reste des fakultativen Putzers *Oxyjulis californica* in Mägen von *Sebastes* spp. So scheint der Fraßschutz, dem im Allgemeinen die Putzerfische unterliegen, nicht absolute Gültigkeit zu haben. Auch am Tralicco III hatten verschiedene Raubfische ihr Jagdrevier und könnten für das Verschwinden einzelner Putzerfische verantwortlich sein.

Es zeigten sich mit Ausnahme des Weibchens 2 keine signifikanten Unterschiede bezüglich der inspizierten Wirtsindividuen, Wirtsarten sowie des Putzerfolges zwischen den markierten *S. melanocercus*. Die alternative Nahrungsaufnahme variierte dagegen in Abhängigkeit von der Revierstruktur stark.

MOOSLEITNER (1980) beobachtete *S. melanocercus* im nordöstlichen Mittelmeer ausschließlich über Seegraswiesen mit vereinzelt Felsstrukturen und schloss reines Hartsubstrat als dauerhaften Lebensraum aus. Dort dominieren seiner Meinung nach andere fakultative Putzer. Auf Giglio grenzen ebenfalls ausgedehnte Seegrasbestände an die ehemalige Verladestation, das vorherrschende Substrat der dauerhaft besetzten Reviere war jedoch Hartboden. Zwar konnten auch über den ausgedehnten Seegraswiesen regelmäßig Putzerfische angetroffen werden, aber bevorzugt wurden die fischreichen Reviere über der Geröllaufschüttung am Tralicco III. Während zahlreicher Tauchgänge außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes konnte eine Affinität des Schwarzschnanz-Lippfisches gegenüber Hartboden bestätigt werden. ABEL (1961) berichtet von zahlreichen mediterranen Arten, die ausgeprägte Beziehungen zu Hartbodenstrukturen entwickelt haben, unter ihnen zahlreiche potentielle Wirtsfische (*Serranus scriba*, *S. cabrilla*, *Chromis chromis*, *Diplodus* spp, *Coris julis*). In Banyuls-sur-Mer konnten *S. melanocercus* ebenfalls Reviere über reinem Hartsubstrat zugeordnet werden (ARNAL & MORAND, 2001b; ZANDER & SÖTJE, 2002). Reviere, die von Seegras dominiert wurden bzw. reine Seegrasreviere, wurden auf Giglio nur im Frühjahr besetzt. Das Weibchen 2 bestritt seinen Nahrungserwerb während dieser Zeit fast ausschließlich über die Aufnahme epiphytischer Organismen. Im Sommer und Herbst schienen diese Reviere ihre Attraktivität zu verlieren. Die zum Teil deutlich herabgesetzte Fischdichte und Artendiversität dieser Reviere erlaubten keinen ausreichenden Nahrungserwerb durch die Putzertätigkeit oder kommensalisches Fressverhalten. Dass die weiblichen Individuen überwiegend in den weniger attraktiven Revieren anzutreffen waren, und die zwei markierten Männchen große Reviere auf der fischreichen, dem Freiwasser zugewandten Seite besetzten, legt die Vermutung nahe, dass die Reviervergabe die Hierarchie innerhalb der Population widerspiegelt. HEYMER (1972), LEJEUNE & VOSS (1980) und ARNAL & MORAND (2001b) beobachteten ebenfalls ein ausgeprägtes und aggressives Territorialverhalten der Männchen. WARNER & LEJEUNE (1985) stellten fest, dass lediglich große Männchen (>7,5 cm TL) feste Reviere beanspruchen und verteidigen können, während kleine Männchen (<7,5 cm TL) keine festen Territorien besetzen. Das Resultat dieser Beobachtung ist ein signifikant höherer Fortpflanzungserfolg großer Männchen. Beide markierten Männchen wiesen eine Totallänge (TL) von über 7,5 cm auf. Anders als auf Korsika wurden die Reviere am Tralicco III jedoch auch abseits der Laichperiode beibehalten.

Die Revierstruktur gibt Auskunft über die Artenvielfalt des Wirtsspektrums. In den Revieren, die im Schnittpunkt der Lebensräume lagen, war die Diversität der Wirtsarten höher als in den Seegrasrevieren. Im Wirtsspektrum der dort angesiedelten Putzer fehlten die Sparidae

und Centracanthidae. CASIMIR (1968) beobachtete in der Adria nur standorttreue Individuen, wenn eine hohe Wirtsfischdichte vorlag. War dies nicht der Fall, wurden die Reviere aufgegeben und alternative Nahrungsquellen erschlossen. Dagegen hatten alternative Nahrungskomponenten auf Giglio ganzjährig einen großen Anteil am Nahrungserwerb. *S. melanocercus* agiert bei der Wirtssuche substratbezogen. In der Regel bewegt er sich ca. einen Meter über Grund. Nur bei der Verfolgung attraktiver pelagischer Arten begibt er sich in das Freiwasser (SENN, 1979). Üblicherweise putzt *S. melanocercus* solitär. Bei einem Überangebot an Putzkunden ist jedoch auch das parallele Putzen adulter Individuen zu beobachten. Dagegen schwimmen juvenile Mittelmeerputzer wie auch andere fakultativ putzende Arten häufig in kleinen Gruppen von drei bis fünf Tieren.

Tropische Putzerfische haben häufig feste, eng begrenzte Putzerstationen von wenigen Quadratmetern Größe an auffälligen, markanten Punkten, die von den Wirtsfischen erkannt und aktiv aufgesucht werden (FRICKE, 1965a; FEDER, 1966; YOUNGBLUTH, 1968).

Die meisten Gelegenheitsputzer borealer Regionen agieren dagegen in der Regel lokal ungebunden in ihrem Lebensraum. *Oxyjulis californica* weist an der kalifornischen Küste zwar eine Affinität zu Hartboden auf und meidet die Kelpwälder, in denen *Brachyistius frenatus* als fakultativer Putzer dominiert, zeigt dabei jedoch keinerlei Revierverhalten (HOBSON, 1971).

*Symphodus melanocercus* besetzt im Mittelmeer weiträumige Reviere, die auf der Suche nach potentiellen Putzkunden und alternativer Nahrung regelmäßig durchschwommen werden (ZANDER & NIEDER, 1997). Damit nimmt der Mittelmeerputzer eine Zwischenstellung hinsichtlich seines Revierverhaltens zwischen den tropischen und den borealen Arten ein.

Bereits SENN (1979) vermutete, dass auch die Reviere des Mittelmeerputzers von den Kunden erkannt werden. Im Untersuchungsgebiet konnten in den Abendstunden regelmäßig große Schwärme pelagischer Arten (*Spicara maena*, *Spicara smaris*, *Oblada melanura*) beobachtet werden, die von den verschiedenen Putzerfischen inspiziert wurden. Zur Nachtruhe bewegten sich die Schwärme dann wieder in das Freiwasser zurück. Diese Arten scheinen den Tralicco III als eine gemeinsame Putzerstation verschiedener putzender Individuen und Arten zu erkennen und zu nutzen. Ähnliche Beobachtungen konnten an der „Seccha di Pinocchio“ gemacht werden, einer Untiefe in der Bucht von Campese (Giglio). Häufig stellte sich dort in den Sommer- und Herbstmonaten zur Dämmerung ein Schwarm Barrakudas ein, aus dem sich immer wieder vereinzelte Tiere lösten, um sich von *S. melanocercus* nahe des Grundes putzen zu lassen.



Zur Reviergröße von *S. melanocercus* gibt es unterschiedliche Aussagen (Tab. 16).

Tabelle 16: Vergleiche zur Reviergröße von *Symphodus melanocercus* nach verschiedenen Autoren.

Autor	Region	Beobachtungszeit	Reviergröße	Markierung
CASIMIR (1968)	Ägäis	August 1967	5 m <sup>2</sup>	nein
POTTS (1968)	Ayios Stefanos	September 1965	4-10 m <sup>2</sup>	nein
SENN (1979)	Elba	1971 - 1977	5 m <sup>2</sup>	nein
MOOSLEITNER (1980)	Chalkidike	April / August 1965 -1980	bis 150 m <sup>2</sup>	nein
LEJEUNE & VOSS (1980)	Korsika	Februar - Juli 1982	60-90 m <sup>2</sup>	ja
ZANDER & NIEDER (1997)	Giglio	Juni / September 1999	4-5 m <sup>2</sup>	nein
vorliegende Arbeit	Giglio	2002 - 2004	16-20 m <sup>2</sup>	ja

SENN (1979) beobachtete auf Elba ein Netzwerk fester Putzerreviere mit einem maximalen Durchmesser von sechs bis zehn Metern. Dabei hielten sich die Putzerfische überwiegend in einem Bereich des Durchmessers von 2,5 Metern auf, womit er die Beobachtungen von CASIMIR (1968) für die Ägäis bestätigte. Dieses entspricht in etwa auch der Revierverteilung am Tralizzo III. Die einzelnen Reviergrößen schwankten hier zwischen 16 m<sup>2</sup> und 20 m<sup>2</sup>. In diesem Gebiet patrouillierte der Putzer regelmäßig auf der Suche nach Putzkunden und verhielt sich territorial. Er verließ das Revier aber auch bei der Verfolgung attraktiver Wirte. Dabei waren häufig aggressive Auseinandersetzungen mit benachbarten Revierbesitzern zu beobachten, was zumeist mit der Vertreibung des Eindringlings endete. Das Weibchen 5 nutzte aufgrund der seewärtig angrenzenden Reviere der Artgenossen ein weitläufiges Gebiet von ca. 30 - 40 m<sup>2</sup> Größe. Das Netzwerk der Putzerreviere am Tralizzo III ist so dicht, dass die gesamte Fischzönose an der Wechselbeziehung teilhaben kann. Dazu kommt noch die Vielzahl fakultativ putzender Juveniler anderer Arten.

ZANDER & NIEDER (1997) geben für Giglio als durchschnittliche Reviergröße 4-5 m<sup>2</sup> an, POTTS (1968) für Ayios Stefanos 4-10 m<sup>2</sup>. Diese Angaben entsprechen im Allgemeinen der pro Beobachtungsintervall durchschwommenen Fläche am Tralizzo III. Durch die sich wiederholenden Beobachtungen der markierten Individuen konnte eine genaue Eingrenzung und Bestimmung der Reviergröße erfolgen.

LEJEUNE & VOSS (1980) beobachteten vor Korsika Reviere zwischen 60 m<sup>2</sup> und 90 m<sup>2</sup> Größe, MOOSLEITNER (1980) ermittelte vor Chalkidike Reviergrößen von bis zu 150 m<sup>2</sup>. Unklar bleibt dabei, ob die Autoren die Wegstrecken, welche bei der Verfolgung großer Labridae oder Serranidae zurückgelegt wurden, in die Revierausdehnung einbeziehen. Auch die Fischdichte, intra- und interspezifische Konkurrenz und geographische Unterschiede im Nahrungserwerb müssen bei der Beurteilung der Reviergröße berücksichtigt werden. Die Rentabilität entscheidet dabei über die Größe eines Reviers.

Bei über 90 % der während des Markierungsexperimentes durchgeführten Beobachtungsintervalle war der Putzer in dem ihm zugeordneten Revier anzutreffen. Die angestammten Reviere wurden 2003 zum Teil über fünf Monate durchgängig besetzt. Zwei der markierten Individuen (Weibchen 5 und 7) konnten im Frühjahr 2004 wieder beobachtet werden. Es gelang das Weibchen 5 zu fangen und die Veränderung der Markierung fotografisch zu dokumentieren (Abb. 76). Damit konnte experimentell bewiesen werden, dass *S. melanocercus* neben einer saisonalen auch mehrjährige Reviertreue zeigt.

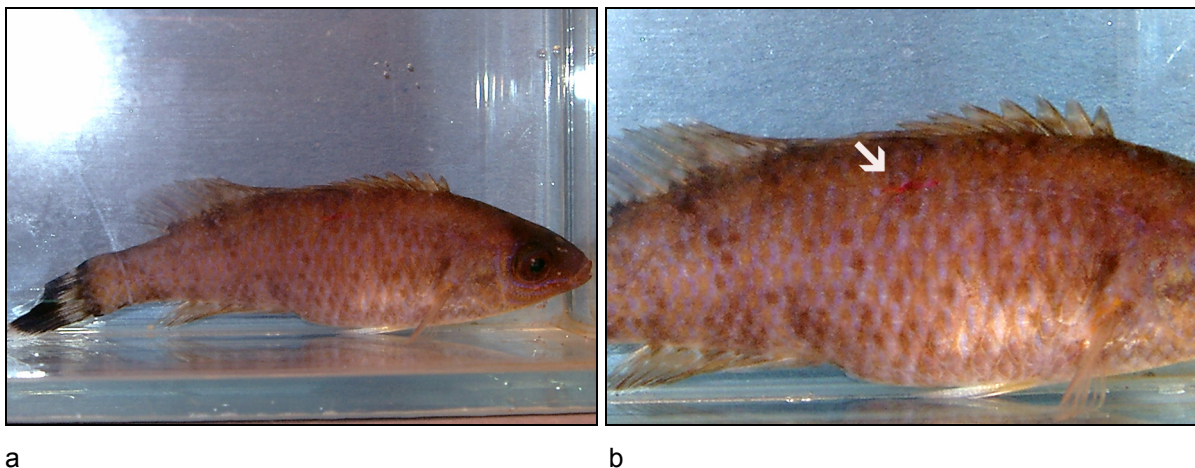


Abb. 76a-b: Entwicklung der Markierung des Weibchens 5. Deutlich ist auch nach einem Jahr der rot eingefärbte Injektionskanal zu erkennen.

Auch tropische Putzerfische zeigen eine saisonale Reviertreue an markanten und den Wirten bekannten Punkten ihres Biotops (FEDER, 1966).

Entgegen der Angewohnheit tropischer Putzerfische fixe Putzerstationen zu besetzen, die von den Kunden aktiv aufgesucht werden, ist *S. melanocercus* auf die aktive Wirtssuche in einem begrenzten Revier angewiesen. Die Rentabilität des Reviers bzw. des gesamten Lebensraumes entscheidet bei dem Mittelmeerputzer über die Reviergröße. Zur Rentabilität zählen dabei nicht nur das Artenspektrum und die Individuendichte der Fischgemeinschaft und der Parasitenzönose, sondern auch die Möglichkeiten der alternativen Nahrungsaufnahme. Bietet ein Biotop neben diversen potentiellen Putzkunden die Voraussetzung zur regelmäßigen Teilnahme an Fressgemeinschaften und zur Aufnahme benthischer Nahrung, kann *S. melanocercus* dauerhafte Reviertreue zeigen.

Im Mittelmeer existieren ausgeprägte ozeanographische Gradienten von Nordwest nach Südost (vgl. Kap. 2). Diese Gradienten wirken sich auch auf die Biozönosen aus, so dass sich auffällige Unterschiede zwischen den Teilbereichen des Mittelmeeres feststellen lassen. Die Artenvielfalt und die relativen Häufigkeiten der Wirbellosen wie auch der Wirbeltierfauna

---

des östlichen Mittelmeeres sind gegenüber dem Westbecken reduziert (SCHMIDT et al., 2001). Es lässt sich daher vermuten, dass auch die Rentabilität der Lebensräume entlang dieser Gradienten abnimmt und *S. melanocercus* im östlichen Mittelmeer größere Reviere besetzen muss, um seinen Nahrungserwerb zu gewährleisten. CASIMIR (1968) berichtet zwar von geringen Bewegungsradien der Putzerfische in der Ägäis während der einzelnen Beobachtungsintervalle, erwähnt aber die auffällig großen Entfernungen zwischen den besetzten Revieren (> 100m). Damit besaßen die Putzer außerordentlich große Einzugsgebiete, um an Wechselbeziehungen mit der regionalen Fischfauna teilzunehmen, und um benthische und planktische Nahrungsorganismen aufzunehmen. MOOSLEITNER (1980) beobachtete ausgedehnte Reviere von bis zu 150 m<sup>2</sup> Größe vor Chalkidike und wies auf das Fehlen von *S. melanocercus* an der türkischen Küste hin. Dagegen überwiegen bei den meisten Beobachtungen aus dem westlichen Mittelmeer Reviergrößen zwischen fünf und zwanzig Quadratmetern in einem dichten Netz von Putzrevieren (SENN, 1979; ZANDER & NIEDER, 1997; vorliegende Arbeit).

## 6. 5. Kommunikation innerhalb der Putzersymbiose

Zur Interpretation der Kommunikation innerhalb der Putzersymbiose wurden verschiedene Attrappen von *Symphodus melanocercus* zum Einsatz gebracht. LOSEY (1977) führte Attrappenversuche mit dem tropischen Putzer *Labroides phtirophagus* durch und bestätigte Attrappenversuche als gültige und zuverlässige Methode zur Untersuchung der Signalbildung und Stimulation innerhalb der Putzersymbiose.

Die Verhaltensweisen der Wirtsfische während der Beobachtungsintervalle bestätigten die Erkenntnis, dass *S. melanocercus* von einer aktiven Wirtssuche und Kontaktaufnahme mit den potentiellen Kunden abhängig ist. Der optische Reiz beim Anblick eines Putzers allein ist in der Regel nicht Auslöser genug, eine Putzaufforderungsstellung einzunehmen. So weckten die Attrappen zwar häufig die Aufmerksamkeit und das Interesse der Fischfauna, aber nur durchschnittlich 20 % der Wirte posierte vor den eingebrachten, natürlich gefärbten Attrappen (A1, A2, A3). Aufgrund der ausbleibenden Antwort des Putzers war das Verweilen der Wirte in Aufforderung nur sehr kurz. Dagegen zeigten im Rahmen der Beobachtungen zum Nahrungserwerb des Mittelmeerputzers im Frühjahr 2002 und 2003 zwischen 50 % und 80 % der angeschwommenen Labridae und Serranidae Kooperationsbereitschaft in Form eines Posierens. Appetenzverhalten und taktile Stimulation sind für *S. melanocercus* unerlässliche Methoden der Wirtsfindung und damit des Nahrungserwerbs.

Tropische Putzer sind unabhängiger von der aktiven Wirtssuche. *Labroides dimidiatus* besetzt fixe Putzerstationen, die von den Wirtsfischen selbständig aufgesucht werden. Obwohl auch *L. dimidiatus* sich einer auffälligen Schwimmweise bedient, um Kunden zur Interaktion zu bewegen (EIBL-EIBESFELDT, 1955), beobachtete FRICKE (1965) regelmäßiges Posieren vor Sperrholz-Attrappen des Putzers. Nach mehreren Versuchstagen ging die Kooperationsbereitschaft einzelner Kunden jedoch deutlich zurück. Die Wirte hatten gelernt, die Attrappe von den „echten“ Putzern zu unterscheiden.

Eine Adaptation der Fisch-Biozönose an die eingebrachten Attrappen konnte auf Giglio vermieden werden, indem die Versuchsreihen zu unterschiedlichen Tageszeiten und über mehrere Wochen verteilt durchgeführt wurden.

22 Arten begaben sich während der Beobachtungszeit mit den Attrappen in Interaktion. Das Wirtsspektrum verteilte sich homogen auf die eingesetzten Attrappen und entsprach im Allgemeinen dem Wirtsspektrum von *S. melanocercus* im Untersuchungsgebiet. Erhöht war dabei der Anteil fakultativer Putzer. *S. melanocercus* sowie juvenile Vertreter von *Coris julis* und *Symphodus ocellatus* waren verstärkt in der Nähe der Attrappen anzutreffen. Die Bewegungslosigkeit der Attrappen löste deutliches Neugierverhalten der Putzer aus. Diese Beobachtung unterstützt die Hypothese verschiedener Autoren, dass die Neugier potentieller

---

Putzer gegenüber bewegungslosen Fischen als Ausgangspunkt der Putzersymbiose angesehen wird (HEYMER, 1972; LOSEY, 1987).

Aggressives Verhalten der Mittelmeerputzer gegenüber den Attrappen konnte während der Versuchsreihe nicht festgestellt werden. Trotz der bekannten Territorialität v. a. männlicher *S. melanocercus* in der Fortpflanzungszeit verhielten sich die Putzerfische gegenüber den Attrappen eher neugierig und abwartend als aggressiv. Demnach setzt das Aggressionsverhalten von *S. melanocercus* eine aktive Revierverletzung voraus. Bleibt dieses Signal aus, wird der Artgenosse geduldet. Diese Beobachtung bestätigt die Erkenntnisse von FRICKE (1965), dessen Attrappen von *Labroides dimidiatus* im Roten Meer von den Artgenossen unbehelligt blieben.

Dagegen wurde mehrfach aggressives Verhalten eines großen männlichen *Symphodus tinca* gegenüber den Attrappen A2 und A3 beobachtet, als diese im Revier des Pfauenlippfisches platziert wurden. Die Attrappen wurden als unerwünschter Eindringling erkannt, gerammt und gebissen. *S. tinca* ist während der Laichperiode äußerst territorial und betreibt Brutpflege (FIEDLER, 1963).

LOSEY (1972) stellte für die tropische Fischfauna einen größeren Einfluß des taktilen Verhaltens der Putzer auf das Posieren fest, als es die Infestation durch Ektoparasiten hat. Arten, die sich bei der Untersuchung des Nahrungserwerbs von *S. melanocercus* als wichtige und kooperative Putzkunden (z. B. *Serranus scriba*) herausgestellt hatten, waren seltener in einer Interaktion mit den verschiedenen Attrappen zu beobachten. Die pelagischen Arten, die den Tralicco III aktiv als Putzerstation zu erkennen scheinen (*Oblada melanura*, *Spicara maena*), fehlten im Wirtsspektrum der Attrappen fast vollständig.

Eine visuelle Stimulierung durch den Anblick eines Putzerfisches wirkt lediglich auf größere Entfernung attraktiv auf die Wirte (LOSEY, 1977). Bleibt bei einer Annäherung des Wirtes die erwartete taktile Stimulation durch den Putzer aus, kommt es in der Regel zum Abbruch der Interaktion.

Bei den vor den Attrappen posierenden Wirtsfischen handelte es sich häufig um juvenile Exemplare. Wiederholt konnte beobachtet werden, wie juvenile Mönchsfische vor der Attrappe posierten und beim Ausbleiben einer Reaktion seitens des potentiellen Putzers die Attrappe taktil stimulierten. Adulte Individuen ignorierten die Attrappen häufiger. Sie haben es gelernt neben der Körperform und Färbung auch die Verhaltensweisen und Kommunikation der Putzer-Gilde zu deuten.

---

Als eindeutiges Erkennungsmerkmal konnte mit Hilfe der Attrappenversuche die namensgebende schwarze Caudalis des Mittelmeerputzers identifiziert werden. So wurden die Beobachtungen verschiedener Autoren (CASIMIR, 1968; ZANDER et al., 1999) experimentell bestätigt. Zwar konnte während der Beobachtungen zum Nahrungserwerb nur selten ein gezieltes Präsentieren der Schwanzflosse durch den Putzer beobachtet werden, aber die Wirtsfische benutzen dieses morphologische Merkmal zur Identifikation des Putzerlippfisches.

Die Anzahl der posierenden Putzkunden vor der Attrappe A4 war gegenüber den anderen eingesetzten Attrappen um bis zu 70 % reduziert. Keine Auswirkung auf die Kooperationsbereitschaft hatten dagegen die Detailgenauigkeit der Attrappen und die geschlechtsspezifische Kolorierung. Es wurden keine Unterschiede in der Akzeptanz der naturgetreuen Attrappen (A1, A2) und der abstrahierten Attrappe A4 sowie zwischen den Attrappen A1 und A2 festgestellt.

Die Wirtsfische im Untersuchungsgebiet erkennen *S. melanocercus* primär an seiner lateral depressen Körperform, der schwarzen Schwanzflosse und seiner taktilen Kommunikation. Diese Merkmale nutzte POTTS (1973) zur Charakterisierung einer eigenen Putzer-Gilde borealer und subtropischer Gelegenheitsputzer.

## 6. 6. Fressgemeinschaft von *Symphodus tinca*

Von der Nahrungspartnerschaft mit dem Pfauenlippfisch profitieren in erster Linie die Verfolger. Lediglich mit dem Putzerfisch *Symphodus melanocercus* und der Streifenmeerbarbe *Mullus surmuletus* haben sich weiterreichende Beziehungen entwickelt. Insgesamt konnten auf Giglio 22 Arten als Verfolger identifiziert werden. Die Beobachtungen zu unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten ermöglichte eine nahezu vollständige Dokumentation der Folgerarten. Die Anzahl der folgenden Individuen und Arten verhielt sich saisonal betrachtet homogen. Maximal wurde *Symphodus tinca* dabei von 11 Individuen aus neun Arten begleitet. ZANDER (2002) stellte für Giglio 12 und für Banyuls-sur-Mer vier Folgerarten fest.

Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der saisonalen Zusammensetzung der folgenden Arten. Dominierend waren aus der Familie der Labridae *Coris julis*, *Symphodus melanocercus*, *S. rostratus* und Artgenossen. Daneben waren *Serranus cabrilla* und *Mullus surmuletus* regelmäßig in der Begleitung des Pfauenlippfisches anzutreffen. Ganz ähnliche Häufigkeitsverteilungen fand auch ZANDER (2002). Nicht bestätigt werden konnte die Feststellung, dass sich *S. tinca* stets einzeln auf die Nahrungssuche begibt und alle begleitenden Arten Nutznießer des Auswurfs sind. Regelmäßig wurden bis zu drei Artgenossen selbständig substrataufnehmend nebeneinander beobachtet, wobei das führende Exemplar in der Regel am größten war. Auch unter den artfremden Verfolgern suchten einige Arten zwar aktiv die Nähe der Fressgemeinschaft, bestritten den Nahrungserwerb aber selbständig. Dazu gehörten *Mullus surmuletus*, *M. barbatus* und *Symphodus rostratus*. Auch *Sarpa salpa* war immer wieder im Gefolge anzutreffen und betätigte sich als Aufwuchsfresser.

Die Schwarmbildung und auch die Vergesellschaftung unterschiedlicher Arten sind im Mittelmeer nicht ungewöhnlich. Der primäre Grund dieses sozialen Kontaktverhaltens ist vermutlich aus dem Schutzbedürfnis der Arten entstanden (FRICKE, 1970). Schwarmverhalten ist eine unter Fischen weit verbreitete Lebensform zur Nahrungsaufnahme und Feindabwehr (FIEDLER, 1991). Besonders auffällig sind die stark polarisierten Schwärme pelagischer Arten, zum Beispiel der Clupeidae und Scombridae, die durch Aggregationen die Überlebenschance jedes Einzelindividuums erhöhen.

Es besteht eine besondere Beziehung zwischen *S. tinca* und *M. surmuletus* im Untersuchungsgebiet. Beide Arten suchen aktiv die gegenseitige Nähe, obwohl keine direkte Abhängigkeit besteht. Die Führung der Fressgemeinschaft kann dabei nicht immer klar erkannt werden und wechselt zum Teil auch. So verschmelzen die Nahrungspartnerschaften von *S. tinca* und *M. surmuletus* oft miteinander und die Wirt-Verfolger-Beziehung ist variabel, da die Mullidae auch in den Sedimentablagerungen des mediterranen Hartbodens auf

Nahrungssuche gehen. LOSEY (1978) nennt diese auffälligen Partnerschaften „more permanent“ und hebt sie von zufälligen kommensalischen Wechselbeziehungen ab.

Zu den Arten, die direkt vom Auswurf des Pfauenlippfisches partizipieren, gehören in erster Linie verschiedene Lippfische (*Coris julis*, *Symphodus ocellatus*, *S. melanocercus*). Diese Arten zeigen einen allgemein sehr opportunistischen Nahrungserwerb und erschließen sich über die Fressgemeinschaft eine zusätzliche Form der Nahrungsaufnahme, da sie selbst nicht die morphologischen Voraussetzungen zum Abweiden des Hartsubstrates besitzen. Die Verfolger sparen dabei die Handhabungsenergie und -zeit eigene Nahrungsorganismen aufzuschließen (MACARTHUR & PIANKA, 1966). Aufgrund der häufigen Nahrungsaufnahme durch *S. tinca* ist die Wartezeit verhältnismäßig kurz. Auch *Chromis chromis* konnte wiederholt bei der Aufnahme von Auswurf beobachtet werden. Üblicherweise stellen Mönchsfische jedoch planktischen Nahrungsorganismen nach.

*S. melanocercus* hat eine besondere Beziehung zum Pfauenlippfisch entwickelt. Er schwimmt häufig nahe der Kopfreion von *S. tinca* und verschafft sich so die optimale Position zur Untersuchung des Auswurfes. Zum anderen wird diese Körperregion besonders stark von Ektoparasiten befallen (ZANDER et al., 1999), welche vom Putzerfisch regelmäßig entfernt werden. Ganz regelmäßig konnte im Untersuchungsgebiet beobachtet werden, wie *S. tinca* seine Nahrungsaufnahme unterbrach, in Aufforderungsstellung ging und von *S. melanocercus* geputzt wurde. Bei dieser Interaktion handelt es sich um eine lockere, aber wechselseitige Form der Partnerschaft, von der beide Arten profitieren (ZANDER, 2002). Sie grenzt sich deshalb von den rein kommensalischen Beziehungen ab.

Die dritte Gruppe der Verfolger umfasst die größeren sammelnden und jagenden Arten. Sammler bestreiten ihren Nahrungserwerb durch die Aufnahme unbeweglicher, inaktiver Objekte (*Diplodus* spp.), während Jäger (*Serranus* spp.) vagile Organismen erbeuten (KOEPCKE, 1956). Die Serranidae und Sparidae lauern dabei in kurzer Entfernung (max. 0,5-1,0 m) zu den wühlenden bzw. zupfenden Arten.

Die Tagesperiodik der Fressgemeinschaft offenbarte, dass in den Morgenstunden die Zahlen der Folgerfische und Folgerarten erhöht waren, wenn auch keine signifikanten Unterschiede vorlagen. Dennoch erlaubt sich die Vermutung, dass bei vielen Fischen morgens ein erhöhter Nahrungsbedarf vorliegt. Diese Nahrungsrhythmik mit verstärkter Fressaktivität in den Morgen- und Abendstunden und einem mittäglichen Rückgang gilt für die gesamte Fischfauna und wird durch verschiedene Untersuchungen bestätigt (MOOSLEITNER, 1982; GRUTTER, 1996). Dementsprechend zeigen auch alle im Untersuchungsgebiet beobachteten Wechselbeziehungen eine vergleichbare Tagesrhythmik.



---

*S. tinca* erschließt sich durch seine Kaubewegungen größere oder gepanzerte Nahrungsorganismen (Polychaeta, Mollusca, Crustacea). Im Auswurf finden sich dann überwiegend kleinere Individuen und Meiofauna, die von den Verfolgern aufgenommen werden (ZANDER, 2002). Die Substrataufnahme zeigte im Jahresgang signifikante Unterschiede mit erhöhten Werten in den Sommermonaten und eine hohe individuelle Variabilität. Maximal wurde 45mal am Hartboden gezupft, die durchschnittliche Substrataufnahme pro fünf Minuten lag im Sommer bei 24. ZANDER (2002) dokumentierte auf Giglio durchschnittlich 14,9malige Nahrungsaufnahme in einer Beobachtungszeit zwei Minuten. Auch er stellte dabei große individuelle Unterschiede fest.

Neben der Größe von *S. tinca* ist die bei der Nahrungssuche weit sichtbare Sedimentwolke das auslösende Signal für die Vielzahl der Folgerarten (MOOSLEITNER, 1982). FRICKE (1970) zeigte bei Attrappenversuchen in verschiedenen tropischen Regionen, dass zahlreiche Verfolger die Nähe der Fischattrappen suchen, wenn diese das Sediment verwirbeln. Fische verfügen über eine unterschiedlich ausgeprägte Lernfähigkeit. So lässt sich vermuten, dass durch klassische Konditionierung der Anblicke einer wühlenden Art genügt, um ein Verfolgen auszulösen. Wie schon für die Putzersymbiose vermutet, sind auch die Verhaltensweisen der an Fressgemeinschaften teilnehmenden Arten erlernt.

### 6. 7. Fressgemeinschaft von *Mullus surmuletus*

EIBL-EIBESFELDT (1955) berichtete zuerst von tropischen Meerbarben in der Begleitung von Gastfischen, während ABEL (1962) diese Form der Vergesellschaftung als Erster im Mittelmeer erkannte.

Im Untersuchungsgebiet am Tralicco III war die Fressgemeinschaft von *Mullus surmuletus* auf Sandboden neben der des Pfauenlippfisches (vgl. Kap. 6. 6.) die auffälligste zu beobachtende Form des Kommensalismus.

Insgesamt wurden auf Giglio 17 Folgerarten der Streifenmeerbarbe identifiziert. Die Zahlen der Folgerfische und -arten zeigten im Jahresverlauf keine auffälligen Unterschiede, sie stiegen jedoch saisonal betrachtet zum Herbst leicht an. Maximal wurde *M. surmuletus* in der Begleitung von 11 Individuen aus sieben verschiedenen Arten beobachtet. MOOSLEITNER (1980) erkannte vor Chalkidike (Griechenland) in 15 Arten potentielle Verfolger. FRICKE (1970) stellte im Roten Meer bei der tropischen Meerbarbe *Pseudupeneus macronema* Gemeinschaften von 15 Individuen aus bis zu neun verschiedenen Arten fest.

Das Spektrum der Verfolger erwies sich saisonal betrachtet als homogen. Die meisten begleitenden Arten wurden mit 14 im Sommer gezählt. Dominierend waren dabei *Coris julis* und *Symphodus tinca* aus der Familie der Labridae, *Serranus cabrilla* (Serranidae), *Diplodus vulgaris* (Sparidae) und eigene Artgenossen. Ein wesentlicher Grund zur Vergesellschaftung von Bodenwühlern ist, dass die oberste Sandschicht durch die Wasserbewegungen häufig verfestigt ist. Daher ist es einfacher an bereits bestehenden Abbruchkanten weiter zu graben als eigene neue zu schaffen. Daneben ist, wie schon bei den Untersuchungen zur Fressgemeinschaft des Pfauenlippfisches erörtert, die Vergesellschaftung auch verschiedener Arten aus dem Schutzbedürfnis vor Räubern entstanden. FRICKE (1970) erkannte bei tropischen Meerbarben eine besonders ausgeprägte Form des Kontakt-Schwimmens. Werden Einzelindividuen, v. a. juvenile, von ihrer Gruppe getrennt, schließen sie sich größeren, auch artfremden Individuen (z. B. Trompetenfischen) an und schwimmen bei engem Körperkontakt über längere Zeit mit ihren Wirten mit. ZANDER & NIEDER (1997) beobachteten im Mittelmeer ganz ähnliche Verhaltensweisen. Wurden juvenile Streifenmeerbarben von ihrer Gemeinschaft getrennt, schlossen sie sich häufig adulten Meerjunkern an. Vermutlich werden Meerjunker als regelmäßige Begleiter von Fressgemeinschaften erkannt, und die Mulliden nutzen diese Tatsache, um selbst schnell Anschluss an Fressgemeinschaften zu bekommen bzw. um eigene Artgenossen zu finden.

Die Folgerarten weisen ihrer Lebensweise entsprechende Nahrungsstrategien auf. Die erste Gruppe sucht aktiv die Nähe der Meerbarben, nutzt aber größtenteils nur die bereits geschaffene Abbruchkante im Sand zum eigenen Nahrungserwerb. Auffälligste Vertreter sind *Symphodus tinca*, *S. rostratus* und Artgenossen. Entgegen der Angewohnheit von

*S. tinca*, nur einzelne kleinere Artgenossen neben sich zu dulden, fanden sich im Untersuchungsgebiet regelmäßig Gruppen von bis zu 12 Mulliden unterschiedlichster Altersklassen vergesellschaftet. Die besondere Beziehung zwischen *S. tinca* und *M. surmuletus* wurde bereits im vorangegangenen Kapitel (Kap. 6. 6.) angesprochen.

Auch die Gruppe der Jäger und Sammler war im Gefolge stark vertreten. Am häufigsten waren dabei *Coris julis*, *Serranus cabrilla* und *Diplodus vulgaris* in geringem Abstand zu den wühlenden Individuen zu beobachten, *C. julis* suchte dabei sogar regelmäßig den Körperkontakt zu den Meerbarben. Oft standen die Räuber auch direkt über den grabenden Arten, um fliehende Nahrungsorganismen zu erbeuten. *Bothus podas* war den wühlenden Arten besonders nah, lag durch die Sandtracht gut getarnt direkt an der Abbruchkante und lauerte auf fliehende Nahrungsorganismen.

Als drittes ist die Gruppe der fakultativen Putzerfische (*Symphodus melanocercus*, *S. ocellatus*) zu nennen, die regelmäßig die Folgerarten, seltener *M. surmuletus* selbst, nach Ektoparasiten absuchten.

Die Bindungen der verschiedenen Arten erscheinen sehr lose und wechseln ständig. Zum Teil konnten während der Untersuchungen am Tralicco III aber auch Fressgemeinschaften beobachtet werden, die während des gesamten Tauchgangs (60-80 min) anhielten.

Die grabende Arbeit der Mulliden ist oft so intensiv, dass die entstehende Sedimentwolke über weite Entfernung zu erkennen ist. Mit Hilfe von Attrappenversuchen erkannten FRICKE (1970) und MOOSLEITNER (1982) die Sandwolke als das auslösende Signal für die Verfolger, um an der Fressgemeinschaft teilzunehmen. Bewegungslose naturnahe Attrappen der Meerbarben wurden dagegen kaum beachtet. Viele Arten ziehen das Mitschwimmen und gelegentliche Erbeuten flüchtender Tiere der eigenen Sucharbeit vor. Die Meerbarben dulden die Folgerarten während des Fressens in ihrer Nachbarschaft, scheinen aber selbst keinen direkten Nutzen daraus zu ziehen (FRICKE, 1970).

Als Nahrungsorganismen dienen den Meerbarben im Sand vergrabene Muscheln, Krebse und Polychaeten, die sie mit Hilfe ihrer Barteln lokalisieren. Daneben werden aber auch die Sedimentablagerungen auf dem Hartboden nach Beuteorganismen durchwühlt.

Neben den Meerbarben gibt es zahlreiche weitere marine Organismen, die fakultative Fressgemeinschaften auf dem mediterranen Sandboden anführen können (Kammseesterne, Rochen). Und auch badende Menschen können als Aufwirbler fungieren (MOOSLEITNER, 1982).

---

Alle dokumentierten Fressgemeinschaften bildeten sich ausschließlich bei Tageslicht. Bei den Fressgemeinschaften von *M. surmuletus* ging die Zahl der Begleitfische und der Begleitarten in den Mittagstunden zurück. Gerade mittags waren oft große Schulen der Mullidae während ihrer Ruhephasen auf den an den Tralicco III angrenzenden Sandflächen zu beobachten. Die tageszeitlich auftretenden Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Aufgrund der oftmals geringen Größe der im Sand lebenden Beuteorganismen sind die wühlenden Arten von einer den ganzen Tag andauernden Nahrungssuche abhängig. Fressgemeinschaften sind deshalb zu jeder Tageszeit zu beobachten (MOOSLEITNER, 1982).

## 6. 8. Schlussfolgerungen

Der Tralicco III ist ein sehr abwechslungsreiches Biotop mit einer engen Vernetzung der marinen Lebensräume Hartboden, Sandboden, Seegraswiese und Freiwasser. Als Folge der zahlreichen Klein(st)habitate hat sich eine für das Mittelmeer hoch diverse Fischgemeinschaft (65 Spezies) eingestellt, deren Mitglieder eine Vielzahl ökologischer Nischen besetzen. Förderlich für den Artenreichtum wirken sich zudem die hydrographischen Besonderheiten des Untersuchungsgebietes aus, die das nordtyrrhenische Meer zu einer biogeographischen Übergangsregion für boreale atlantische und tropische Arten machen (SCHMIDT et al., 2001).

Innerhalb der Fischfauna haben sich die verschiedensten Wechselbeziehungen ausgebildet, von kommensalischem, mutualistischem bis zu parasitischem Charakter. Besonders auffällig und weit verbreitet sind unterschiedliche Fressgemeinschaften, zum Beispiel die des Pfauenlippfisches *Symphodus tinca* auf Hartboden und die der Mulliden *Mullus surmuletus* und *M. barbatus* auf Sand.

Spezialisierungen sind im Vergleich zum Indopazifik oder der Karibik im Mittelmeer nicht weit fortgeschritten (FEDER, 1966). In tropischen Lebensräumen konnte sich eine ungleich höhere Diversität und Individuendichte als im Mittelmeer entwickeln (ABEL, 1961), die als Folge zwischenartlicher Konkurrenz eine engere Einnischung einzelner Arten bewirkte. GRUTTER (1997a) zählte während ihrer Untersuchungen zur ökologischen Bedeutung der Putzersymbiose von *Labroides dimidiatus* am Great Barrier Reef 191 Fischarten. Tropische Putzerfische sind somit in der Lage, ihren gesamten Nahrungsbedarf über das Absammeln von Ektoparasiten und Mukus zu decken (GRUTTER, 1996). Dagegen ist *Symphodus melanocercus*, vielleicht mit wenigen regionalen Ausnahmen, neben seiner Putztätigkeit auf weitere, zusätzliche Nahrungsquellen angewiesen (ZANDER & SÖTJE, 2002). Der jahresperiodisch, geographisch und individuell variable Nahrungserwerb des Mittelmeerputzers erschwert eine allgemein gültige Aussage zur ökologischen Bedeutung der Putzersymbiose im Mittelmeer. Auch zahlreiche andere Arten des Untersuchungsgebietes offenbarten während der Unterwasserbeobachtungen opportunistische Nahrungsstrategien. Vor allem die fakultativen Gelegenheitsputzer *Coris julis* und *Symphodus ocellatus*, aber auch verschiedene Sparidae und Serranidae nahmen wie der Mittelmeerputzer regelmäßig an verschiedenen Fressgemeinschaften teil und fraßen benthische sowie planktische Nahrungsorganismen. Der Pfauenlippfisch *Symphodus tinca* vereint vor Giglio 22 Arten in seinem Gefolge. Mehr als ein Drittel aller am Tralicco III identifizierten Arten nutzen also diese erleichterte und zusätzliche Form des Nahrungserwerbs. Damit beweist sich jedoch ebenfalls die Abhängigkeit von mehreren, voneinander unabhängigen Formen der Nahrungsaufnahme vieler mediterraner Arten.

Auch unter den Fischen gemäßiger Zonen gibt es Arten, die gelegentlich putzen. POTTS (1973) berichtet, bei fünf Arten der Britischen Inseln Putzaktionen beobachtet zu haben (*Symphodus melops*, *Ctenolabrus rupestris*, *Centrolabrus exoletus*, *Sygnathus typhle*, *S. acus*). Lediglich zum Putzverhalten des Klippenbarsches (*C. rupestris*) liegen jedoch Freiland-Beobachtungen vor. Alle anderen Beobachtungen stammen von in Aquarien gehaltenen Fischen. Auch HILLDÉN (1982) konnte in schwedischen Gewässern *C. rupestris* beim gelegentlichen Putzen einer einzigen Art (*Labrus bergylta*) beobachten. Überwiegend ernährte er sich jedoch von benthischen Wirbellosen (Crustacea, Gastropoda, Bryozoa). Im nordöstlichen Atlantik bei Portugal ist *Centrolabrus exoletus* der auffälligste Putzer mit einem Wirtsspektrum von 15 Spezies (HENRIQUES & ALMADA, 1997). Er deckt dabei jedoch nur 7 % seines Nahrungserwerbs durch die Putztätigkeit und zeigt ansonsten eine sehr abwechslungsreiche Nahrungsauswahl, ähnlich der von *Symphodus melanocercus* im Mittelmeer. Dagegen konnten bei *S. melops* und *C. rupestris* keine Putzaktivitäten beobachtet werden.

Die Nahrungsvoraussetzungen sowie die Fischdichte und -verteilung in borealen Meeresregionen erlauben keine weitgehenden Spezialisierungen und Einnischungen wie sie für die Putzersymbiose notwendig und in tropischen Gewässern zu beobachten sind. Vielmehr gestaltet sich die Nahrungsaufnahme der fakultativen Putzer äußerst opportunistisch, worin HILLDÉN (1982) den evolutiven Ursprung des borealen Putzverhaltens vermutet. HENRIQUES & ALMADA (1997) beobachteten eine enge Fressgemeinschaft zwischen *S. melops* und *C. exoletus*, in deren Weiterentwicklung sich Putzverhalten eingestellt haben könnte.

Die opportunistische Nahrungswahl der borealen Putzerfische machen sich auch die nordatlantischen Lachsfarmen zum Nutzen. Zwar macht die Tätigkeit von *C. rupestris* und *C. exoletus* den Einsatz von Pestiziden zur Bekämpfung von Fischparasiten nicht vollständig überflüssig, dennoch haben sie Anteil an der Parasitenreduktion und reinigen zudem die Netzkäfige von faulenden Nahrungsresten (SAYER et al., 1996).

Auch ZANDER & NIEDER (1997) sehen den stammesgeschichtlichen Ausgangspunkt der mediterranen Putzersymbiose und damit auch von Formen der Ethomimikry in Fressgemeinschaften, wie der des Pfauenlippfisches *Symphodus tinca*. Der körperlich enge Kontakt ermöglichte den potentiellen Putzern den Zugang zu parasitierten Körperregionen der Wirte und damit zu einer neuen Nahrungsquelle.

LOSEY (1972, 1979) vermutet dagegen als Ausgangspunkt der tropischen Putzersymbiose räuberische und parasitische Fische, die von einer schuppen- und hautfressenden Ernährungsweise dazu übergegangen sind, Ektoparasiten von der Körperoberfläche ihrer Wirte abzusammeln.

Vergleicht man die Putzersymbiosen und die Hypothesen ihrer stammesgeschichtlichen Entstehung innerhalb der Fischgemeinschaften unterschiedlicher Meeresregionen, so lassen sich mehrere einflussnehmende Faktoren unterscheiden. Die wichtigste Voraussetzung für einen obligaten tropischen Putzerfisch ist die hohe Fischdichte eines räumlich begrenzten Habitats, verbunden mit einer arten- und individuenreichen Parasitenzönose. Konkurrenz um Nahrung fördert dann die Einnischung und Spezialisierung. Boreale Arten besitzen dagegen eine sehr opportunistische Nahrungsauswahl und lernen, Teile ihres Nahrungsbedarfs durch fakultatives Putzen abzudecken (HENRIQUES & ALMADA, 1997). Dadurch lässt sich auch die hohe regionale und individuelle Variabilität in der Putzaktivität der aufgeführten nordatlantischen Arten erklären.

## 7. Zusammenfassung

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war die Bestandsaufnahme der Fischzönose in einem begrenzten Seegebiet vor der Insel Giglio im Toskanischen Archipel sowie die Untersuchung und Charakterisierung von drei interspezifischen Wechselbeziehungen mediterraner Fische. Im Mittelpunkt der über zwei Jahre andauernden Feldarbeiten stand die Putzersymbiose des endemischen Labriden *Symphodus melanocercus*. Unter Darstellung des tages- und jahresperiodischen Nahrungserwerbs, des Wirtsspektrums, des Revierverhaltens und der zu beobachtenden Kommunikation innerhalb der Symbiose sollte beurteilt werden, ob es sich bei *S. melanocercus* um einen obligaten oder fakultativen Putzerfisch handelt. Daneben wurden Überlegungen zur ökologischen Bedeutung der Putzersymbiose und zu ihrer stammesgeschichtlichen Entwicklung im Mittelmeer angestellt.

Der Labride *Symphodus tinca* ist Ausgangspunkt einer Fressgemeinschaft im mediterranen Felslitoral. Es galt die Zusammensetzung und Interaktion der Verfolger zu untersuchen und den tages- und jahresperiodischen Nahrungserwerb darzustellen.

Der Mullide *Mullus surmuletus* führt eine vergleichbare Fressgemeinschaft auf Sandboden an. Auch seine Folgerfische wurden identifiziert und charakterisiert und eine Tages- und Jahresperiodik seines Nahrungserwerbs erstellt.

Zur hydrographischen Einordnung des Untersuchungsgebietes wurden während des gesamten Untersuchungszeitraumes (2002 - 2004) verschiedene abiotische Parameter aufgenommen.

Der Wasserkörper im Untersuchungsgebiet erwies sich als stabil und homogen. Die Sichttiefe folgte dem natürlichen Jahrgang mit Planktonblüten und sinkenden Sichtweiten im Frühjahr und Herbst. Die Wassertemperatur war geprägt durch eine starke herbstliche Abkühlung und eine ähnlich starke Erwärmung im Frühjahr (14° C - 28° C). Der Salzgehalt war konstant (36,6 ‰ - 37,6 ‰) und stieg im Jahrgang aufgrund der zunehmenden Nettoverdunstung leicht an. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes war der Wasserkörper ausreichend mit Sauerstoff versorgt. In den Sommermonaten konnte regelmäßig eine Sauerstoffübersättigung beobachtet werden.

Die Fischfauna im Untersuchungsgebiet war aufgrund des abwechslungsreichen Lebensraumes Tralicco III sehr arten- und individuenreich. Aufgrund der hydrographischen Besonderheiten des nordtyrrhenischen Meeres stellt das Untersuchungsgebiet eine biogeographische Übergangsregion für atlantisch-boreale sowie für wärmeliebende, tropische Arten dar. Es konnten 65 Fischarten aus 26 Familien identifiziert werden. Die



wichtigsten Vertreter waren *Chromis chromis*, *Apogon imberbis*, *Serranus cabrilla*, *S. scribe*, *Diplodus vulgaris*, *Oblada melanura*, *Spicara maena*, *Coris julis*, *Symphodus ocellatus* und *Symphodus tinca*.

Der Mittelmeerputzer *Symphodus melanocercus* zeigte auffällige saisonale Unterschiede in seinem Nahrungserwerb. Während über den gesamten Beobachtungszeitraum gleichmäßig viele Wirte inspiziert wurden, nahm der Putzerfolg vom Frühjahr zum Herbst ab (79 % - 55 %), um dann zum Winter wieder anzusteigen. Entsprechend der Jahreszeit variierte auch die Aufnahme alternativer Nahrungsquellen sehr stark. Im Frühjahr überwog die Aufnahme epiphytischer Nahrungsorganismen von den Blattspreiten des Neptungrases. In den Sommermonaten waren das Fressen planktischer Nahrungsorganismen und die Teilnahme an Fressgemeinschaften des Pfauenlippfisches *Symphodus tinca* zu gleichen Teilen am Nahrungserwerb beteiligt. Dagegen dominierte im Herbst allein Plankton unter den alternativen Nahrungsquellen. Im Frühjahr scheint aufgrund der kostenintensiven Fortpflanzungsperiode ein erhöhter Nahrungsbedarf bei *S. melanocercus* vorzuliegen. Das tagesperiodische Fressverhalten zeigte eine mit der allgemeinen Aktivität der Fischfauna einhergehende verstärkte Fressaktivität in den Morgen- und den Abendstunden.

Die Nahrungsauswahl des Mittelmeerputzers unterliegt neben einer saisonalen auch einer starken geographischen Variabilität, die abhängig ist von der Biotopstruktur sowie der Zusammensetzung der Fischgemeinschaft und der Parasiten-Biozönose eines Lebensraumes.

Das Wirtspektrum des Mittelmeerputzers umfasste 39 Arten aus 13 Familien. Aufgrund ihrer hohen Abundanz und ihrer Kooperationsbereitschaft beim Putzvorgang stellten sich *Chromis chromis*, *Serranus scribe*, *Coris julis* und *Symphodus tinca* als die Hauptwirte heraus. Die Putzkunden haben koevolutiv mit den Putzerfischen zum Teil artspezifische Putzaufforderungsstellungen entwickelt, die dem Putzer den optimalen Zugang zu den parasitierten Körperregionen ermöglichen sollen.

*S. melanocercus* ließ im Untersuchungsgebiet keine geschlechtsspezifischen Unterschiede im Nahrungserwerb erkennen. Lediglich ein ausgeprägteres Territorialverhalten der Männchen konnte festgestellt werden.

Juvenile Mittelmeerputzer verhalten sich gegenüber adulten opportunistischer im Nahrungserwerb. Juvenile Individuen orientieren einen möglichen Putzerfolg an der Abundanz der Wirte in ihrem Lebensraum, während adulte Putzer Präferenzen ausbilden und mit erhöhter Effizienz putzen.

Die ökologische Bedeutung der Putzersymbiose des *S. melanocercus* ist abhängig von der lokalen Fisch- und Parasitenzönose eines Untersuchungsgebietes.

Der stammesgeschichtliche Ursprung der mediterranen Putzersymbiosen lässt sich in Fressgemeinschaften ähnlich der des Pfauenlippfisches vermuten (ZANDER & NIEDER, 1997). Die mangelnde Spezialisierung mediterraner Putzerfische deutet auf ein evolutiv geringes Alter dieser Wechselbeziehung hin.

Mit Hilfe von Attrappenversuchen konnte die schwarze, namensgebende Schwanzflosse neben der lateral depressen Körperform als eindeutiges Erkennungsmerkmal des Mittelmeerputzers experimentell bestätigt werden. *S. melanocercus* ist damit Bestandteil einer eigenen Putzergilde gemäßigter und subtropischer Meeresregionen (POTTS, 1973).

*S. melanocercus* besetzte im Untersuchungsgebiet feste Reviere zwischen 16 m<sup>2</sup> und 20 m<sup>2</sup> Größe. Bevorzugt werden dabei Reviere, die im Schnittpunkt verschiedener benthischer Lebensräume liegen und so eine hohe Diversität und Individuendichte der Fischfauna garantieren. Bei entsprechender Rentabilität eines Reviers zeigt *S. melanocercus* saisonale und auch mehrjährige Reviertreue.

Niemals konnte während der Feldarbeiten nachgewiesen werden, dass *S. melanocercus* in der Lage ist, seinen Nahrungserwerb ausschließlich über seine Putzertätigkeit zu bestreiten. Aufgrund der hohen individuellen, saisonalen und geographischen Variabilität seines Nahrungserwerbs und seiner fehlenden Spezialisierung ist *S. melanocercus* ein fakultativer Putzerfisch. Die Rentabilität eines Lebensraumes entscheidet dabei vielmehr, ob er nach LOSEY (1979) primär mutualistisch, kommensalisch oder sogar parasitisch agiert.

Der Pfauenlippfisch *Symphodus tinca* ist Ausgangspunkt einer Fressgemeinschaft auf mediterranem Hartboden. Zu seinem Gefolge zählten im Untersuchungsgebiet 22 Fischarten mit ganz unterschiedlichen Nahrungsstrategien. Die erste Gruppe umfasste selbständig wühlende Arten, die sich der Gemeinschaft aus ihrem Schutzbedürfnis heraus anschlossen (*Mullus surmuletus*, *Symphodus rostratus*). Die zweite Gruppe partizipierte direkt von dem Auswurf des Pfauenlippfisches (*Coris julis*, *Symphodus melanocercus*). Die dritte Gruppe stellten die Jäger und Sammler dar, die auf aufgescheuchte vagile Nahrungsorganismen lauerten (*Serranus cabrilla*, *Diplodus vulgaris*).

Mit *S. melanocercus* verbindet *S. tinca* eine besonders enge Partnerschaft. Dabei handelt es sich um eine lockere, aber wechselseitige Beziehung, die sich von den anderen rein kommensalischen Partnerschaften abhebt (ZANDER, 2002). Der Putzer profitiert dabei vom Auswurf, der Wirt von der Putzertätigkeit.

Die Fressgemeinschaften von *S. tinca* und *M. surmuletus* verschmelzen oft miteinander, so dass die Wirt-Verfolger-Beziehung variiert. LOSEY (1978) nennt diese auffälligen Partnerschaften „more-permanent“ und grenzt sie von zufälligen Fressgemeinschaften ab.

*Mullus surmuletus* führt eine vergleichbare Fressgemeinschaft auf dem mediterranen Sandboden an. Im Untersuchungsgebiet begleiteten die Streifenmeerbarbe insgesamt 17 Arten, wobei keine signifikanten Unterschiede in der saisonalen Zusammensetzung der Verfolger zu beobachten waren. Die Folgerarten wiesen dabei entsprechend ihrer Lebensweise unterschiedliche Nahrungsstrategien auf. Es gab selbständig grabende Arten (*Symphodus tinca*, *S. rostratus*), jagende und sammelnde Arten (*Diplodus vulgaris*, *Serranus cabrilla*) und fakultative Putzerfische (*Symphodus melanocercus*, *S. ocellatus*) im Gefolge. Auslösendes Signal für die Folgerarten ist die durch die wühlende Tätigkeit hervorgerufene, weit sichtbare Sedimentwolke.

Die Fischgemeinschaft des Tralicco III ist aufgrund der Vernetzung der benthischen Lebensräume sehr abwechslungsreich. Als Folge der zahlreichen Klein(st)habitate hat sich eine für das Mittelmeer hoch diverse Fischgemeinschaft eingestellt, deren Mitglieder eine Vielzahl ökologischer Nischen besetzen.

Innerhalb der Fischzönose haben sich verschiedene Formen interspezifischer Wechselbeziehungen ausgebildet.

Spezialisierungen sind im Vergleich zum Indopazifik oder der Karibik im Mittelmeer nicht weit fortgeschritten, die Mehrzahl der Arten besetzt breite Nischen und weist eine sehr opportunistische Nahrungsauswahl auf.

Die Verteilung und Dichte der Fischfauna sowie die Parasitenzönose eines Lebensraumes waren neben der Konkurrenz und unterschiedlichen Nahrungsstrategien die entscheidenden Faktoren bei der evolutiven Entwicklung der Putzersymbiosen verschiedener Meeresregionen.

## 8. Literaturverzeichnis

ABEL, E. F. (1961): Über die Beziehung mariner Fische zu Hartbodenstrukturen. Sitzungsbericht der Österr. Akademie der Wissenschaften. Springer Verlag Wien, 223-263.

ABEL, E. F. (1962): Freiwasserbeobachtungen an Fischen im Golf von Neapel als Beitrag zur Kenntnis ihrer Ökologie und ihres Verhaltens. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 47, 219 – 290.

ABEL, E. F. (1971): Zur Ethologie von Putzsymbiosen einheimischer Süßwasserfische im natürlichen Biotop. Oecologia 6, 133-151.

ARNAL, C. & CÔTÉ, I. M. (2000): Diet of broadstripe cleaning gobies on Barbadian reef. Journal of Fish Biology 57, 1075-1082.

ARNAL, C. and MORAND, S. (2001a): Importance of ectoparasites and mucus in cleaning interactions in the Mediterranean cleaner wrasse *Symphodus melanocercus*. Marine Biology 138, 777-784.

ARNAL, C. and MORAND, S. (2001b): Cleaning behaviour in the teleost, *Symphodus melanocercus*: females are more specialized than males. J. Mar. Biol. Ass. UK 81, 317-323.

ASTRALDI, M, GASPARINI, G.P. (1994): The seasonal characteristics of the circulation in the Tyrrhenian Sea. In: LA VIOLETTE, P.E. Hrsg.: Seasonal and Interannual variability of the Western Mediterranean Sea. Coastal and Estuarine Studies 46, 115-134.

BANSEMER, C., GRUTTER, A. S., POULIN, R. (2002): Geographic Variation in the Behaviour of the Cleaner Fish *Labroides dimidiatus* (Labridae). Ethology 108, 353-366.

BARBER, I., HOARE, D. & KRAUSE, J. (2000): Effects of parasites on fish behaviour: a review and evolutionary perspective. Reviews in Fish Biology and Fisheries 10, 131-165.

BURLESON, M. L. (1995): Oxygen availability: Sensoric systems. In: Biochemistry and Molecular Biology of Fishes, Volume 5. Environmental and Ecological Biochemistry. Elsevier, 1-18.

---

BROWSER, P. R. (2001): Anesthetic Options for Fish. In: Recent Advances in Veterinary Anesthesia and Analgesia: Companion Animals. GLEED, R. D. & LUDDERS, J. W. (Eds.). International Veterinary Information Service, Ithaca,

CASIMIR, M. J. (1969): Zum Verhalten des Putzerfisches *Symphodus melanocercus* (Risso). Zeitschrift für Tierpsychologie 26, 225 – 229.

CHENG, T. C. (1967): Definition of types of symbioses. In: Marine molluscs as hosts for symbioses. Adv. Mar. Biol. 5, 4–15.

CÔTÉ, I. M., ARNAL, C. & REYNOLDS, J. D. (1998): Variation in posing behaviour among fish species visiting cleaning stations. Journal of Fish Biology 53, 256-266.

DIETRICH, G, KALLE, K., KRAUSS, W., SIEDLER, G. (1975): Allgemeine Meereskunde. Gebrüder Borntraeger.

EIBL-EIBESFELDT, I. (1955): Über Symbiosen, Parasitismus und andere besondere zwischenartliche Beziehungen tropischer Meeresfische. Zeit. Tierpsychol. 12, S. 203–219.

FEDER, H. M. (1966): Cleaning symbioses in the marine environment. In: HENRY, S. M.: Symbioses, Academic Press, 327-380.

FIEDLER, K. (1963): Verhaltensstudien an Lippfischen der Gattung *Crenilabrus* (Labridae, Perciformes). Z. Tierpsychol. 21, 521-591.

FIEDLER, K. (1991): Fische. In: KAESTNER, A. : Lehrbuch der Speziellen Zoologie. Band II Wirbeltiere, Teil 2. Gustav Fischer Verlag Jena.

FRANCINI-FILHO, R. B., MOURA, R. L. & SAZIMA, I. (2000): Cleaning by the wrasse *Thalassoma noronhanum*, with two records of predation by its grouper client *Cephalopholis fulva*. Journal of Fish Biology 56, 802-809.

FRANCK, D. (1985): Verhaltensbiologie. Einführung in die Ethologie. 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage. Thieme Verlag.

FRICKE, H. W. (1965a): Zum Verhalten des Putzerfisches *Labroides dimidiatus*. Zeit. Tierpsychologie 23, 1–3.

---

FRICKE, H. W. (1965b): Attrappenversuche an plakatfarbigen Korallenfischen im Roten Meer. Zeit. f. Tierpsychologie.

FRICKE, H. W. (1970): Zwischenartliche Beziehungen der tropischen Meerbarben *Pseudupeneus barberinus* und *Pseudupeneus macronema* mit einigen anderen marinen Fischen. Natur und Museum 100, 71-80.

FRICKE, H. W. (1975): The role of behaviour in marine symbiotic animal. In: Symbiosis – Symposia of the society for experimental biology, ed. by JENNINGS, D. H., LEE, D. L., Cambridge Univ. Press, 581–593.

GALEOTE, M. D. & OTERO, J. G. (1998): Cleaning behaviour of Rock Kook *Centrolabrus exoletus* in Tarifa (Gibraltar). Cybium 22, 57-68

GIBSON, R. N. (1999): Methods for Studying Intertidal Fishes: In: Intertidal Fishes – Life In Two Worlds. Academic Press, 7-25.

GOLDSPINK, C. R. (1970): A readily recognizable tag for marking bream *Abramis brama* (L.). J. Fish. Biol. 3, 407-411.

GORLICK, D. L. (1980): Ingestion of host fish mucus by the Hawaiian cleaner wrasse, *Labroides phtirophagus* (Labridae), and its effect on host species preference. Copeia 1980, 863-868.

GORLICK, D. L., ATKIN, P. D., LOSEY, G. S. (1987): Effects of cleaning by *Labroides dimidiatus* on an ectoparasite population infecting *Pomacentrus vaiuli* at Enewak Atoll. Copeia 1987, 41-45.

GRUTTER, A. S. (1995): Relationship between cleaning rates and ectoparasite loads in coral reef fishes. Marine Ecology Progress Series 118, 51-58.

GRUTTER, A. S. (1996): Parasite removal rates by the cleaner wrasse *Labroides dimidiatus*. Marine Ecology Progress Series 130, 61-70.

GRUTTER, A. S. (1997a): Effect of the removal of cleaner fish on the abundance and species composition of reef fish. Oecologia 111, 137-143.

- 
- GRUTTER, A. S. (1997b): Spaciotemporal variation and feeding selectivity in the diet of cleaner fish *Labroides dimidiatus*. *Copeia* 1997, 346-355.
- GRUTTER, A. S. (1998): Habitat-related differences in the abundance of parasites from coral reef fish: an indication of the movement patterns of *Hemigymnus melapterus*. *J. of Fish Biology* 53, 49-57.
- GRUTTER, A. S. (1999a): Fish cleaning behaviour in Noumea, New Caladonia. *Marine Freshw. Res.* 50, 209-212.
- GRUTTER, A. S. (1999b): Cleaner fish do really clean. *Nature* 398, 672-673.
- GRUTTER, A. S., MURPHY, J. M. & CHOAT, J. H. (2003): Cleaner Fish drives local fish diversity on coral reefs. *Current Biology* 13, 64-67.
- GRUTTER, A. S. & POULIN, R. (1998): Cleaning of Coral Reef Fishes by the Wrasse *Labroides dimidiatus* : Influence of Client Body Size and Phylogeny. *Copeia* 1998 (1), 120-127.
- HEGERL, G., HASSELMANN, K. & LATIF, M. (1998): Natürliche Klimaänderungen und anthropogene Klimavariabilität. In: LOZĂN (Hrsg.) et al.: Warnsignal Klima. Das Klima des 21. Jahrhunderts. 99-113.
- HENRIQUES, M. & ALMADA, V. C. (1997): Relative Importance of Cleaning Behaviour in *Centrolabrus exoletus* and other Wrasse at Arrabida, Portugal. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 77, 891-898.
- HEYMER, A. (1972): Ethologische Freiwasserbeobachtungen an Putzsymbiosen im Mittelmeer. *Rev. Comp. Animal* 6, 17-24.
- HEYMER, A. (1977): Experiences subaquatique sur les performances d' orientation et de retour au gite chez *Tripterygion tripteronotus* et *Tripterygion xanthosoma* (Blennioidei, Tripterygiidae). *Vie Milieu XXVII*, 425-435.
- HEYMER, A. (1977): Ethologisches Wörterbuch. Verlag Paul Parey.

---

HILLDÉN, N. - O. (1982): Cleaning Behaviour of the Goldsinny (Pisces, Labridae) in Swedish Waters. *Behavioural Processes* 8, 87-90.

HOBSON, E. S. (1971): Cleaning Symbiosis Among California Inshore Fishes. *Fishery Bulletin* Vol. 69, 491-523.

HOFRICHTER, R. (2002): *Das Mittelmeer – Fauna, Flora, Ökologie. Band I: Allgemeiner Teil.* Spektrum Verlag.

HOFRICHTER, R. (2003): *Das Mittelmeer – Fauna, Flora, Ökologie. Band II/1: Bestimmungsführer.* Spektrum Verlag.

HOFRICHTER, R., KERN, W., BECKEL, L., DOMNIG, I., ZANKL, A., HEIN, A. (2002): Geographie und Klima In: *Das Mittelmeer – Fauna, Flora, Ökologie, I. Allgemeiner Teil.* Hrsg: HOFRICHTER, R., Spektrum Verlag Heidelberg, Berlin, 102-195.

HYSLOP, E. (1980): Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *Biology Department, Open University, Walton, Hall, Milton Keynes MK 7 4AA Buckinghamshire, England, 411-427.*

JACKSON, E. L., ROWDEN, A. A., ATTRILL, M. J., BOSSEY, S. J. & JONES, M. B. (2001): The importance of seagrass beds as a habitat for fishery species. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 2001, 39, 269-303.

KAESTNER, A. (1993): *Lehrbuch der Speziellen Zoologie. Band I, 1. Teil.* Gustav Fischer Verlag.

KLEIN, B. & ROETHER, W. (2001): Ozeanographie und Wasserhaushalt. In: *Das Mittelmeer – Fauna, Flora, Ökologie, I. Allgemeiner Teil.* Hrsg: HOFRICHTER, R., Spektrum Verlag Heidelberg, Berlin, 258-287.

KOEPCKE, H.-W. (1956): Zur Analyse der Lebensformen. In: *Bonner Zoologische Beiträge.* Hrsg.: Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander König, Bonn. V. JORDANS & WOLF. Selbstverlag, 151-184.



---

KRIVOSHEYA, V. G. (1983): Water circulation and structure of the Tyrrhenian Sea. *Oceanology* 23, 2, 166-171.

LAUFLE, J. C., JONSON, L. & MONK, C. (1990): Tattoo-Ink Marking Method for Batch-Identification of Fish. In: PARKER et al.: Fish-Marking Techniques. American Fisheries Society, Symposium 7. Bethesda, Maryland.

LA VIOLETTE, P. E. (1994): Seasonal and Interannual Variability of the Western Mediterranean Sea. *Coastal and Estuarine Studies* 46. American Geophysical Union Washington DC.

LEJEUNE, P. & VOSS, J. (1980): Observation in situ des comportements agonistiques territoriaux et reproducteurs du poisson nettoyeur mediterraneen *Symphodus (Crenilabrus) melanocercus* (Risso, 1810). *Annales de l' Institut Oceanographique*, 5-11.

LIMBAUGH, C. (1961): Cleaning symbioses. *Scient. Americ.* 205, 42-49.

LOSEY, G. S. (1971): Communication between fishes in cleaning symbioses. In: Aspects of the biology of symbioses. Ed by CHENG, T. C. Univ. Park Press. , 45-76.

LOSEY, G. S. (1972): The ecological importance of cleaning symbiosis. *Copeia* 1972, 820–833.

LOSEY, G. S. (1974): Cleaning symbiosis in Puerto Rico with comparison to the Tropical Pacific. *Copeia* 1974, 961-970.

LOSEY, G. S. (1977): The validity of animal models. A test for cleaning symbiosis. *Biology of behaviour* 2, 223-238.

LOSEY, G. S. (1978): The symbiotic behaviour of fishes. In: Behaviour of fish and other aquatic animals. Ed.: MOSTOFSKY, B. Academic Press, New York, 1-31.

LOSEY, G. S. (1979): Fish Cleaning Symbiosis: Proximate Causes of Host Behaviour. *Animal Behaviour* 27, 669-685.

LOSEY, G. S. (1987): Cleaning Symbiosis, *Symbiosis* 4, 229-252.

---

LOSEY, G. S., MAHON, J. L. & DANILOWICZ, B. S. (1995): Innate Recognition by Host Fish of their Cleaning Symbiont. *Ethology* 100, 277-283.

LOSEY, G. S., GRUTTER, G. S., ROSENQUIST, G., MAHON, J.L., ZAMZOW, J. P. (1998): Cleaning Symbiosis: a review. In: *Behaviour And Conservation Of Littoral Fishes*. Edited by ALMADA, V. C., OLIVIEIRA, R. F., GONCALES, E. J.. Based on the Symposium at ISPA (Lisboa) on 15-18 April 1998, 379-395.

LOUISY, P. (2002): *Meeresfische, Westeuropa, Mittelmeer*. Ulmer Verlag.

LOZÁN, J. L., GRAßL, H. & HUPFER, P. (1998): Warnsignal Klima. Das Klima des 21. Jahrhunderts. *Wissenschaftliche Auswertungen – In Kooperation mit Geo*.

LOZÁN, J. L. & KAUSCH, H. (1998): *Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler*. 2., überarbeitete Auflage. Parey Buchverlag Berlin.

MACARTHUR, R. H. & PIANKA, E.R. (1966): An optimal use of patchy environment. *Americ. Natur.* 100, 603-609.

MALDONADO, A. (1985): Evolution of the Mediterranean Basins and a Detailed Reconstruction of the Cenozoic Paleoceanography. In: MARGALEF, R. (1985): *Western Mediterranean*. Pergamon Press, 17-55.

MARGALEF, R. (1985): *Western Mediterranean*. Pergamon Press.

MARULLO, S., SANTOLERI, R. & BIGNAMI, F. (1994): The Surface Characteristics of the Tyrrhenian Sea. Historical Satellite Data Analysis. In: LA VIOLETTE, P.E. Hrsg.: *Seasonal and Interannual variability of the Western Mediterranean Sea*. *Coastal and Estuarine Studies* 46, 115-134.

MEEHAN, W. R., MILLER, R. A. (1978): Stomach Flushing: Effectiveness and Influence on Survival and Condition of Juvenile Salmonids. *Journ. of the Fish. Res. B. of Canada* 35, 1359-1363.

MOERLAND, T. S. (1995): Temperature: Enzyme and organelle. In: *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes, Volume 5. Environmental and Ecological Biochemistry*. Elsevier, 57–71.

---

MOOSLEITNER, H. (1980): Putzerfische und –garnelen im Mittelmeer. Zool. Anz. 205, 219–240.

MOOSLEITNER, H. (1982): Fressgemeinschaften auf Sandböden im Mittelmeer. Zool. Anz. 209, 269-282.

MOOSLEITNER, H. (im Druck): Labridae. In: Das Mittelmeer. Fauna, Flora, Ökologie. Band II/2 Bestimmungsführer. Hrsg. HOFRICHTER, R. Spektrum Verlag.

NIKOLSKY, G. V. (1963): The Ecology of Fishes. Academic Press. London and New York.

ODUM, E. P. (1959): Fundamentals of ecology. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto.

ODUM, E. P. (1991): Prinzipien der Ökologie. Spektrum, Heidelberg.

OTT, J. (1996): Meereskunde. 2. Auflage. UTB.

PARKER, N. C., GIORGI, A. E., HEIDINGER, R. C., JESTER, D. B., PRINCE, E. D. & WINANS, G. A. (1990): Fish-Marking Techniques. American Fisheries Society, Symposium 7. Bethesda Maryland.

PATZNER, R. A. (2002): Das Verhalten von *Symphodus melanocercus* (Labridae) beim Putzen von adulten *Epinephelus marginatus* (Serranidae). Zeitschrift für Fischkunde, Band 6, Heft 1-2, 107-115.

PATZNER, R. A. & HOFRICHTER, R. (2003): Wechselbeziehungen zwischen mediterranen Organismen. In: Das Mittelmeer. Fauna, Flora, Ökologie. Band II/1 Bestimmungsführer. Hrsg. HOFRICHTER, R. Spektrum Verlag, 148-155.

PETZ, W. (2001): Das marine Nahrungsnetz. In: Das Mittelmeer – Fauna, Flora, Ökologie, I. Allgemeiner Teil. Hrsg: HOFRICHTER, R., Spektrum Verlag Heidelberg, Berlin, 447.

PIANKA, E. R. (1988): Evolutionary Ecology. Fourth Edition. Harper Collins Publishers.

---

PFANNSCHMIDT, S. , HEß, M. , MELZER, R. , HOFRICHTER, R. , WILKE, M. , TÜRKAY, M. & HERZER, K. (2001): Lebensräume und Lebensgemeinschaften. In: Das Mittelmeer – Fauna, Flora, Ökologie, I. Allgemeiner Teil. Hrsg: HOFRICHTER, R., Spektrum Verlag Heidelberg, Berlin, 288-423.

POTTS, G. W. (1968): The Ecology of *Crenilabrus melanocercus*, with notes on Cleaning Symbiosis. Journ. mar. biol. Ass. UK, 279-293.

POTTS, G. W. (1973): Cleaning symbioses among british fish with special reference to *Crenilabrus melops*. J. Mar. Biol. Ass. UK 53, 1-10.

PRÖTSCH, M. & PATZNER, R. A. (2003): Zum Verhalten des Schwarzschwanz-Lippfisches (*Symphodus melanocercus*) und dessen Interaktion mit Putzkunden. Zeitschrift für Fischkunde 6, 9-15.

QUIGNARD, J. P. & PRAS, A. (1986): Labridae. In: Fishes of the Northeastern Atlantic and the Mediterranean. WHITEHEAD, P. J. P., BAUCHOT, M. L., HUREAU, J. C., NIELSEN, J. & TORTONESE, E. (EDS.). Unesco, Paris, 919-942.

RANDALL, J. E. (1958). A review of the labris fish genus *Labroides*, with description of two new species and notes on ecology. Pac. Sci. 12, 327-347.

REMMERT, H. (1992): Ökologie. Springer Verlag.

RIEDL, R. (1983): Fauna und Flora des Mittelmeeres. Verlag Paul Parey.

RIEDWYL, H. (1987): Graphische Gestaltung von Zahlenmaterial. 3. Auflage. UTB.

ROME, L. C. (1995): Influence of temperature on muscle properties in relation to swimming performance. In: Biochemistry and Molecular Biology of Fishes, Volume 5. Environmental and Ecological Biochemistry. Elsevier, 73–99.

SADOVY, Y. & SHAPIRO, D. Y. (1987): Criteria for the Diagnosis of Hermaphroditism in Fishes. Copeia 1987 (1), 136-156.

SANDERSON, S. C. (1990): Versatility and specialization in labrid fish: ecomorphical implications. Oecologia 84, 272-279.

- 
- SASAL, P., MORAND, S. & GUEGAN, J. F. (1997): Determinants of parasite species richness in Mediterranean Marine fishes Marine Ecology Progress Series 149, 61-71.
- SAYER, M. D. J., TREASURER, J. W., COSTELLO, M. J. (1996): Wrasse: biology and use in aquaculture. Fishing News Books, Oxford.
- SCHMIDT, I. M, GLAUBRECHT, M. & GOLANI, D. (2001): Biogeographie und Biodiversität. In: Das Mittelmeer – Fauna, Flora, Ökologie, I. Allgemeiner Teil. Hrsg: HOFRICHTER, R., Spektrum Verlag Heidelberg, Berlin, S. 464-499.
- SENN, D. G. (1979): Zur Biologie des Putzerfisches *Crenilabrus melanocercus* (Risso). Senckenbergiana marit. 11, 23 – 38.
- TARDENT, P. (1979): Meeresbiologie. Thieme Verlag.
- TASSELL, L. VAN, BRITO, A. & BORTONE, S. A. (1994): Cleaning behaviour among marine fishes and invertebrates in the Canary Islands. Cybium 18, 117–127.
- TICHY, G., ČESTMIR, T., HSÜ, K. J. & HOFRICHTER, R. (2001): Geologie und Entstehungsgeschichte. In: Das Mittelmeer – Fauna, Flora, Ökologie, I. Allgemeiner Teil. Hrsg: HOFRICHTER, R., Spektrum Verlag Heidelberg, Berlin, 56-101.
- THIENEMANN, A. (1939) : Grundzüge der allgemeinen Ökologie. Arch. Hydrobiol. 35, 267-285.
- VALENTIN, C. (1986): Faszinierende Unterwasserwelt des Mittelmeeres. Pacini Editore.
- VELTE, F. (1996): Putzverhalten beim Grauen Lippfisch *Symphodus cinereus* (Labridae, Teleostei). Z. Fischkunde Band 3, Heft 2, 205-210.
- VILCINSKAS, A. (1996): Meeresfische Europas. Naturbuch Verlag.
- WAHLERT, G. VON & WAHLERT, H. VON (1961): Le comportement de nettoyage de *Crenilabrus melanocercus* (Labridae) en Méditerranée. Vie Milieu 12, 1–10.

---

WAHLERT, G. VON & WAHLERT, H. VON (1962): Beobachtungen und Bemerkungen zum Putzverhalten von Mittelmeerfischen. Veröffentlichungen des Inst. f. Meeresforschung in Bremerhaven 8, 71-77.

WARNER, R. R. & LEJEUNE, P. (1985): Sex change limited by paternal care: a test using four Mediterranean labrid fishes, genus *Symphodus*, Marine Biology 87, 89-99.

WEHNER, R., GEHRING, W. (1990): Zoologie. 22. Auflage. Thieme Verlag.

WHITEHEAD, P. J. P., BAUCHOT, M.- L., HUREAU, J.- C., NIELSEN, J., TORTONESE, E. (1984): Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean Volume I-III. Unesco.

WICKLER, W. (1963): Zum Problem der Signalbildung, am Beispiel der Verhaltensmimikry zwischen *Aspidontus* und *Labroides* (Pisces: Acanthopterygii). Zeit. Tierpsych. 20, 657-679.

WICKLER, W. (1968): Mimikry. München: Kindler.

WIRTZ, P. (1995): Krebs-Seeanemonen-Symbiosen bei Madeira. Natur u. Museum 125, 137-142.

YOUNG, C. M. (1996): Wrasse as cleaner fish: The Shetland Experience. In: SAYER, TREASURER, COSTELLO: Wrasse Biology and use in aquaculture. Oxford, Blackwell, 204-210.

YOUNGBLUTH, M. G. (1968): Aspects of the ecology of the cleaning fish, *Labroides phtirophagus*. Zeitschrift für Tierpsychologie 25, 915-932.

ZANDER, C. D., HEYMER, A. (1976): Analysis of Ecological Equivalentents Among Littoral Fish. In: Biology of Benthic Organisms. Edited by KEEGAN, B. F., CEIDIGH, P. O. and BOADEN, P. J. S.. Pergamon Press, 621-630.

ZANDER, C. D., MEYER, U. & SCHMIDT, A. (1999): Cleaner fish symbioses in European and Macronesian waters. In: Behaviour and Conservation of Littoral Fishes, Ed. by ALMADA, V. C., OLIVIERA, R. F., GONCALVES, E. J., Lissabon (ISPA), 397-422.

ZANDER, C. D. & NIEDER, J. (1997): Interspecific associations in Mediterranean fishes: Feeding communities, cleaning symbioses and cleaner mimics. Vie Milieu 47, 203-212.

---

ZANDER, C. D. (1995): The distribution and feeding ecology of small-size epibenthic fish in the coastal Mediterranean Sea. In: *Biology and Ecology of shallow coastal waters*. Edited by ELEFATHERION, A., ANSELL, A. D. & SMITH, C. J., Olsen & Olsen, Fredensborg, 369-376.

ZANDER, C. D. (1997): *Parasit-Wirt-Beziehungen. Einführung in die ökologische Parasitologie*. Springer.

ZANDER, C. D. & SÖTJE, I. (2002): Seasonal and geographical differences in cleaner fish activity in the Mediterranean Sea. *Helgol. Mar. Res.* 55, 232-241.

ZANDER, C. D. (2001): Ökologie, In: *Das Mittelmeer – Fauna, Flora, Ökologie*, I. Allgemeiner Teil, Hrsg: HOFRICHTER, R., Spektrum Verlag Heidelberg, Berlin, 424–457.

ZANDER, C. D. (2003): Eine Fressgemeinschaft von Fischen an Hartböden des Mittelmeers. *Zeitschrift für Fischkunde* 6, 99-105.

ZAHAVI, A. & ZAHAVI, A. (1997): *The handicap principle*. Oxford University Press, Oxford.

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
A1 – A4	Putzerfisch Attrappen 1 -4
F	Frühjahr
H	Herbst
MAW	modified atlantic water
Oberfl.	Oberfläche
r	Korrelationskoeffizient
S	Sommer
s	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
TL	Totallänge
undef.	undefiniertes (Geschlecht)
W	Winter
(W)	Wirtsspektrum von <i>Symphodus melanocercus</i>
$\bar{x}$	Mittelwert



## **Danksagung**

An erster Stelle danke ich Herrn Prof. Dr. C. D. Zander für die Anregung und Anleitung zu diesem faszinierenden Thema, für die ständige Betreuung und Diskussionsbereitschaft und die Bereitstellung zahlreicher Literatur.

Herrn Prof. Dr. Parzefall danke ich für die Übernahme des Zweitgutachtens.

Mein großer Dank gilt Herrn Dr. Claus Valentin sowie den Mitarbeitern des Instituts für Marine Biologie auf der Insel Giglio (Italien), Dr. Iris Schmidt und Reiner Krumbach, ohne die die Umsetzung der Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Sie unterstützten mich bei den praktischen Arbeiten und boten mir ständige Diskussionsbereitschaft.

Bedanken möchte ich mich bei Frau Ledebur-Kintrup vom Walter-Gropius-Berufskolleg TBS 2, Abteilung Präparatorentechnik, für die Anfertigung der Putzerfisch-Attrappen.

Danken möchte ich auch allen denen, die mich während der zweieinhalbjährigen Feldarbeiten und auf zahlreichen Tauchgängen unterstützt und begleitet haben. Hervorheben möchte ich dabei Herrn Dipl.-Biol. Thomas Hülsken und Herrn Dipl.-Biol. Janek von Byern.

Herrn Steffen Zimmermann und Herrn Ulrich Merkel danke ich für die Unterstützung bei der Unterwasser-Fotografie und die Bereitstellung einzelner Unterwasserfotos.

Für die kritische Durchsicht meines Manuskriptes und die anschließende anregende Diskussion danke ich Herrn Dr. Claus Valentin, Frau Dr. Ilka Sötje, Frau Dr. Nery Josten und Herrn Dipl.-Biol. Janek von Byern.

Herrn Dirk Urban danke ich für die Unterstützung bei der digitalen Fotobearbeitung.

Mein herzlicher Dank gilt Lars Meins und Andreas Mertel, die meine ständigen Ansprechpartner bei EDV-Problemen waren sowie Nadja Pohl und meiner Schwester Tatjana Detloff, die mir beim Korrekturlesen eine große Hilfe waren.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinen Eltern für die langjährige Unterstützung während des Studiums und der Zeit der Promotion bedanken.