

**Untersuchungen zur Populationsbiologie und Nahrungsökologie  
von Cephalopoden der Nordsee  
und ihr Einfluss auf die (Fisch)-Fauna**

**Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

**Vorgelegt von  
Daniel Oesterwind,  
Kiel, 2011**

**Referent: Prof. Dr. Heinz Brendelberger**  
**Koreferent: Prof. Dr. Günther B. Hartl**

**Tag der mündlichen Prüfung: 11.04.2011**  
**Zum Druck genehmigt: 11.04.2011**

**gez. Prof. Dr. Lutz Kipp, Dekan**



*„Wenn ein Taucher die Augen eines großen Kraken auf sich gerichtet sieht, empfindet er eine Art Respekt, so als begegne er einem sehr klugen, sehr alten Tier“*

Jacques-Yves Cousteau,

französischer Meeresforscher

(\* 11. Juni 1910 in Saint-André-de-Cubzac; † 25. Juni 1997 in Paris)

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
Zusammenfassung	3
Summary	5
<b>Vorwort</b>	7
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Populationsbiologie der Nordsee-Tintenfische</b>	
<b>1.1 Einleitung</b>	
Populationsbiologie der Nordsee-Tintenfische	10
<b>1.2 Material und Methoden</b>	
1.2.1 Fangmaterial und Fangmethode	13
1.2.2 Bearbeitung der Tintenfische	15
1.2.3 Erstellung der Verbreitungskarten	17
1.2.4 Populationsgrößenberechnung	18
1.2.5 Kohortenanalyse und weitere statistische Verfahren des ersten Kapitels	19
1.2.6 Bestandsentwicklung der Tintenfische	20
<b>1.3 Ergebnisse</b>	
1.3.1 Artenliste und Fangmenge	21
1.3.2 <i>Alloteuthis subulata</i>	23
1.3.3 <i>Loligo forbesi</i>	33
1.3.4 <i>Loligo vulgaris</i>	42
1.3.5 <i>Todaropsis eblanae</i>	49
1.3.6 <i>Illex coindetii</i>	55
1.3.7 <i>Todarodes sagittatus</i>	61
1.3.8 Sepiolidae	66
1.3.8.1 <i>Sepiola atlantica</i>	68
1.3.8.2 <i>Sepietta oweniana</i>	72

1.3.8.3 <i>Rossia macrosoma</i>	75
1.3.9 <i>Sepia elegans</i> & <i>Sepia officinalis</i>	78
1.3.10 <i>Eledone cirrhosa</i>	79
1.3.11 Bestandsentwicklung der Tintenfische	81
<b>1.4 Diskussion</b>	
Populationsbiologie der Nordsee-Tintenfische	83
1.4.1 Allgemein	84
1.4.2 <i>Alloteuthis subulata</i>	86
1.4.3 <i>Loligo forbesi</i>	91
1.4.4 <i>Loligo vulgaris</i>	95
1.4.5 <i>Todaropsis eblanae</i>	97
1.4.6 <i>Illex coindetii</i>	99
1.4.7 <i>Todarodes sagittatus</i>	102
1.4.8 <i>Sepiolidae</i>	103
1.4.8.1 <i>Sepiola atlantica</i>	104
1.4.8.2 <i>Sepietta oweniana</i>	106
1.4.8.3 <i>Rossia macrosoma</i>	107
1.4.9 <i>Sepia elegans</i> & <i>Sepia officinalis</i>	109
1.4.10 <i>Eledone cirrhosa</i>	110
1.4.11 Bestandsentwicklung der Tintenfische	111
<b>1.5 Zusammenfassung</b>	
Populationsbiologie der Nordsee-Tintenfische	113

## Kapitel 2

### Nahrungsökologie der Nordsee-Tintenfische

#### 2.1 Einleitung

Nahrungsökologie der Nordsee-Tintenfische	116
---	-----

#### 2.2 Material und Methoden

2.2.1 Allgemeine Statistik	118
2.2.2 Optische Mageninhaltsanalyse	118
2.2.3 Messung der stabilen Isotope	120
2.2.4 Berechnung der Trophieebenen	121
2.2.5 Möglicher Einfluss zweier Tintenfischarten im Nahrungsnetz	122

#### 2.3 Ergebnisse

2.3.1 <i>Alloteuthis subulata</i>	125
2.3.2 <i>Loligo forbesi</i>	138
2.3.3 <i>Loligo vulgaris</i>	154
2.3.4 <i>Todaropsis eblanae</i>	156
2.3.5 <i>Illex coindetii</i>	162
2.3.6 <i>Todarodes sagittatus</i>	165
2.3.7 <i>Sepiola atlantica</i>	169
2.3.8 <i>Sepietta oweniana</i>	172
2.3.9 <i>Rossia macrosoma</i>	173
2.3.10 <i>Sepia elegans</i> & <i>Sepia officinalis</i>	175
2.3.11 <i>Eledone cirrhosa</i>	176
2.3.12 Berechnung der Trophieebenen	176
2.3.13 Möglicher Einfluss zweier Tintenfischarten im Nahrungsnetz	
2.3.13.1 <i>Alloteuthis subulata</i>	180
2.3.13.2 <i>Loligo forbesi</i>	185

#### 2.4 Diskussion

Nahrungsökologie der Nordsee-Tintenfische	193
---	-----

2.4.1 Allgemein	193
2.4.2 <i>Alloteuthis subulata</i>	197
2.4.3 <i>Loligo forbesi</i>	200
2.4.4 <i>Loligo vulgaris</i>	203
2.4.5 <i>Todaropsis eblanae</i>	205
2.4.6 <i>Illex coindetii</i>	206
2.4.7 <i>Todarodes sagittatus</i>	208
2.4.8 <i>Sepiola atlantica</i>	209
2.4.9 <i>Sepietta oweniana</i>	210
2.4.10 <i>Rossia macrosoma</i>	211
2.4.11 <i>Sepia elegans</i> & <i>Sepia officinalis</i>	211
2.4.12 <i>Eledone cirrhosa</i>	212
2.4.13 Berechnung der Trophieebenen	212
2.4.14 Möglicher Einfluss zweier Tintenfischarten im Nahrungsnetz	213
<b>2.5 Zusammenfassung</b>	
Nahrungsökologie der Nordsee-Tintenfische	217
<b>Ausblick</b>	
<b>Literaturverzeichnis</b>	220
<b>Anhang</b>	
<b>Danksagung</b>	242
<b>Eidesstaatliche Erklärung</b>	244
<b>Lebenslauf</b>	245

**Abkürzungsverzeichnis**

$^{13}\text{C}$	Kohlenstoffisotop
$^{15}\text{N}$	Stickstoffisotop
Abb.	Abbildung
Abschn.	Abschnitt
AE	Assimilationseffizient
AMR	Aktive Metabolismusrate
ANOVA	Analysis of Variance (Varianzanalyse)
AV	Assimilationsverlust
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Cefas	Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science, England
cm	Zentimeter
DML	dorsale Mantellänge
E	Ivlev-Selektions-Index
ED	Energiedichte ( $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ )
FFS	Fischereiforschungsschiff
FK	Forschungskutter
FS	Forschungsschiff
GOV	Grand Overture Verticale (Standardnetz für das IBTS Survey)
GSBTS	German Small-Scale Bottom Trawl Surveys
GW	Gesamtwachstum
IBTS	International Bottom Trawl Survey
ICES	The International Council for the Exploration of the Sea (Internationaler Rat für Meeresforschung)
IDW	Inverse Distanzwichtung, Methode zur Interpolation
Indiv.	Individuen
IYFS	International Young Fish Survey (Vorgänger vom IBTS)
K	Konsumptionsrate
kg	Kilogramm
KJH	Kabeljauhopper-Netz (das von dem FK Solea verwendete Netz)
$\text{km}^2$	Quadratkilometer
$\text{km}^3$	Kubikkilometer
kW	Kilowatt

KW	Wachstum der Gonaden
m	Meter
MFG	Magenfüllgrad
mg	Milligramm
min	Minute
mm	Millimeter
MR	Metabolismusrate
MW	Mittelwert
NI	„Numerical Importance“-Index
NL	Niederlande
nS	nautische Seemeile
p	P-Wert (Wert, der das Signifikanz Niveau beschreibt)
$p_i$	relative Abundanz der Beutart $i$ in einem definierten Gebiet
psu	Practical Salinity Units (dimensionslose Einheit für Salinität)
RA	Rectangle (vom ICES definierte Seequadrate von $\sim 30 \times 30$ nS)
RE	Recruits (Rekruten)
RFA	Roundfisharea (vom ICES definierte Seegebiete)
$r_i$	im Magen einer Art gefundene relative Abundanz der Beutart $i$
SMR	Standardmetabolismusrate
Stabw.	Standardabweichung
SW	somatisches Wachstum
Tab.	Tabelle
Temp.	Temperatur
TSB	Total Biomass
u.a.	unter anderem
unid	unidentifiziert
vTI	von Thünen-Institut
WGCEPH	ICES Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History

## Zusammenfassung

Zwischen dem Sommer 2007 und dem Winter 2010 konnten im Rahmen des International Bottom Trawl Survey (IBTS) in der Nordsee 178.847 Tintenfische gefangen werden.

Insgesamt konnten 12 verschiedene Arten (*Alloteuthis subulata*, *Loligo forbesi*, *Loligo vulgaris*, *Illex coindetii*, *Todarodes sagittatus*, *Todaropsis eblanae*, *Rossia macrosoma*, *Sepiolo atlantica*, *Sepietta oweniana*, *Sepia elegans*, *Sepia officinalis*, *Eledone cirrhosa*) identifiziert werden.

Die häufigsten Tintenfische waren die Langflossenkalmare *Alloteuthis subulata* (168.162 Exemplare) und *Loligo forbesi* (5.709 Exemplare). Kurzflossenkalmare wie *Todaropsis eblanae* (264 Exemplare), *Illex coindetii* (94 Exemplare) und *Todarodes sagittatus* (51 Exemplare) waren dagegen seltener vertreten.

Die erstellten Verbreitungskarten weisen für *A. subulata* und *L. forbesi* auf typische Verbreitungsgebiete hin. So wurden im Winter die meisten unreifen und reifenden *A. subulata* im zentralen und nördlichen Bereich der Nordsee gefangen, wo sie sich in den tieferen und wärmeren Wassermassen aufhielten. Zum Sommer zogen die reifenden und ausgereiften Tiere südöstlich ins warme, flachere Küstenwasser. Die Ergebnisse deuten somit auf ein Laichgebiet an der Küste und eine Laichperiode im Sommer hin.

*L. forbesi* wurde im Winter am häufigsten in den wärmeren und salzhaltigeren Wassermassen im nördlichen Bereich der Nordsee, nahe der Shetland Inseln gefangen. Im Sommer hingegen kam *L. forbesi* verstreut in der ganzen Nordsee vor. Die Ergebnisse der Reifegradanalyse lassen auf eine winterliche Laichperiode und auf ein Laichgebiet nahe der Shetlands schließen.

Bis auf *L. vulgaris*, der vermehrt im südlichen Nordseebereich vorkam, weisen die anderen untersuchten Arten kein typisches Verbreitungsgebiet vor.

Daten älterer Ausfahrten ergänzt mit den aktuellen Ausfahrten deuten darauf hin, dass die Tintenfischbestände in den letzten Jahren angestiegen sind.

Mit Hilfe zweier Interpolationsverfahren konnte die Gesamtanzahl der in der Nordsee lebenden Tintenfische auf etwa 2,7 Milliarden im Winter und 440 Millionen im Sommer geschätzt werden. Die Bestandsgröße von *A. subulata* beträgt im Winter 2,5 Milliarden und

im Sommer 360 Millionen Exemplare. Die Bestandsgröße von *L. forbesi* ist mit 77 Millionen Exemplaren im Sommer und Winter wesentlich kleiner.

Die Ergebnisse der Mageninhaltsanalyse zeigen eine klare Abhängigkeit zwischen der dorsalen Mantellänge, der Beutezusammensetzung und der Beutegröße.

So ernähren sich die kleineren Tintenfische hauptsächlich von Polychaeten und kleinen Crustaceen. Mit zunehmender Größe werden vermehrt Tintenfische und Fische erbeutet. Unter der Fischbeute konnten kommerziell genutzte Arten wie Kabeljau und Hering identifiziert werden. Dabei ist die Zusammensetzung der Nahrung saisonal und regional unterschiedlich, was wiederum mit der Verfügbarkeit der Beute und der dorsalen Mantellänge in Zusammenhang steht. Mit Hilfe der Messung stabiler Isotope konnten die Tintenfische in das Nahrungsnetz der Nordsee eingeordnet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die Cephalopoden auf der gleichen Trophieebene wie die großen Raubfische der Nordsee eingestuft werden können.

Mit einer berechneten täglichen Konsumption von 133 t Fisch im Sommer und 295 t Fisch im Winter, kann der Bestand von *L. forbesi* einen potentiellen „Top-Down“-Einfluss auf die kommerziell genutzten Fischarten ausüben. So frisst *L. forbesi* 0,6 % der jährlichen Rekrutiererbiomasse von *G. morhua*, 0,3 % vom Schellfisch, 0,4 % vom Stintdorsch und 2,3 % vom Wittling.

*A. subulata* frisst im Winter hauptsächlich Crustaceen (488 t täglich), wohingegen im Sommer vermehrt Fische (106 t täglich) gefressen werden. Aufgrund der kleineren dorsalen Mantellänge werden aber hauptsächlich Gobiiden erbeutet, so dass *A. subulata* keinen direkten Einfluss auf die Rekrutierer wichtiger kommerziell genutzter Arten aufweist.

Die Ergebnisse dieser Arbeit liefern neue Erkenntnisse über die Verbreitung, das Vorkommen, saisonale Wanderungen, potentielle Laichgebiete sowie zur Nahrungsökologie der häufigsten Nordsee Tintenfischen, und zusätzlich grundlegende Informationen für ein wissenschaftliches Assessment und einer möglichen Modellierung des Ökosystems der Nordsee.

## Summary

Between summer 2007 and winter 2010, during ICES International Bottom Trawl Surveys (IBTS) 12 cephalopod species were encountered (*Alloteuthis subulata*, *Loligo forbesi*, *Loligo vulgaris*, *Illex coindetii*, *Todarodes sagittatus*, *Todaropsis eblanae*, *Rossia macrosoma*, *Sepiolo atlantica*, *Sepietta oweniana*, *Sepia elegans*, *Sepia officinalis*, *Eledone cirrhosa*) and a total number of 178 847 cephalopods were sampled in the North Sea. Most abundant were the long-finned squids *Alloteuthis subulata* (168 612 animals) and *Loligo forbesii* (5 709 animals). Short-finned squids such as *Todaropsis eblanae* (264 animals), *Todarodes sagittatus* (51 animals) and *Illex coindetii* (94 animals) were uncommon.

During winter, *A. subulata* individuals, mostly immature and maturing, prefer deeper and warmer waters, followed by a high occurrence in the central and northern parts of the North Sea. In summer, the abundance of *A. subulata*, mostly maturing and mature, increased in the southeastern part suggesting a southward migration to the spawning grounds. At this time *A. subulata* favor shallow warm coastal waters with low salinity. *L. forbesii* individuals, some fully mature, were abundant in the northwestern part of the North Sea during winter indicating spawning areas in this region. The results show, that warmer and deeper waters with high salinity have a positive impact on the occurrence of these animals. In summer, *L. forbesii* individuals, mostly immature, occurred in lower numbers throughout the North Sea and tend to prefer shallower waters.

Short-finned squids show neither in summer nor in winter any distribution patterns and occur more or less throughout the whole North Sea.

Long term data's provide an increase of cephalopod stock size in the last years.

The estimated total number of cephalopods living in the North Sea is 2 700 million in winter and 440 million in summer. The total stock size of *A. subulata* is 2 500 million in winter and 360 million in summer, while the stock size of *L. forbesii* is 77 million in winter and varied between 75 million and 80 million in summer.

Analysed stomach content samples show significant relations between dorsal mantle length and prey size. The larger the cephalopods the greater the prey. Young and small cephalopods feed mainly on crustaceans while in larger sized cephalopods stomachs fish is more and more common.

*L. forbesi* feeds on a total of 0.6 % of *G. morhua*, 0.3 % of *M. aeglefinus*, 0.4 % of *T. esmarkii* and 2.3 % of *M. merlangius* recruits per year. Altogether the daily consumption rate of *L. forbesi* on fish is 133 t in summer and 295 t in winter. In contrast *A. subulata* feeds mainly on fish in winter and mainly on crustaceans in summer. Whereby its daily consumption rate is 488 t of crustaceans in winter and 106 t of fish in summer. The fish prey of *A. subulata* mainly consists of *Gobiidae*.

All in all bigger sized cephalopods have more influence on commercial exploited fish stock than smaller ones. A comparison between estimated population consumption and fish recruitment biomass indicated that some North Sea cephalopods, dependent on area and species, may potentially exert a direct trophodynamic control on the recruitment success of commercial exploited fish species even these species are only a minor prey item of the North Sea squids.

The data provide new information on abundance, distribution, migration, and potential recruitment areas of North Sea cephalopods. In addition this study provides new information about the nutrient ecology of North Sea cephalopods. Together these are important tools for modelling the North Sea ecosystem and for a sustainable use and management of the North Sea.

## Vorwort

Das Untersuchungsgebiet, die Nordsee, ist ein Neben- und Schelfmeer des Nordatlantiks (Abb. 1.1). Mit Ausnahme der nördlichen Nordsee vor Norwegen liegt sie größtenteils auf dem europäischen Kontinentalschelf. Sie umfasst eine Fläche von ca. 600.000 km<sup>2</sup> und eine Wassermenge von etwa 54.000 km<sup>3</sup> (Tardent, 1993) und wird auf drei Seiten durch Land begrenzt: im Westen durch Großbritannien, im Süden durch das mitteleuropäische Festland und im Osten durch die Jütländische Halbinsel, Schweden und Norwegen. Die Nordsee hat eine mittlere Tiefe von etwa 93 m, erreicht aber im Bereich der Norwegischen Rinne auch Tiefen von über 700 m (Ospar, 2000). Der Zufluss von salzhaltigem atlantischen Wasser in die Nordsee erfolgt vornehmlich über die Öffnung zum östlichen Nordatlantik und zu einem geringeren Teil über den flachen Englischen Kanal mit dessen enger Straße von Dover, welche zum Ärmelkanal führt. Diese beiden Verbindungen zum offenen Atlantik, sowie die Verbindung zur Ostsee und die Flussmündungen bestimmen die Temperatur und den Salzgehalt (siehe Anhang Abb. A1) der Nordsee. Das ausströmende Ostseewasser besitzt in Abhängigkeit der Jahreszeit eine Salinität zwischen 8,5 psu und 10 psu und eine Temperatur zwischen 0 °C und 20°C. Das einströmende Atlantikwasser ist dagegen mit 35 psu salzhaltiger und besitzt eine Temperatur zwischen 7 °C und 15 °C (OSPAR, 2000).

Aufgrund der hohen Besiedlungsdichte im Einzugsbereich der Nordsee und den damit verbundenen starken anthropogenen Belastungen, sowie durch den Klimawandel ist eine Veränderung im Ökosystem der Nordsee feststellbar. So können seit Jahren Umweltveränderungen in der Nordsee in verschiedenster Weise nachgewiesen werden. Am einfachsten festzustellen sind die abiotischen Faktoren, wie bspw. die gemittelte Jahrestemperatur, die in den letzten 30 Jahren um etwa 2°C angestiegen ist, und die gemittelte Jahressalinität, die ebenfalls tendenziell ansteigt (Hiddink & Hofstede, 2008; ICES, 2008a). Diese Veränderungen haben wiederum unübersehbare Auswirkungen auf das Ökosystem der Nordsee.

Durch Langzeitbeobachtungen konnte festgestellt werden, dass sich die Zooplanktonzusammensetzung in der Nordsee verändert hat. So dominierte Anfang der sechziger Jahre unter den calanoiden Copepoden noch *Calanus finmarchicus* im Verhältnis zu *Calanus helgolandicus* (Reid et al., 2003), welche sich beide sehr ähneln, aber in ihren Temperaturoptima sowie ihren zeitlichen Entwicklungszyklen

unterscheiden. So bevorzugt *C. finmarchicus* kälteres Wasser als *C. helgolandicus*. Seit Mitte der achtziger Jahre hat sich das Verhältnis zu der Wärme liebenden Art *C. helgolandicus* hin verschoben. Da besonders Copepoden im Nahrungsnetz eine wichtige Rolle für Fischlarven und kleine pelagische Fische spielen, hat dies weitreichende Folgen für die jeweiligen Fischbestände. Durch die Verdrängung von *C. finmarchicus* durch *C. helgolandicus* verlagert sich das Hauptvorkommen der Copepoden vom Frühjahr in den späten Sommer und den juvenilen bzw. den Larven des Kabeljaus steht weniger Nahrung zur Verfügung (Match-Mismatch-Theorie) (Beaugrand et al., 2003). Nicht nur die Artenzusammensetzung des Zooplanktons, sondern auch die Diversität hat sich verändert. So gelangen immer mehr Arten, wie z. B. der subtropische Dinoflagellat *Ceratium hexacanthum* in die Nordsee (Nellemann, 2008).

Im Gegensatz zu den Bestandsrückgängen der „klassischen“ Nordseefische sind in den britischen Gewässern in den letzten 25 Jahren etwa 20 „neue“, südliche, Wärme liebende Fischarten mit einer erhöhten Fangquote festzustellen. Es wird vermutet, dass diese Arten durch die Erwärmung und veränderte Atlantikströmungen nun auch in der Nordsee verweilen können. Hierbei dienen als Beispiele der Seekuckuck, die Gestreifte Meerbarbe, die Viperqueise und der Rote Knurrhahn (Beare et al., 2004).

Für den Rückgang des Nordseekabeljaus sind mehrere Effekte gleichzeitig verantwortlich. So wird vermutet, dass die Bestände aufgrund der Erwärmung in den kälteren Norden wandern, und dass, wie bereits zuvor beschrieben, das Zooplankton mit seiner saisonalen Entwicklung nicht mehr zur Fischlarvenentwicklung passt (Match-Mismatch-Theorie) (Beaugrand et al., 2003; WBGU, 2006).

Neben der Temperaturveränderung, die sowohl einen positiven als auch einen negativen Effekt auf die Fischbestände haben kann, übt zusätzlich die kommerzielle Fischerei einen negativen Effekt auf die Fischbestände in der Nordsee aus. Eines der am besten dokumentierten Beispiele für einen durch Temperatur und Fischerei verursachten Bestandsrückgang liefert der Nordseekabeljau. Dessen Anlandungszahlen sind in den letzten 45 Jahren um ein Drittel (von 128.686 t im Jahr 1963 auf 90.687 t im Jahr 2008) gesunken (ICES, 2009), wobei die Effektivität der Fangflotten und der fischereiliche Aufwand zeitgleich gestiegen sind (u.a. Jennings et al., 1999).

Im Gegensatz dazu stehen die Anlandungen der Tintenfische. Die Anlandungszahlen nehmen weltweit und tendenziell auch im Nordost-Atlantik zu (Anonym, 2011). Als

rein karnivore Tiere besitzen Tintenfische in unseren Weltmeeren und somit auch in der Nordsee eine wichtige ökologische Position. Welchen Einfluss die zuvor beschriebenen Effekte auf die Bestandssituation der Tintenfische in der Nordsee haben und wie sich die Bestände entwickeln werden, ist gänzlich unbekannt.

Eine Bestandszunahme der Tintenfische mit zeitgleicher Bestandsabnahme vieler Fischarten in der Nordsee könnte zu weit reichenden Änderungen des Ökosystems Nordsee führen, deren Folgen noch nicht abzuschätzen sind.

Ein weiterer wichtiger ökologischer Aspekt ist die kommerzielle Nutzung der Tintenfischbestände. Um die Tintenfischressourcen möglichst nachhaltig und Ökosystem verträglich nutzen zu können, müsste in der Nordsee ein Management- bzw. ein wissenschaftliches Assessment entwickelt werden (Pierce et al. 1998; Bellido et al., 2001; Young et al., 2004, 2006), für dessen Umsetzung es bisher allerdings an allgemein wichtigen biologischen Daten fehlt.

In der vorliegenden Promotionsarbeit wurden deshalb zum ersten Mal die Bestände der Tintenfische in der gesamten Nordsee wissenschaftlich erfasst und beschrieben. Dazu wurden im ersten Teil die Tintenfischbeifänge verschiedener Nationen, welche zwischen 2007 und 2010 am International Bottom Trawl Survey (IBTS) teilnahmen, bezüglich ihrer Verbreitung, Bestandsgröße und Bestandsstruktur analysiert. Durch zusätzliche Literaturrecherche und Sichtung alter Fahrtenprotokolle ergibt sich eine Datenserie mit deren Hilfe eine Aussage über die Bestandsentwicklung getroffen werden konnte. Das erste Kapitel liefert somit notwendige Informationen für ein mögliches Management und wissenschaftliches Assessment der Tintenfischbestände, sowie eine Grundlage für das zweite Kapitel, in dem eine mögliche Folge ansteigender Tintenfischbestände im Nahrungsnetz der Nordsee abgeschätzt wird.

Dazu wurden mit Hilfe von Messungen stabiler Isotope und optischen (klassischen) Mageninhaltsanalysen die Tintenfische in die Trophieebenen der Nordsee eingestuft und ihr genaues Beutespektrum bestimmt. Unter Verwendung der erzielten Ergebnisse wurde abschließend der Einfluss der Tintenfische auf das Nahrungsnetz und die Fischfauna der Nordsee abgeschätzt.

## **Kapitel 1**

### **Populationsbiologie der Nordsee-Tintenfische**

#### **1.1 Einleitung**

Die weltweiten Anlandungen von Tintenfischen sind seit den 1950er Jahren von etwa 500.000 Tonnen auf über 4 Millionen Tonnen im Jahr 2007 angestiegen (Anonym, 2011). Dieser Anstieg steht im starken Gegensatz zu den Anlandungszahlen fast aller kommerziell wichtigen Fischarten. Ob sich die Bestandsgrößen der Tintenfische verändert haben kann aber nur spekuliert werden. Steigende Anlandungszahlen alleine können auf keinen Bestandsanstieg deuten, da diese auch auf eine intensivere Befischung und / oder effektivere Fangmethode zurückzuführen sein können. Allerdings könnte ein möglicher Anstieg der Tintenfischbestände einen großen Einfluss auf die Nahrungsketten und somit auch auf die Rekrutierung kommerziell wichtiger Nutzfischarten haben (Caddy & Rodhouse, 1998; Piatkowski et al., 2001; Hunsicker & Essington, 2008) (dazu näheres in Kapitel 2). Fischereilich gesehen spielen Tintenfische in der Nordsee, mit wenigen Ausnahmen im nördlichen Bereich, wie z.B. der schottischen Küste, nur eine untergeordnete Rolle. Sofern es allerdings auch in der Nordsee zu einer Bestandserhöhung kommt, könnten die Tintenfische, die in anderen Gebieten schon kommerziell genutzt werden, in der Nordsee ebenfalls wirtschaftlich interessanter werden. Um die Tintenfischressourcen dann möglichst nachhaltig nutzen zu können, müsste in der Nordsee ein Management- bzw. ein wissenschaftliches Assessment entwickelt werden (Pierce et al. 1998; Bellido et al., 2001; Young et al., 2004, 2006). Für die Umsetzung solcher Pläne werden umfangreiche Daten zur allgemeinen Biologie, Verbreitung, Anlandung und Populationsgröße der einzelnen Tintenfischarten in der Nordsee benötigt.

Seit Anfang der 1990er Jahre veröffentlicht die „ICES Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History (WGCEPH)“ jährliche Berichte über die Entwicklung der Fischerei von Tintenfischen im NO-Atlantik, sowie über die Forschungsergebnisse in diesem Bereich (u.a. ICES, 2010a). Des Weiteren beschäftigen sich seit etwa 20 Jahren mehrere transnationale EU-Projekte ausgiebig mit den Untersuchungen verschiedener

Tintenfischbestände im NO-Atlantik sowie im Mittelmeer. Diese Projekte und die Arbeiten der ICES WGCEPH haben das Wissen über die Biologie, Verbreitung, Ökologie und Fischerei der kommerziell wichtigsten Arten enorm erweitert (Pierce et al., 2010; Hastie et al., 2009a).

Die meisten Arbeiten im Bereich der Nordsee konzentrieren sich auf die Langflossenkalmare in den schottischen Gewässern oder Sepien und Langflossenkalmare im Englischen Kanal, wo diese Arten hauptsächlich fischereilich genutzt werden. Erste veröffentlichte Fischereidaten über *Loligo forbesi* stammen aus den 60er- und 70er-Jahren (Thomas, 1969; Thomas & Davidson, 1972; Holme 1974; Howard, 1979). Weitere Arbeiten über Lebenszyklus, Bestandsstrukturen, Reproduktion und Rekrutierung sowie über frühe Lebensstadien folgten (Lum-Kong et al., 1992; Pierce et al., 1994a, 1998; Boyle et al., 1995; Collins et al., 1999, 2002; Hastie et al., 2009a, 2009b).

Aktuelle Arbeiten in der Nordsee konzentrieren sich auf die Verbreitung, saisonale Wanderungen und saisonales Vorkommen einzelner Arten, gekoppelt mit ozeanographischen Parametern wie beispielsweise der Temperatur (Waluda & Pierce, 1998; Robin & Denis, 1999, Bellido et al., 2001; Pierce & Boyle, 2003; Zuur & Pierce, 2004; Pierce et al., 2008; Viana et al., 2009; Oosterwind et al., 2010). Hingegen sind Arbeiten über die Verbreitung und das Vorkommen außerhalb der schottischen Gewässer und des Englischen Kanals weiterhin sehr rar. Die umfassendsten Arbeiten über die in der gesamten Nordsee und den angrenzenden Gewässern, wie der Ostsee, vorkommenden Tintenfische wurden bereits 1925 und 1958 von Grimpe (1925) und Jaeckel (1958) verfasst. Um diese Informationslücke im zentralen und südlichen Bereich der Nordsee zu füllen, nutzten jüngste Arbeiten den Tintenfischbeifang des „International Bottom Trawl Surveys“ (IBTS) (de Heij & Baayen, 1999, 2005; Zumholz & Piatkowski, 2005; Oosterwind et al., 2010).

Das IBTS ist ein multinationales Langzeit-Monitoring und dient der Überprüfung der demersalen Jungfischbestände in der Nordsee. Für nähere Informationen siehe Kapitel 1.2.1 oder ICES (2006). Der Vorteil der Untersuchung der IBTS-Beifänge gegenüber kommerziellen Fängen ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Ausfahrten und der verschiedenen Daten der unterschiedlichen Schiffe, welche durch die Standardisierung der Fangmethodik erlangt wird. Ein weiterer Vorteil ist der gleich bleibende

fischereiliche Aufwand, der diese Datensätze von den Anlandungszahlen und Datensätzen aus der kommerziellen Fischerei unterscheidet. Daten aus der kommerziellen Fischerei sind immer kritisch zu betrachten, da sie oft ungenau und mit Fehlern behaftet sind (Waluda & Pierce, 1998). Durch die standardisierten Fänge von Forschungsausfahrten können Veränderungen im relativen Vorkommen der Populationsstruktur und Migrationsverhalten erheblich besser festgestellt werden.

Im ersten Kapitel wird zunächst ein Überblick über die gefangenen Arten in der Nordsee gegeben, und anschließend werden die „Populationsstrukturen“ der einzelnen Arten im Sommer und Winter beschrieben und verglichen. Dabei werden Themen wie Längenklassenverteilungen, Kohortenbildung, Geschlechterverhältnisse und Reife, aber auch Längen-Gewichtsbeziehungen und Wachstum behandelt. Die genaue Beschreibung der vorkommenden Populationen im Kapitel 1 dient als Grundlage für die Abschätzung des Einflusses der häufigsten Tintenfischarten am Ende dieser Arbeit.

## 1.2 Material und Methoden

### 1.2.1 Fangmaterial und Fangmethoden

Für die vorliegende Untersuchung konnten Ausfahrten im Winter 2008, 2009 und 2010, sowie im Sommer 2007, 2008 und 2009 von jeweils vier bis sechs Wochen genutzt werden. Bei dem untersuchten Material der Winterausfahrten (Januar/Februar) handelt es sich fast ausschließlich um den Tintenfischbeifang des International Bottom Trawl Surveys (IBTS) des FFS Walther Herwig III (Fischereiforschungsschiff der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, BLE). Dieser alljährliche Survey dient der Untersuchung der demersalen Fischbestände in der Nordsee. Die Ausfahrten mit dem FFS Walther Herwig III sind Teil eines seit vielen Jahren vom Internationalen Rat für Meeresforschung (International Council for the Exploration of the Sea, ICES) koordinierten Monitorings. Sie dienen unter anderem der Erfassung der nachrückenden Jahrgänge der wirtschaftlich wichtigsten Nutzfischarten und einer Beschreibung der hydrographischen Situation in der Nordsee.

Für diese Untersuchungen wird die Nordsee in so genannte Roundfishareas (RFA) und Rectangles (Quadrate von ein Grad Länge x 0,5 Grad Breite, was etwa 30 x 30 nautischen Seemeilen entspricht) eingeteilt. Um die ganze Nordsee zeitnah zu beproben, werden die verschiedenen Rectangles (RA) den 8 verschiedenen Anrainernationen der Nordsee zugeordnet (Abb. 1.1).

Um zu gewährleisten, dass die Daten aller Anrainerstaaten vergleichbar sind, folgen alle Nationen den IBTS-Standards. Darin ist vorgeschrieben, dass das Standard-Bodentrawl (Grande Ouverture Vertical, GOV), welches eine Maschenweite von 20 mm am Steert besitzt, zu verwenden und nur tagsüber zu fischen ist. Jede Schleppfahrt dauert 30 Minuten, wobei die Schiffe mit einer Geschwindigkeit von 4 Knoten über Grund fahren. Weitere Details der IBTS-Standards finden sich im IBTS Manual (ICES, 2006).

Der Gesamtfang auf den oben beschriebenen Winterausfahrten des FFS Walther Herwig III wurde von mir und den Mitarbeitern des Johann Heinrich von Thünen-Instituts sortiert, bevor von mir der Tintenfischbeifang an Bord weiter bearbeitet wurde.

Zusätzlich stand mir im Winter tiefgefrorenes Probenmaterial vom FS Tridens (Forschungsschiff des „Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies“, Ijmuiden, NL), welches ebenfalls am IBTS teilgenommen hat, zur Verfügung.

Das untersuchte Material aus dem Sommer (Juli/August) 2007, 2008 und 2009 stammt zum einem von dem FFS Walther Herwig III und zum anderen von dem FK Solea (Forschungskutter der BLE). Bei diesen Forschungsreisen des FFS Walther Herwig III handelt es sich um kombinierte Reisen, bestehend aus dem IBTS Survey, mit dem Schwerpunkt in der Deutschen Bucht, und dem „German Small-Scale Bottom Trawl Surveys“ (GSBTS). Beim GSBTS werden Dauerbeobachtungsgebiete von 10 x 10 nautischen Seemeilen (sog. Boxen) untersucht. Dabei werden von dem FFS Walther Herwig III in insgesamt sechs Boxen im nördlichen und zentralen Bereich der Nordsee jeweils 21 Hols nach den IBTS Standards mit dem GOV durchgeführt. Zusätzlich werden in jeder Box neun Hols mit einer standardisierten zwei Meter Baumkurre durchgeführt. Die Baumkurre wird zwischen 1,5 und 2 Knoten über den Grund gefahren und besitzt eine Maschenweite von 4 mm am Steert (Ehrich et al., 2007).

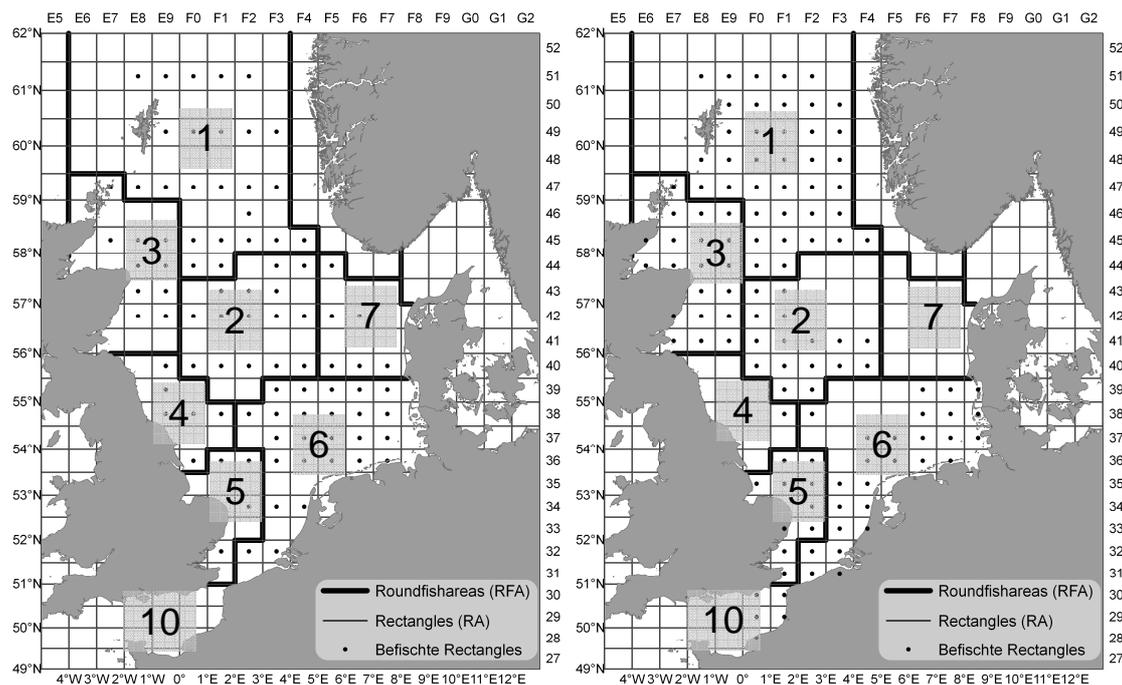
Bei den Reisen des FK Solea handelt es sich ausschließlich um Forschungsreisen des GSBTS. Dabei untersucht der FK Solea im zentralen und südlichen Bereich der Nordsee ebenfalls sechs Boxen mit jeweils 21 Schleppnetzfahrten (Abb. 1.1).

Die Fangmethode ist allerdings im Vergleich zu den IBTS-Standards ein wenig wie folgt modifiziert.

Da der FK Solea mit 42,40 Metern Länge und einer Motorenleistung von 1780 kW kleiner und leistungsschwächer als das FFS Walther Herwig III (64,50 Meter Länge, 2900 kW) ist, wird auf dem FK Solea das Kabeljauhopper-Netz (KJH) verwendet. Im Gegensatz zu einer Öffnungshöhe von 4,5 – 5 Meter des GOV's besitzt das KJH eine Höhe von 3,5 Metern, ist aber im Vergleich mit 23 Metern dafür breiter als das GOV (20 Meter), die Maschenweite beträgt ebenfalls 20 mm am Steert. Für weitere Informationen zum GSBTS und dessen Standards siehe Erich et al. (2007).

Die Tintenfischbeifänge auf dem FFS Walther Herwig III wurden von mir und den Mitarbeitern des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI) aussortiert. Die Tintenfische vom FK Solea wurden von den Mitarbeitern des vTI aussortiert, gefrostet und mir in Hamburg übergeben. Zusätzlich konnten im Sommer die Daten der Tintenfischbeifänge

der Cefas Endeavour (Forschungsschiff des „Centre for Environment, Fisheries & Aquaculture Science“, Lowestoft, England), die ebenfalls am IBTS teilnimmt, genutzt werden. Zur Erfassung der Hydrologie kommt zusätzlich zu den Fischereihols eine CTD-Sonde (Conductivity, Temperature, Depth) (Sea-Bird 911+, Sea-Bird Electronics, Inc. Washington, USA) mit Wasserschöpfern an den Stationen zum Einsatz.



**Abbildung 1.1**  
Untersuchungsgebiet mit den bearbeiteten Roundfishareas (1 – 7, 10) und den befischten Rectangles im Sommer (links) und Winter (rechts).

### 1.2.2 Bearbeitung der Tintenfische

Der gesamte Tintenfischbeifang wurde nach den Bestimmungsschlüsseln der FAO (Roper et al., 1984; Jereb & Roper, 2005), wenn möglich noch auf dem Schiff, bis zum Artniveau bestimmt. Anschließend wurde, wenn vorhanden, bei mindestens 50 Tieren pro Art und Hol mit einem Millimeterband die „Dorsale Mantellänge“ (DML), auf einen mm genau vermessen, und das Gewicht mit einer Waage (Mavel, M2000 Series Typ M11), auf 0,1 g genau bestimmt. Nachfolgend wurden die toten Tiere ventral aufgeschnitten, um das Geschlecht, die Reife und den Magenfüllgrad zu bestimmen.

Für die Bestimmung der Geschlechtsreife wurde folgender Schlüssel in Anlehnung an Lipinski (1979) verwendet:

**Männchen**

Juvenil	0	kein Geschlecht erkennbar
Reifend	I	Spermatophorensack mit Lupe erkennbar
	II	Spermatophorensack mit bloßem Auge erkennbar
	III	Spermatophorensack mit weißlicher Struktur
Ausgereift	IV	Spermatophoren im Spermatophorensack und teilweise im Penis
	V	abgelaicht

**Weibchen**

Juvenil	0	kein Geschlecht erkennbar
Reifend	I	Nidamentaldrüsen mit Lupe erkennbar
	II	Nidamentaldrüsen mit bloßem Auge erkennbar
	III	erste Eier im Ovar sind sichtbar
Ausgereift	IV	Ovar voll mit Eiern
	V	abgelaicht

Der Magenfüllgrad wurde mit einer Skala zwischen 0-4 bewertet:

0	Magen leer
1	Magen bis 25 % gefüllt
2	Magen über 25 % bis 50 % gefüllt
3	Magen über 50 % bis 75 % gefüllt
4	Magen über 75 % bis 100 % gefüllt

Anschließend wurde den toten Tieren der Magen entnommen und dieser in 70 %igem Ethanol konserviert.

Tiere, die nicht direkt auf dem Schiff bearbeitet werden konnten, so auch die Tiere die von den Niederländern gefangen wurden, wurden zunächst bei minus 40°C gefrostet und

anschließend am Zoologischen Institut der Christian Albrechts Universität zu Kiel wieder aufgetaut und wie oben beschrieben bearbeitet.

So wurden aus den insgesamt sechs Ausfahrten mit dem FFS Walther Herwig III und dem zusätzlichen Material des FS Tridens 14.590 Tiere von mir bearbeitet. Zusätzlich wurden 3.810 Tiere von dem FK Solea in von mir betreuten Semester- oder Bachelorarbeiten untersucht.

Nicht bei jedem Exemplar konnten alle Daten aufgenommen werden. So weicht z.B. die Anzahl der gemessenen DML bei manchen Arten von der Anzahl der Geschlechter ab. Dies war der Fall, wenn z.B. nur der Mantel gefunden wurde oder die Tiere innerlich stark verletzt waren. Umgekehrt gab es Fälle, bei denen der Mantel so stark beschädigt war, dass keine DML gemessen werden konnte, wohingegen die inneren Organe noch sehr gut zu erkennen waren.

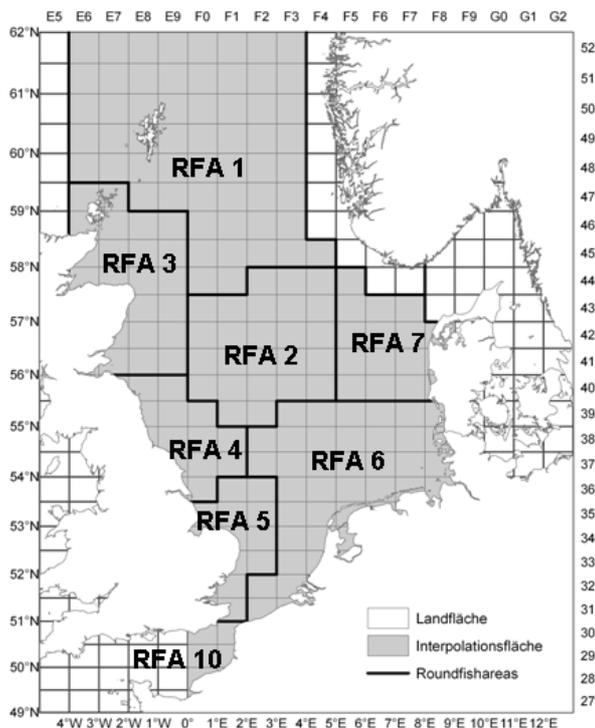
### **1.2.3 Erstellung der Verbreitungskarten**

Zur Erstellung aller Karten wurde das Program ArcGis 9.3.1 (Environmental Systems Research Institute, USA) verwendet. Die Shapefiles für die Darstellung der Karten wurden mir vom vTI in Hamburg zur Verfügung gestellt und von mir leicht verändert übernommen. Bei den Verbreitungskarten wurden nur die beim IBTS erhobenen Daten verwendet. Zusätzlich zu den Daten des FFS Walther Herwig III konnten die Daten des FS Tridens der Niederländer im Winter, und im Sommer die Daten der CEFAS Endeavour der Engländer verwendet werden. Da die jeweilige Schleppnetzfahrt repräsentativ für den jeweiligen Rectangle ist, in dem sie unternommen wurde, wurden wie beim IBTS die Datenpunkte mittig des beprobten Rectangles gesetzt und nicht die „Schlepp“ GPS Position verwendet. Die Fangdaten wurden zuvor in Anzahl gefangener Tiere pro 60 minütiger Schleppzeit umgerechnet. Wenn mehr als ein Hol in einem Rectangle durchgeführt wurde, wurde die Gesamtanzahl der gefangenen Tiere pro Stunde durch die Anzahl der Hols dividiert. Die Abbildung 1.1 zeigt die beprobten Rectangles des FFS Walther Herwig III und des FS Tridens im Winter, sowie die untersuchten Rectangles des FFS Walther Herwig III und des Cefas Endeavour im Sommer.

## 1.2.4 Populationsgrößenberechnung

Um die Populationsgröße zu bestimmen, wurden die von mir ermittelten Fangdaten des FFS Walther Herwig III aus dem Sommer und Winter, sowie ergänzend die erhaltenen Fangdaten des CEFAS Endeavour (Sommer) und des FS Tridens (Winter) genutzt. Alle drei Schiffe beteiligten sich am IBTS und folgten somit den IBTS-Standards (Abschn. 1.2.1). Die Fangdaten der FK Solea wurden bei den Berechnungen der Populationsgröße nicht berücksichtigt, da der FK Solea aufgrund seiner Größe ein anderes Netz verwendete (Abschn. 1.2.1).

Die Fangergebnisse der halbstündigen IBTS Hols wurden in Anzahl gefangener Tiere pro Stunde transformiert. Mit Hilfe des Geographischen Informationssystem ArcGis 9.3.1 (Environmental Systems Research Institute, USA) wurden die Fangergebnisse mit zwei verschiedenen Interpolationsverfahren auf die Nordseeefläche hochgerechnet (Abbildung 1.2), wobei lediglich das Gebiet der Norwegischen Rinne aufgrund der geomorphologischen und hydrobiologischen Sonderstellungen ausgeschlossen wurde.



**Abbildung 1.2**

Ausgewählte Fläche (in grau) für die Berechnungen der Gesamtpopulationsgröße der verschiedenen Tintenfischarten.

Bei beiden Interpolationsverfahren wurde die Rasterskalierung der entsprechenden beprobten Fläche gewählt. Diese setzt sich aus der Schleppnetzgröße, der Geschwindigkeit des Schiffes über Grund und der Zeit der Schleppfahrt zusammen. Dies entspricht etwa 150.000 m<sup>2</sup>, so dass eine Rastergröße von 387,3 x 387,3 Metern gewählt wurde.

Zur Interpolation wurde sowohl die „Kriging“- als auch die „Inverse Distanzgewichtung“-Methode (IDW) verwendet (ArcGis 9.3.1; Spatial Analyst; Environmental Systems Research Institute, USA) (Childs, 2004). Die IDW-Methode ist eine auf Distanz basierende Methode, bei der verschiedene Distanzen unterschiedlich in die Schätzung einfließen. Der Einfluss der Distanzgewichtung kann dabei über den Distanzgewichtungsexponenten fein gesteuert werden. Je höher der Exponent gewählt wird, desto mehr beeinflussen die Messwerte der umliegenden Punkte das Ergebnis. Dabei ist eine richtungsabhängige Gewichtung allerdings nicht möglich.

Die Kriging-Methode basiert auf der regionalisierten Variablentheorie, die davon ausgeht, dass die räumliche Variation in dem durch die z-Werte repräsentierten Phänomen auf der gesamten Oberfläche statistisch homogen ist. Bei beiden Methoden wurde jedoch die Standardeinstellung verwendet.

### **1.2.5 Kohortenanalyse und weitere statistische Verfahren des ersten Kapitels**

Um festzustellen, ob es bei den Langflossenkalmaren *Loligo forbesi* oder *Alloteuthis subulata* zu mehreren Rekrutierungsereignissen im Jahr kommt oder inwiefern die Wassertemperatur einen Einfluss auf das Wachstum hat, wurden Kohortenanalysen durchgeführt.

Für die Kohortenanalysen wurde das Programm FISAT II 1.2.2 (FAO-ICLARM stock assessment tools II) (Gayani et al., 2006) verwendet. Für die Analyse wurden die Arten *A. subulata* und *L. forbesi* in Längensklassen nach Weibchen mit Juvenilen, sowie nach Männchen mit Juvenilen aufgeteilt. Die dazu verwendete Klasseneinteilung betrug 5 mm. Zur Identifizierung der Kohorten wurde die Bhattacharya-Methode (Bhattacharya, 1967) verwendet.

Für weitere Untersuchungen wurden die Software-Pakete *R-Statistic* (version 2.9.2; R Development Core Team, 2009), *SigmaStat 3.1* (Systat Software Inc., Point Richmond, CA), *GraphPadInStat 3* (GraphPad Software, Inc., San Diego California, USA), sowie *Excel* (Microsoft Corporation, Redmond, USA) und deren Standardmethoden (insbesondere ANOVA's und t-Test) verwendet. Sofern die Daten nicht normalverteilt waren, was insbesondere bei den DML-Untersuchungen aufgrund der Kohortenbildung der Fall war, wurden nicht parametrische Tests, wie die Spearman Rangkorrelation und der Mann-Whitney Rangsummentest, angewendet.

### **1.2.6 Bestandsentwicklung der Tintenfische**

Um zu erkennen, inwiefern sich die Bestandssituation der Tintenfische in der Nordsee verändert oder verändert hat, wurden die in dieser Arbeit erzielten Fänge mit Ergebnissen anderer Arbeiten ergänzt. Zusammen mit den veröffentlichten Daten von de Heij & Baayen (2005) ergibt sich eine Datenserie von 1996 bis 2010 für die IBTS-Ausfahrten der FS Tridens. Mit Daten aus verschiedensten Facharbeiten ergibt sich für die Walther Herwig III IBTS-Ausfahrten eine Datenserie von 1999 bis 2010. Die Fangdaten wurden pro 30 min Hol in Excel (Microsoft Corporation, Redmond, USA) dargestellt.

Um zusätzliche Informationen in die Arbeit einfließen zu lassen wurden im Archiv der Seefischerei des Johann Heinrich von Thünen-Instituts in Hamburg die Fahrtberichte der Fischereiforschung der etwa letzten 60 Jahre ausgewertet. So konnten die Daten des IBTS Vorgängers, das International Young Fish Survey (IYFS), welches ebenfalls im ersten Quartal des Jahres (Winter) ausgeführt wurde, analysiert und mit Hilfe von ArcGis 9.3.1 dargestellt werden (siehe Anhang Abb. A2).

## 1.3 Ergebnisse

### 1.3.1 Artenliste und Fangmenge

Die Tabelle 1.1 zeigt die Anzahl der gefangenen Arten der jeweiligen Sommer- und Winterquartale, die beteiligten Schiffe sowie die Anzahl der beprobten Rectangles während der IBTS Reisen. Insgesamt konnten 12 verschiedene Tintenfischarten identifiziert werden. Diese setzen sich aus den folgenden fünf Familien zusammen:

Sepiidae:	<i>Sepia officinalis</i> , <i>Sepia elegans</i>
Sepiolidae:	<i>Sepiola atlantica</i> , <i>Sepietta oweniana</i> , <i>Rossia macrosoma</i>
Loliginidae:	<i>Alloteuthis subulata</i> , <i>Loligo forbesi</i> , <i>Loligo vulgaris</i>
Ommastrephidae:	<i>Illex coindetii</i> , <i>Todarodes sagittatus</i> , <i>Todaropsis eblanae</i>
Octopodidae:	<i>Eledone cirrhosa</i>

Es ist deutlich zu erkennen, dass im Winter mehr Tintenfischarten und Individuen gefangen wurden als im Sommer. Und dies obwohl im Sommer mehr Hols durchgeführt wurden. Allerdings wurden etwa 25 % weniger Rectangles angefahren und beprobt.

Die Vertreter der Loliginidae waren mit 99,45 % die mit Abstand am häufigsten gefangenen Tiere, ihnen folgen Sepiidae (0,316 %), Ommastrephidae (0,231 %) und Octopodidae (0,007 %). Im Winter 2008 und 2009 konnten insgesamt vier *Sepia elegans* (Sepiidae) im nördlichen Bereich der Nordsee gefangen werden. Die Fänge dieser Art in diesem Bereich der Nordsee sind überraschend, da das natürlich beschriebene Verbreitungsgebiet weiter südlich liegt. Vergleicht man die Fangzahlen der Sepiolidae der Sommerfänge mit den Winterfängen, so erkennt man, dass Vertreter dieser Gruppe fast ausschließlich im Winter gefangen wurden.

Betrachtet man den prozentualen Anteil der einzelnen Arten am Gesamtfang, so wurde *A. subulata* mit 94,28 % am häufigsten gefangen. Die zweithäufigste Art war *L. forbesi* (3,19 %), gefolgt von *L. vulgaris* (1,94 %), *S. atlantica* (0,24 %), *T. eblanae* (0,15 %), *I. coindetii* (0,05 %), *S. oweniana* (0,04 %) und *T. sagittatus* (0,03 %). Alle anderen Arten traten im Vergleich seltener als 0,03 % auf. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die

gefangenen Sepiolidae im Winter 2009 von den niederländischen Kollegen auf dem FS Tridens nicht auf Artniveau bestimmt wurden.

Da die Anzahl der Hols durch einige Ausfälle 7 – 8 % (mit Ausnahme des Sommers 2008) voneinander abwichen, ist ein Vergleich mit den einzelnen Surveys und der Anzahl der gefangenen Arten bei den seltenen und nur lokal vorkommenden Arten problematisch. So wurden beispielsweise im Winter 2008 130 Stationen beprobt, während es im Winter 2010 141 Stationen waren (7,8 % Abweichung). Die dabei ausgefallenen Stationen im Winter 2008 befanden sich fast ausschließlich im nördlichen Gebiet der RFA 1, in dem *T. sagittatus* am häufigsten vorkam (Abb. 1.27). Daher ist der anscheinend ansteigende Trend gefangener *T. sagittatus* im Winter, der durch die Tabelle 1.1 erweckt wird, kritisch zu betrachten.

Die Anzahl gefischter *I. coindetii* im Winter 2010 wich stark von der Anzahl der anderen Jahre ab. Während sich im Winter 2008 und 2009 fünf bzw. 15 Tiere dieser Art in den Netzen der Forschungsschiffe befanden, waren es 2010 66 Exemplare, und dies, obwohl das Gebiet, in dem die Tiere gefangen wurden, in allen Jahren gleich häufig beprobt wurde.

Bei den weiträumiger vertretenen und häufiger vorkommenden Arten stellte sich die Problematik der Fangausfälle nicht. Allerdings kann bei diesen Arten, wie z.B. *A. subulata*, kein Trend festgestellt werden. So wurden im Winter 2008 bei 130 Stationen 50.259 *A. subulata* gefangen, während im Winter 2010 bei 141 untersuchten Stationen 37.769 Tiere (~ 25 % weniger) gefangen wurden.

Die Anzahl gefangener *L. forbesi* war im Winter 2008 und 2009 annähernd gleich (688 Exemplare bzw. 648 Exemplare). Im Gegensatz dazu wurden im Winter 2010 mehr als doppelt so viele Tiere gefangen (1.407 Exemplare).

**Tabelle 1.1**

Anzahl gefangener Cephalopoden während der IBTS- und GSBTS-Reisen (2007 – 2010), sowie teilgenommene Schiffe und deren Anzahl an beprobten Rectangles und durchgeführten Hols. WH: FFS Walther Herwig III; En: Cefas Endeavour; Tr: FS Tridens

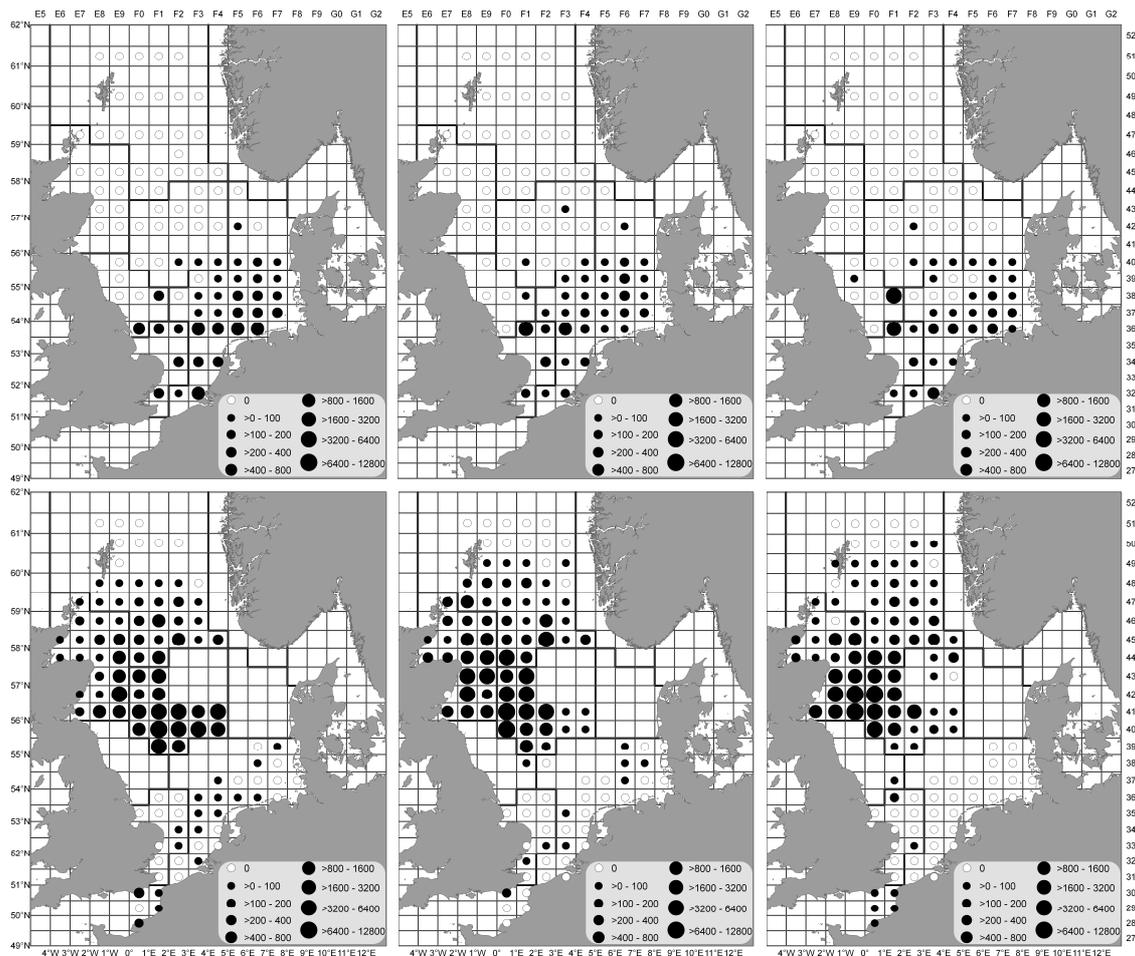
	Sommer 2007		Winter 2008		Sommer 2008		Winter 2009		Sommer 2009		Winter 2010	
	WH	En	WH	Tr	WH	En	WH	Tr	WH	En	WH	Tr
<b>Rectangles</b>	<b>29</b>	<b>72</b>	<b>63</b>	<b>67</b>	<b>24</b>	<b>73</b>	<b>72</b>	<b>56</b>	<b>31</b>	<b>75</b>	<b>74</b>	<b>58</b>
<b>Hauls (30 min)</b>	<b>134</b>	<b>75</b>	<b>63</b>	<b>67</b>	<b>37</b>	<b>75</b>	<b>72</b>	<b>67</b>	<b>150</b>	<b>75</b>	<b>74</b>	<b>67</b>
<b>Sepiidae</b>												
<i>S. elegans</i>	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>S. officinalis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0
<b>Sepiolidae</b>												
<i>S. atlantica</i>	1	0	54	263	1	0	36	-	4	0	50	12
<i>S. oweniana</i>	0	0	46	0	0	0	10	-	0	0	8	3
<i>R. macrosoma</i>	1	0	7	0	0	0	11	-	0	0	4	0
Sepiolidae indet.	-	-	-	-	-	-	-	39	-	-	-	7
<b>Loliginidae</b>												
<i>A. subulata</i>	5.917	3.170	19.471	30.788	2.643	2.410	32.881	27.638	2.228	3.697	19.989	17.780
<i>L. forbesi</i>	707	636	635	53	214	529	570	78	186	694	1.331	76
<i>L. vulgaris</i>	5	0	7	3.228	16	3	5	10	0	0	6	193
Loliginidae indet.	30	0	26	0	4	0	2	0	0	0	0	1
<b>Ommastrephidae</b>												
<i>T. eblanae</i>	24	37	29	15	0	6	32	12	30	21	58	5
<i>T. sagittatus</i>	0	0	2	0	0	0	18	0	5	0	20	6
<i>I. coindetii</i>	3	0	3	0	0	0	15	0	7	0	66	0
<b>Octopodidae</b>												
<i>E. cirrhosa</i>	1	0	3	0	1	0	3	0	2	0	1	2
<b>Total</b>	<b>6.689</b>	<b>3.843</b>	<b>20.285</b>	<b>34.348</b>	<b>2.879</b>	<b>2.948</b>	<b>33.586</b>	<b>27.777</b>	<b>2.462</b>	<b>4.412</b>	<b>21.535</b>	<b>18.085</b>

Nachdem ein Überblick über die Anzahl gefangener Arten gegeben wurde, wird im Folgenden die Populationsstruktur der einzelnen Arten genauer beschrieben.

### 1.3.2 *Alloteuthis subulata*

*A. subulata* ist während allen sechs Reisen am häufigsten gefangen worden (94,28 %; 168.612 Individuen, Tabelle 1.1). Im Winter wurden mit insgesamt 148.547 Tieren weitaus mehr Tiere gefangen als im Sommer (20.065 Tiere). Für die Populationsbeschreibung kann auf 14.962 untersuchte Individuen zurückgegriffen

werden. Nach der Kriging-Methode bestand die Gesamtpopulation im Winter aus 2.544.700.946 Tieren (siehe Anhang Tab. A1 & A2), nach der IDW-Methode aus 2.513.353.552 Tieren. Im Sommer war die Population wesentlich kleiner und bestand aus 363.127.953 Tieren (Kriging-Methode) bzw. 358.406.888 Tieren (IDW-Methode).



**Abbildung 1.3**

*Alloteuthis subulata*. Fanganzahl pro Stunde und Hol der einzelnen Ausfahrten. Erste Reihe von links: Sommer 2007; Sommer 2008; Sommer 2009; Zweite Reihe von links: Winter 2008; Winter 2009; Winter 2010

Die Karten der Abbildung 1.3 deuten auf typische saisonale Verbreitungsgebiete hin. Während im Sommer die meisten Tiere im Süden und südöstlichen Bereich der Nordsee gefangen wurden (RFA 4, 5, 6 und 10) und demnach in den flacheren Regionen bzw. Küstengebieten lebten, wurden dagegen im Winter die meisten Tiere im zentralen und nordwestlichen Bereich der Nordsee gefangen (RFA 2,3 und 4; Abb. 1.2, Tab. 1.2).

**Tabelle 1.2**

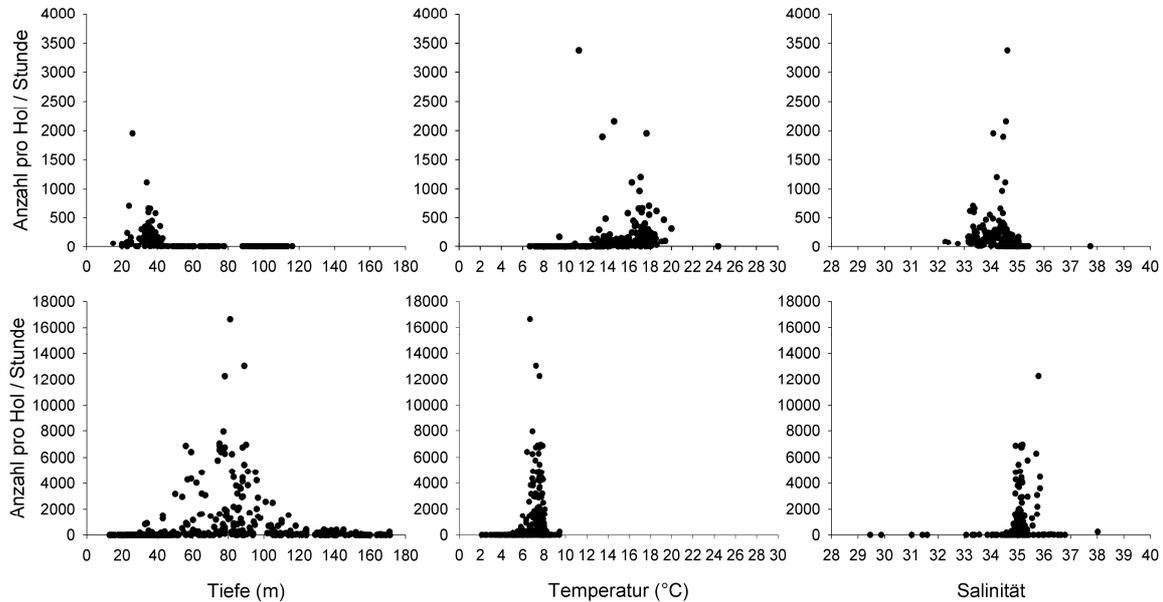
*Alloteuthis subulata*. Berechnete Mittelwerte pro Rectangle und Standardabweichung (Stabw.) für die einzelnen RFAs im Sommer und Winter.

		Mittelwert nach Kriging	Stabw.	Mittelwert nach IDW	Stabw.
Sommer	RFA 1	0	±4	0	±1
	RFA 2	586.911	±1.554.655	475.537	±1.306.878
	RFA 3	0	±0	0	±0
	RFA 4	2.319.292	±3.249.434	2.675.425	±4.201.351
	RFA 5	5.827.498	±3.505.466	5.443.631	±3.774.862
	RFA 6	4.289.131	±3.106.555	4.368.967	±4.051.418
	RFA 7	774.650	±648.276	760.202	±578.329
	RFA 10	3.044.528	±2.485.881	2.341.758	±1.932.327
Winter	RFA 1	3.221.618	±6.347.315	3.296.184	±7.143.547
	RFA 2	45.064.178	±31.320.698	45.251.983	±34.179.125
	RFA 3	19.831.166	±25.091.483	18.924.877	±25.834.614
	RFA 4	34.775.144	±36.100.815	34.938.099	±38.475.726
	RFA 5	121.710	±139.109	108.535	±230.235
	RFA 6	1.589.937	±5.265.402	1.304.458	±4.648.354
	RFA 7	5.387.457	±6.049.349	4.968.409	±5.634.623
	RFA 10	375.155	±330.639	425.059	±498.614

Alle Tiere, die im Sommer gefangen wurden, befanden sich in einer Tiefe zwischen 15 m und 77 m, bei einer Bodenwassertemperatur zwischen 7 °C und 20 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 32,3 psu und 35,1 psu (Abb. 1.4). Dabei traten die meisten Tiere zwischen 20 m und 40 m Tiefe, einer Bodenwassertemperatur zwischen 12 °C und 19 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 33 psu und 35 psu auf. Ein durchgeführter Spearman-Rangkorrelationstest ergab, dass eine größere Tiefe ( $p < 0,001$ ; rho: -0,808) und eine höhere Bodenwassersalinität ( $p < 0,001$ ; rho: -0,750) das Auftreten von *A. subulata* signifikant negativ beeinflusste, während eine erhöhte Bodenwassertemperatur ( $p < 0,001$ ; rho: 0,775) eine signifikant positive Auswirkung auf das Vorkommen von *A. subulata* hatte.

Im Winter wurden alle Tiere zwischen 18 m und 171 m, einer Bodenwassertemperatur zwischen 5 °C und 10 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 33,6 psu und 38 psu gefangen. Allerdings wurden die meisten Exemplare zwischen 55 m und 105 m, einer Bodenwassertemperatur zwischen 6 °C und 8 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 34,8 psu und 35,8 psu gefischt. Dabei hatten eine größere Tiefe ( $p < 0,001$ ; rho: 0,399) und eine erhöhte Bodenwassertemperatur ( $p < 0,001$ ; rho: 0,358) einen signifikant positiven Einfluss auf die Abundanz von *A. subulata*, während die Salinität

des Wassers in Bodennähe ( $p = 0,802$ ;  $\rho: -0,016$ ) keine signifikante Auswirkung auf das Vorkommen der Tiere hatte (Abb. 1.4).



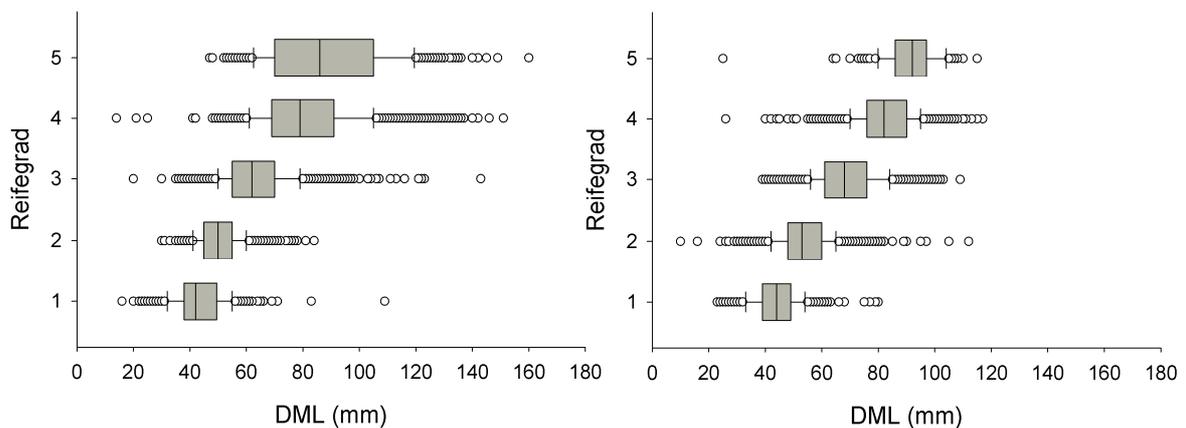
**Abbildung 1.4**  
*Alloteuthis subulata*. Anzahl gefangener *A. subulata* pro Hol und Stunde, aufgetragen gegen die Fangtiefe, Bodenwassertemperatur und Bodenwassersalinität im Sommer (erste Reihe) und Winter (zweite Reihe).

Das Verhältnis der Geschlechter war bei *A. subulata* in allen Jahren und Quartalen beinahe ausgeglichen (Tab. 1.3), wobei die Anzahl der Männchen, mit Ausnahme des Sommers 2008, immer leicht über der Anzahl der Weibchen lag.

**Tabelle 1.3**  
*Alloteuthis subulata*. Anzahl identifizierter Geschlechter, Geschlechteranteil in Prozent sowie Anteil der Reife in Prozent bei den untersuchten Reisen

	Sommer						Winter					
	2007		2008		2009		2008		2009		2010	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Anzahl (n)	1235	1016	1039	1130	1235	1086	1363	1247	1059	954	938	836
Geschl. Verhältnis (%)	54,9	45,1	47,9	52,1	53,2	46,8	52,2	47,8	52,6	47,4	52,9	47,1
Reifegrad (%)												
0	12,8		13,8		8,1		3,6		2,7		6,8	
1	2,9	2,2	2,6	1,9	1,2	2,0	3,7	4,4	5,4	1,8	7,4	2,9
2	5,5	7,3	5,1	10,7	3,4	5,9	8,9	27,8	8,9	31,8	8,5	27,5
3	7,8	10,9	18,4	12,2	14,7	11,9	26,2	13,5	29,0	11,7	27,7	13,1
4	13,2	15,3	14,2	20,0	28,5	22,9	11,6	0,3	7,6	0,8	5,7	0,5
5	18,5	3,7	1,0	0,2	1,1	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0

Im Sommer waren zwischen acht und 14 % (MW: 11 %,  $\pm 3$  %) der gefangenen Tiere juvenil, im Winter waren es zwischen drei und sieben Prozent (MW: 4,4 %,  $\pm 2,2$  %). Reifende Tiere traten im Winter mit 87 bis 89 % am häufigsten auf (MW: 88 %,  $\pm 1$  %), im Sommer hingegen waren es 37 bis 51 % (MW: 42 %,  $\pm 8$  %). Ausgereifte Tiere wurden im Sommer am häufigsten gefangen, der prozentuale Anteil lag bei 35 bis 53 % (MW: 46 %,  $\pm 10$  %), wohingegen der Anteil der ausgereiften Tiere im Winter bei sechs bis 12 % lag (MW: 9 %,  $\pm 3$  %) (Tab. 1.3). Die kleinsten gefangenen Exemplare, bei denen das Geschlecht bestimmt werden konnte (Reifegrad 1), hatten innerhalb der Weibchen eine DML von 23 mm, während sie innerhalb der Männchen 16 mm betrug (Abb. 1.5). Allerdings kann anhand der DML nicht auf den Reifegrad geschlossen werden, da sich die Längensklassen der Tiere der jeweiligen Reifegrade erheblich überschneiden. So traten bspw. Tiere mit einer DML von 50 mm in der Reifeklasse 1-5 auf. Ein Trend, dass die Tiere mit zunehmender Reife auch größer werden ist in Abbildung 1.5 allerdings klar zu erkennen. Der Median der DML der weiblichen Tiere war ab einem Reifegrad von 2 immer etwas größer als der der Männchen, wohingegen die maximale Größe der Männchen ab dem Reifegrad 3 wesentlich größer war (Abb. 1.5).



**Abbildung 1.5**

*Alloteuthis subulata*. Dorsale Mantellänge (DML) pro Reifegrad unterteilt in Männchen (links) und Weibchen (rechts).

Zudem ist vor allem im Winter zu beobachten, dass die Tiere, die in wärmeren RFAs lebten, in ihrer Reife meist weiterentwickelt waren als Tiere in kühleren RFAs (Tab. 1.4). So hatten z.B. die Tiere in der RFA 6 aus dem Winter 2008 einen mittleren Reifegrad von

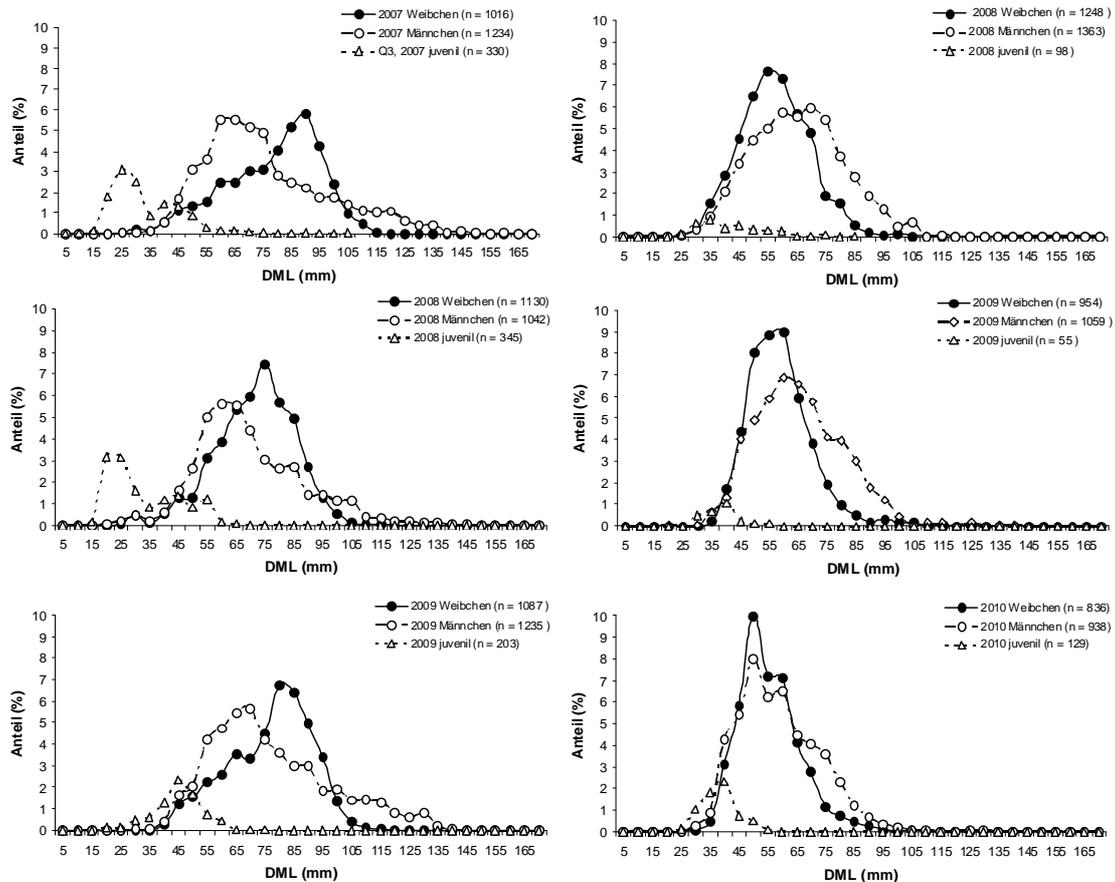
1,6 ( $\pm 1,17$ ), während die Tiere in der RFA 1 einen mittleren Reifegrad von 2,8 ( $\pm 0,88$ ) besaßen. Die durchschnittliche Bodenwassertemperatur lag dabei in RFA 6 bei 6,88 °C ( $\pm 0,77$ ), während sie in RFA 1 im Mittel um 1,05 °C wärmer war (7,93 °C,  $\pm 0,55$ ).

**Tabelle 1.4**

*Alloteuthis subulata*. Mittlere dorsale Mantellänge (DML), mittlere Reife und gemittelte Bodentemperatur in den einzelnen RFAs.

Jahreszeit	RFA	mittlere DML (mm)	Stabw.	mittlere Reife	Stabw.	n	Temperatur °C	Stabw.	n
Winter'08	1	65	$\pm 14,1$	2,80	$\pm 0,88$	1037	7,93	$\pm 0,55$	31
	2	56	$\pm 13,2$	2,30	$\pm 0,86$	1612	7,77	$\pm 0,16$	14
	3	59	$\pm 17,6$	2,40	$\pm 1,06$	562	7,48	$\pm 0,54$	19
	6	53	$\pm 20,1$	1,60	$\pm 1,17$	10	6,88	$\pm 0,77$	23
	10	53	$\pm 19,0$	2,17	$\pm 0,98$	23	8,50	$\pm 0,58$	5
Winter'09	1	61	$\pm 13,0$	2,56	$\pm 0,87$	790	7,61	$\pm 0,45$	39
	2	57	$\pm 13,7$	2,26	$\pm 0,77$	683	6,62	$\pm 0,84$	28
	3	61	$\pm 16,4$	2,55	$\pm 0,91$	581	7,03	$\pm 0,60$	20
	5	53	$\pm 21,6$	1,67	$\pm 1,53$	3	5,21	$\pm 0,84$	11
	6	56	$\pm 8,0$	2,22	$\pm 0,44$	10	4,99	$\pm 1,06$	34
	10	59	$\pm 9,3$	2,73	$\pm 0,67$	27	6,56	$\pm 0,91$	5
Winter'10	1	54	$\pm 12,8$	2,31	$\pm 0,88$	837	7,30	$\pm 0,70$	37
	2	54	$\pm 14,0$	2,10	$\pm 1,09$	658	6,13	$\pm 1,13$	20
	3	56	$\pm 16,1$	2,56	$\pm 0,88$	406	6,94	$\pm 0,42$	19
	10	67	$\pm 18,1$	2,86	$\pm 0,38$	7	6,32	$\pm 0,67$	5
Sommer'07	2	78	$\pm 15,9$	3,59	$\pm 0,97$	27	8,84	$\pm 2,07$	15
	6	70	$\pm 23,8$	3,17	$\pm 1,61$	2374	16,14	$\pm 2,64$	23
	7	67	$\pm 25,3$	2,74	$\pm 1,58$	180	12,38	$\pm 3,94$	6
Sommer'08	2	63	$\pm 24,6$	2,48	$\pm 1,35$	72	8,12	$\pm 1,60$	15
	5	73	$\pm 16,4$	3,16	$\pm 0,98$	285	16,28	$\pm 2,11$	4
	6	62	$\pm 20,4$	2,61	$\pm 1,40$	1787	16,53	$\pm 2,63$	24
	7	65	$\pm 20,9$	2,86	$\pm 1,38$	374	12,91	$\pm 4,90$	6
Sommer'09	2	67	$\pm 25,1$	3,06	$\pm 1,34$	32	12,10	$\pm 1,46$	2
	3	49	$\pm 6,1$	2,00	$\pm 0,00$	3	9,23	$\pm 0,15$	15
	4	76	$\pm 15,1$	2,88	$\pm 1,05$	17	7,54	$\pm 0,04$	16
	6	72	$\pm 19,8$	3,13	$\pm 1,23$	2409	14,30	$\pm 2,71$	35
	7	86	$\pm 18,9$	3,93	$\pm 0,86$	69	8,45	$\pm 1,10$	19

Die Längenklassenverteilungen der Tiere aus dem Sommer unterscheiden sich von denen im Winter insofern, als dass die Kurve der juvenilen Tiere im Sommer größer ist als im Winter. Auch war der prozentuale Anteil der größeren Tiere im Sommer höher als im Winter (Abb. 1.6).



**Abbildung 1.6**

*Alloteuthis subulata*. Längenklassenverteilung (dorsale Mantellänge, DML) von juvenilen, weiblichen und männlichen Individuen in Prozent für die einzelnen Ausfahrten im Sommer (links) und Winter (rechts).

Betrachtet man die Längenklassen geschlechtsspezifisch, so liegt im Winter die Häufigkeitskurve der weiblichen Individuen rechts von der der männlichen Tieren. Der Median der DML der Weibchen war in allen drei Wintern dementsprechend signifikant größer als der Median der Männchen (Mann-Whitney Rangsummen-Test,  $p < 0,001$ ). Im Sommer hingegen ist die Kurve der männlichen Tiere zu der der weiblichen rechts verschoben. Dies bedeutet wiederum, dass die männlichen Individuen größer waren. Der hierzu durchgeführte Mann-Whitney Rangsummen Test belegt diese Vermutung. Der Median der DML der männlichen Tiere war in allen drei Sommern signifikant größer ( $p < 0,001$ ) als der Median der Weibchen.

Im Sommer 2007 und 2008 waren bei den Weibchen vier Kohorten feststellbar (Tab. 1.5). Ihnen folgten in den darauf folgenden Wintern (2008, 2009) jeweils zwei Kohorten. Im Sommer 2009 konnten dagegen mit fünf Kohorten eine Kohorte mehr identifiziert werden, woraufhin im anschließenden Winter 2010 mit vier Kohorten ebenfalls mehr Kohorten als in den Jahren zuvor entdeckt wurden. Bei den männlichen Tieren war die Anzahl der gefundenen Kohorten mit jeweils sechs im Sommer und drei im Winter in allen drei Jahren gleich. Dabei ähnelten sich sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen die Distanzen zwischen den Kohorten und lagen dabei mit wenigen Ausnahmen etwa 20 mm DML auseinander.

**Tabelle 1.5**

*Alloteuthis subulata*. Identifizierte Kohorten, deren Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw.), unterteilt in Geschlecht und Ausfahrt.

Sommer						Winter					
Weibchen + juvenile											
2007 (n: 1346)		2008 (n: 1475)		2009 (n: 1290)		2008 (n: 1346)		2009 (n: 1009)		2010 (n: 965)	
MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.
23	±4	22	±3	32	±5	55	±12	53	±9	32	±4
43	±5	43	±7	44	±4	95	±4	92	±4	47	±8
60	±5	66	±9	63	±10					64	±6
82	±9	90	±5	84	±7					80	±7
				106	±9						
Männchen + juvenile											
2007 (n: 1564)		2008 (n: 1387)		2009 (n: 1438)		2008 (n: 1461)		2009 (n: 1114)		2010 (n: 1067)	
MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.
23	±4	20	±2	20	±4	60	±13	58	±13	45	±7
48	±7	25	±7	45	±7	100	±2	81	±8	66	±10
66	±9	57	±12	65	±9	110	±4	115	±10	93	±7
95	±12	82	±5	86	±7						
121	±7	100	±4	108	±8						
140	±4	121	±8	128	±6						

Generell erreichten die Männchen eine größere DML. Der Mittelwert der 50 größten gefangenen Tiere aller Ausfahrten lag bei den Männchen bei 135 mm (±7 mm) während er bei den Weibchen 107 mm (±4 mm) betrug. Die maximale DML betrug 117 mm für die Weibchen und 160 mm für die Männchen. Wie bereits weiter oben erwähnt, traten dabei die größten Tiere im Sommer auf.

Auch bei der durchschnittlichen DML ist, wie zuvor schon bei der Reife, vor allem im Winter der Trend zu beobachten, dass die Tiere in den wärmeren Gebieten größer werden als in den kälteren RFAs (Tab. 1.4).

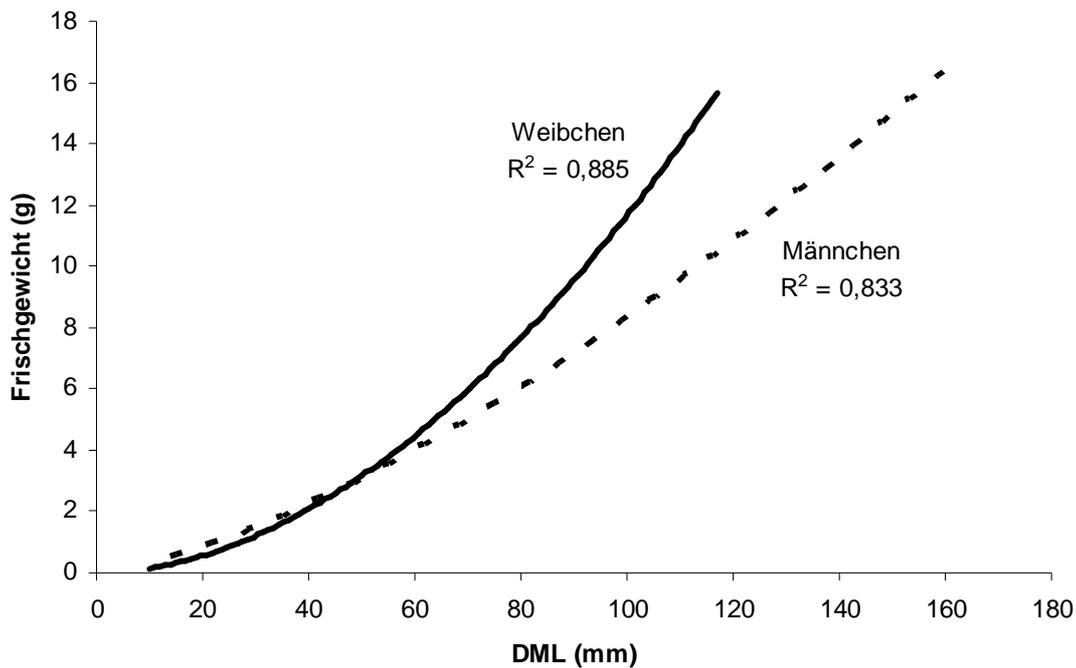
Die Kombination der Ergebnisse der Längensklassenverteilung und der Reifegrade gibt den Anlass zur Vermutung, dass die Weibchen in der ersten Zeit schneller wuchsen als die Männchen, wohingegen die Männchen schneller reiften (Tab. 1.3, Abb. 1.6).

Trägt man das Gewicht gegen die dorsale Mantellänge für Männchen und Weibchen getrennt auf, so sieht man, dass die Weibchen anfänglich leichter waren als die Männchen. Allerdings waren ab 60 mm DML die Männchen schwerer (Abb. 1.7).

Die daraus abgeleiteten Regressionsgleichungen lauten:

$$\text{Männchen: } \text{Gewicht} = 0,011 \text{ DML}^{1,4396}$$

$$\text{Weibchen: } \text{Gewicht} = 0,002 \text{ DML}^{1,8823}$$



**Abbildung 1.7**

*Alloteuthis subulata*. Zusammenhang zwischen Frischgewicht (g) und dorsaler Mantellänge (DML, in mm). Männchen, n = 6835; Weibchen, n = 6248.

Vermutlich stecken die Weibchen zu Beginn ihrer Entwicklung mehr Energie in das Wachstum als in die Reife, wodurch die Weibchen schneller wuchsen und in Bezug auf ihre Größe verhältnismäßig weniger wogen als die Männchen, die anfänglich mehr Energie in die Reife investierten und somit im Verhältnis zu ihrer Größe schwerer wurden.

Später änderte sich das Bild und es kam zu einem typischen Längendimorphismus, der sich dadurch auszeichnete, dass die Männchen größer waren als die Weibchen.

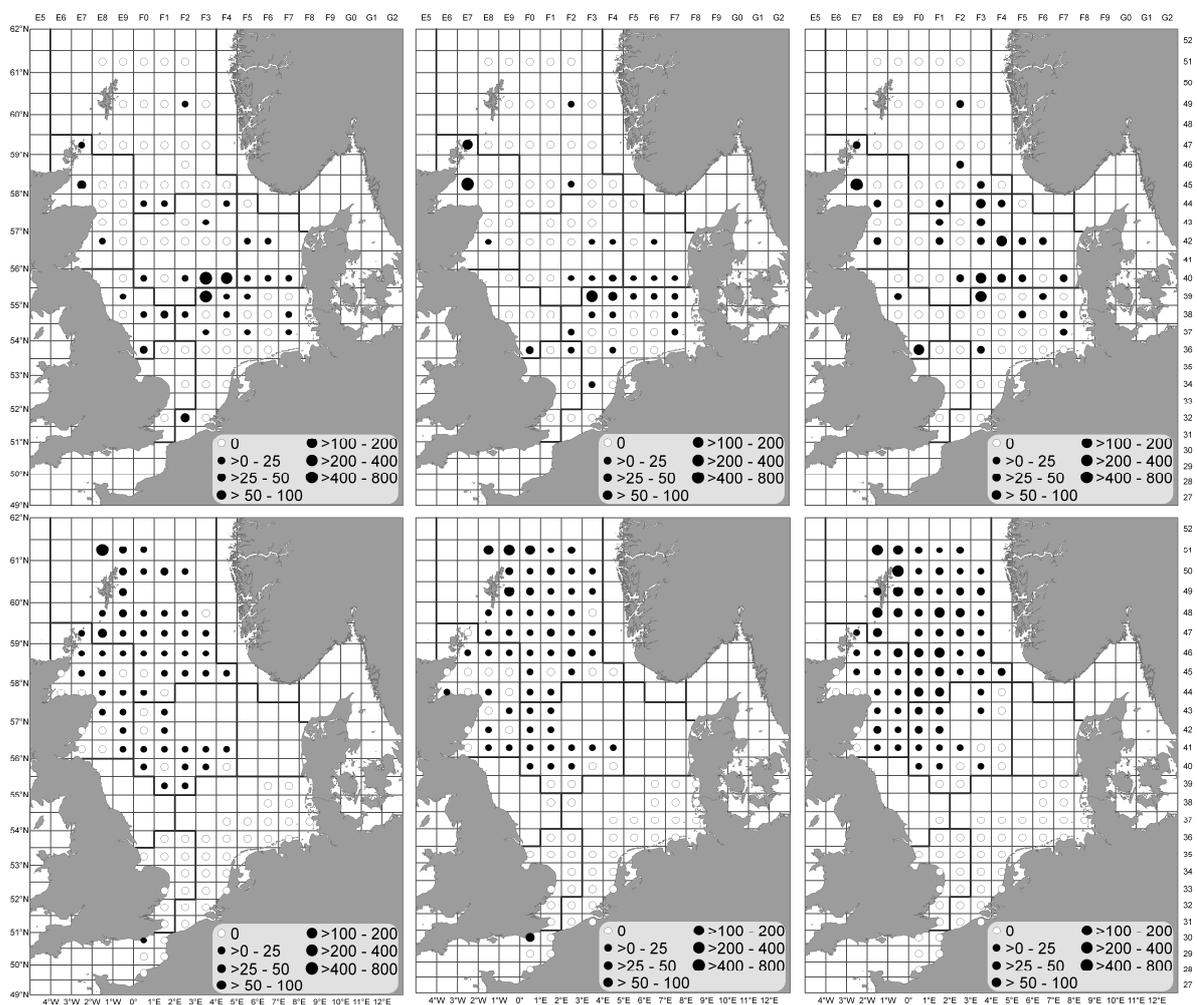
Aufgrund der zuvor erzielten Ergebnisse kann somit zusammengefasst werden, dass *A. subulata* der häufigste Tintenfisch der Nordsee war. Die adulten, großen und laichbereiten Tiere zogen im Sommer in die flacheren und somit auch wärmeren Gebiete im Süden und südöstlichen Bereich der Nordsee zum Laichen. Von dort aus wanderten die jungen, geschlüpften Tiere in den zentralen und nordwestlichen Bereich der Nordsee, wo sie aufwuchsen, um von dort aus wieder zum nächsten Sommer zurück in den süd-, südöstlichen Bereich der Nordsee zu wandern und erneut abzulaichen. Das Geschlechterverhältnis war dabei nahezu ausgeglichen. Diese Ergebnisse decken sich mit den durchgeführten Spearman-Rangkorrelationen, bei denen festgestellt werden konnte, dass *A. subulata* im Sommer flachere und wärmere Gewässer, die eine geringere Salinität aufwiesen, bevorzugte während die Art im Winter tiefere und dadurch wärmere Gewässer präferierte.

Es kann somit der süd- und südöstliche Bereich als Laichgebiet im Sommer und der nord- und nordwestliche Bereich der Nordsee als „Jagdgebiet“ im Winter identifiziert werden.

Aufgrund der Kohortenanalyse, bei der bis zu sechs verschiedene Kohorten identifiziert wurden, lässt sich schließen, dass es sich um eine ausgedehnte Laichperiode handelte. Zudem konnte festgestellt werden, dass die weiblichen Tiere anfänglich schneller wuchsen als die männlichen, letztere hingegen schneller reiften und eine längere DML erreichten.

### 1.3.3. *Loligo forbesi*

*L. forbesi* war mit 3,19 % (5.709 Exemplare) die am zweit häufigsten gefangene Art (Tab. 1.1). Die Anzahl gefangener und untersuchter Exemplare reicht hier ebenfalls aus, um eine genauere Populationsbeschreibung vornehmen zu können. Im Winter wurden mit insgesamt 2.966 Tieren ähnlich viele Tiere wie im Sommer (2.743 Exemplare) gefangen. Davon konnten 2.638 Individuen genauer analysiert werden.



**Abbildung 1.8**

*Loligo forbesi*. Fanganzahl pro Stunde und Hol der einzelnen Ausfahrten. Erste Reihe von links: Sommer 2007; Sommer 2008; Sommer 2009; Zweite Reihe von links: Winter 2008; Winter 2009; Winter 2010.

Die berechnete Gesamtanzahl an *L. forbesi* in der Nordsee betrug im Winter 76.682.348 Tiere (Kriging-Methode) bzw. 78.391.895 Individuen (IDW-Methode). Wie schon aus den Fangzahlen ersichtlich ist, war das Gesamtvorkommen von *L. forbesi* im Sommer fast identisch. Den Berechnungen zufolge lebten im Sommer 75.343.725 (Kriging-Methode) bzw. 80.013.333 Tiere nach der IDW-Methode in der Nordsee. Im Sommer war *L. forbesi* im gesamten Nordseebereich vereinzelt vertreten (Abb. 1.8, Tab. 1.6). Obwohl im Norden, Nordwesten und im zentralen Bereich (RFAs 1, 2 und 3) im Mittel die meisten Tiere gefangen wurden, kann kein klares Verteilungsmuster festgestellt werden. Im Winter hingegen weisen die Karten auf ein typisches Verbreitungsgebiet von *L. forbesi* im Norden, Nordwesten und zentralen Bereich der Nordsee hin (RFA 1, 2 und 3), wobei die meisten Tiere an den Shetlands gefangen wurden.

**Tabelle 1.6**

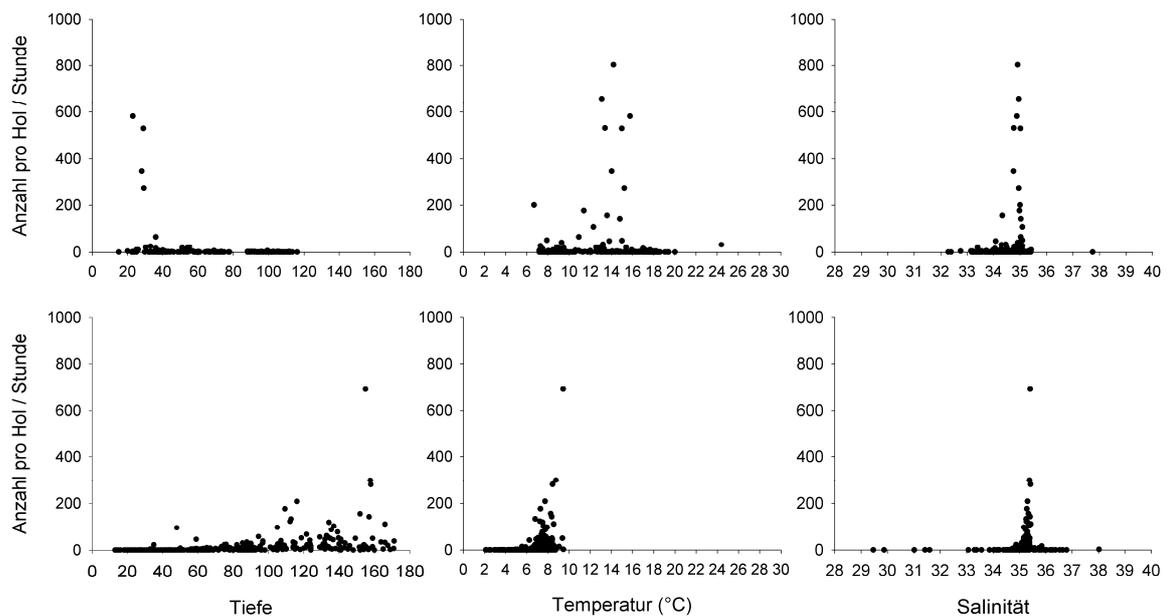
*Loligo forbesi*. Berechnete Mittelwerte pro Rectangle und Standardabweichung (Stabw.) für die einzelnen RFAs im Sommer und Winter.

		Mittelwert nach Kriging	Stabw.	Mittelwert nach IDW	Stabw.	
Sommer	RFA 1	407.704	±784.249	440.934	±984.454	
	RFA 2	822.474	±1.250.582	733.865	±1.045.267	
	RFA 3	607.993	±864.146	800.800	±1.467.062	
	RFA 4	145.514	±128.824	166.631	±182.966	
	RFA 5	78.129	±62.834	56.875	±56.256	
	RFA 6	218.665	±723.844	215.444	±876.807	
	RFA 7	112.540	±48.508	110.770	±56.939	
	RFA 10	84.042	±68.621	97.882	±78.990	
	Winter	RFA 1	1.209.247	±1.303.290	1.234.501	±1.308.073
		RFA 2	130.943	±99.549	133.599	±97.701
RFA 3		114.622	±115.312	114.091	±116.816	
RFA 4		27.188	±34.391	38.488	±45.076	
RFA 5		2.438	±5.426	1.302	±3.126	
RFA 6		1.371	±5.204	2.330	±8.183	
RFA 7		13.839	±27.276	18.583	±35.462	
RFA 10		93.657	±138.313	88.762	±135.646	

Alle im Sommer gefischten Tiere befanden sich in einer Tiefe zwischen 20 m und 112 m, bei einer Bodenwassertemperatur zwischen 7 °C und 24 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 32,8 und 35,4 psu (Abb. 1.9). Dabei traten die meisten Tiere zwischen 20 m und 30 m Tiefe, bei einer Bodenwassertemperatur zwischen 11 °C und 16 °C, sowie einer Bodenwassersalinität zwischen 34 psu und 35 psu auf. Während die

Bodenwassersalinität ( $p = 0,154$ ;  $\rho = -0,069$ ) und die Bodentemperatur ( $p = 0,163$ ;  $\rho = 0,068$ ) keinen statistischen Einfluss auf das Vorkommen von *L. forbesi* hatten, konnte festgestellt werden, dass eine Zunahme der Tiefe einen signifikant negativen Einfluss ( $p < 0,001$ ;  $\rho = -0,262$ ) auf das Auftreten von *L. forbesi* hatte.

Im Winter traten alle Tiere in einer Tiefe zwischen 33 m und 171 m, einer Bodentemperatur zwischen 5 °C und 10 °C, sowie einer Bodenwassersalinität zwischen 34,7 psu und 38,0 psu auf. Die meisten Tiere wurden allerdings bei einer Tiefe von über 100 m, einer Bodentemperatur zwischen 6 °C und 9 °C und einer Bodenwassersalinität von 35,2 psu und 35,4 psu gefangen. Dabei hatten alle drei Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die Abundanz der Tiere, so dass eine größere Tiefe ( $p < 0,001$ ;  $\rho = 0,755$ ), eine höhere Bodentemperatur ( $p < 0,001$ ;  $\rho = 0,543$ ) und eine höhere Bodenwassersalinität ( $p < 0,001$ ;  $\rho = 0,489$ ) das Vorkommen dieser Art positiv beeinflusste (Abb. 1.9).



**Abbildung 1.9**

*Loligo forbesi*. Anzahl gefangener *L. forbesi* pro Hol und Stunde, aufgetragen gegen die Fangtiefe, Bodentemperatur und Bodenwassersalinität im Sommer (erste Reihe) und Winter (zweite Reihe).

Bei allen Ausfahrten, mit Ausnahme der Reisen im Winter 2008 und Winter 2010 bei der das Geschlechterverhältnis fast ausgeglichen war, wurden erheblich mehr männliche als weibliche Tiere gefangen. Dabei schwankte das Verhältnis zwischen 57:43 % und 68:32 % zugunsten der Männchen (Tab. 1.7).

**Tabelle 1.7**

*Loligo forbesi*. Anzahl identifizierter Geschlechter, Geschlechteranteil in Prozent sowie Anteil der Reife in Prozent bei den untersuchten Reisen.

	Sommer						Winter					
	2007		2008		2009		2008		2009		2010	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Anzahl (n)	194	90	74	56	67	36	142	143	169	117	413	377
Geschl. Verhältnis (%)	68,3	31,7	49,8	50,2	56,9	43,1	59,1	40,9	65,0	35,0	52,3	47,7
Reifegrad (%)												
0	25,7		0,8		23,7		19,7		35,7		30,7	
1	25,4	11,3	2,3	1,5	7,4	1,5	5,9	2,3	26,1	7,6	24,8	15,5
2	22,3	12,3	45,8	40,5	39,3	25,2	14,6	20,0	3,4	9,2	4,9	9,0
3	3,3	0,0	1,5	0,8	0,7	0,0	4,8	7,6	1,8	2,7	1,1	3,5
4	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	13,5	10,1	6,5	6,7	5,4	5,0
5	0,0	0,0	6,1	0,0	2,2	0,0	1,1	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0

Der Anteil der gefangenen juvenilen Tiere lag in den drei Wintern zwischen 20 und 37 %, wobei der Mittelwert bei 29 % ( $\pm 8$  %) lag. Während den drei Sommerausfahrten betrug der Anteil zwischen einem und 26 % (MW: 17 %;  $\pm 14$  %). Im Sommer wurden im Mittel 80 % ( $\pm 11$  %) reife Tiere gefangen. Der Anteil bei den einzelnen Ausfahrten lag dabei zwischen 74 und 92 %. Im Winter dagegen betrug der mittlere Anteil reifer Tiere 55 % ( $\pm 4$  %). Somit machten die reifenden Tiere sowohl im Winter als auch im Sommer den größten Anteil der Population aus. Der Anteil ausgereifter erwachsener Tiere war im Verhältnis zu den beiden anderen Gruppen sowohl im Winter mit 10 bis 25 % (MW: 16 %;  $\pm 8$  %) als auch im Sommer mit null bis sieben Prozent (MW: 3 %;  $\pm 4$  %) am geringsten.

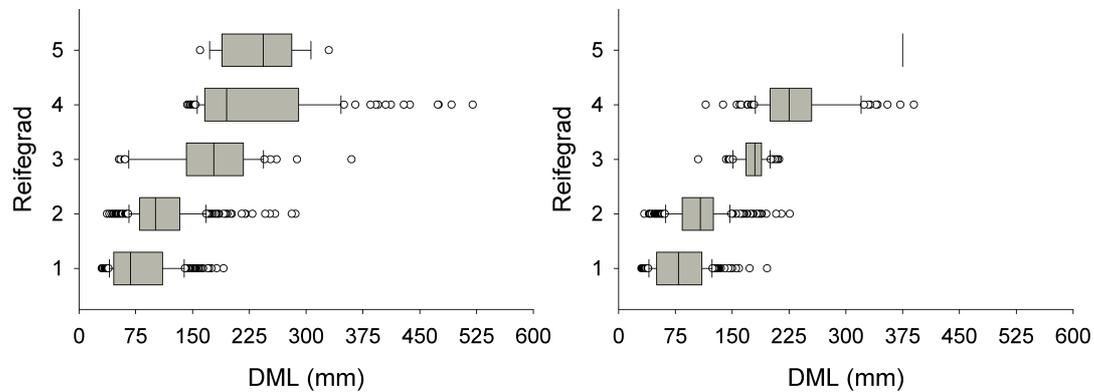
Im Gegensatz zu *A. subulata*, bei denen die Tiere in den wärmeren RFAs reifer waren als in den kälteren, ist ein solcher Trend bei *L. forbesi* nicht zu erkennen. So betrug die Temperatur in der RFA 1 im Winter 2008 durchschnittlich 7,93 °C ( $\pm 0,55$  °C) und war somit wärmer als die RFA 3 (7,48 °C,  $\pm 0,54$  °C). Vergleicht man die mittlere Reife in beiden Gebieten, so war die Reife im kühleren Gebiet höher (3,4  $\pm 1,13$ ) als die im wärmeren Gebiet (1,85;  $\pm 1,36$ ). In der Winterzeit waren die reiferen Tiere tendenziell in den kälteren Gewässern anzutreffen. Im Sommer war dagegen kein Trend zu beobachten (Tab. 1.8).

**Tabelle 1.8**

*Loligo forbesi*. Mittlere dorsale Mantellänge (DML), mittlere Reife und gemittelte Bodentemperatur in den einzelnen RFAs.

Jahreszeit	RFA	mittlere DML (mm)	Stabw.	Reife	Stabw.	n	Temp. °C	Stabw.	n
Winter'08	1	121	±82,5	1,85	±1,36	279	7,93	±0,55	31
	2	183	±85,6	3,05	±1,11	39	7,77	±0,16	14
	3	211	±96,3	3,40	±1,13	45	7,48	±0,54	19
	10	60	-	1,00	-	1	8,50	±0,58	5
Winter'09	1	90	±64,1	1,15	±1,25	409	7,61	±0,45	39
	2	166	±110,4	2,48	±1,87	27	6,62	±0,84	28
	3	173	±116,0	2,36	±1,55	14	7,03	±0,60	20
Winter'10	1	89	±62,1	1,18	±1,17	1002	7,30	±0,70	37
	2	120	±97,0	1,55	±1,53	98	6,13	±1,13	20
	3	118	±104,5	1,88	±1,52	41	6,94	±0,42	19
Sommer'07	1	54	±7,6	1,33	±0,58	3	7,97	±0,38	9
	2	82	±16,8	1,21	±0,74	156	8,84	±2,07	15
	4	57	±11,5	0,93	±0,96	15	8,84	±2,07	15
	6	109	±26,0	1,64	±0,64	101	16,14	±2,64	23
	7	57	±20,2	0,70	±0,85	88	12,38	±3,94	6
Sommer'08	2	80	±30,5	2,04	±0,21	23	8,12	±1,60	15
	5	145	±30,4	2,00	±0,00	2	16,28	±2,11	4
	6	106	±57,5	2,25	±0,91	128	16,53	±2,63	24
	7	88	±25,4	1,63	±0,52	8	12,91	±4,90	6
Sommer'09	1	49	±12,8	1,44	±0,92	18	7,88	±0,45	31
	2	50	±25,2	0,13	±0,63	23	12,10	±1,46	2
	3	59	-	1,00	-	1	9,23	±0,15	15
	4	52	±12,2	1,00	±0,00	3	7,54	±0,04	16
	6	96	±42,9	1,89	±0,83	79	14,30	±2,71	35
	7	59	±6,9	2,00	±0,00	11	8,45	±1,10	19

Die Reife begann sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen mit einer DML von 30 mm. Die DML in den einzelnen Reifeklassen unterschied sich zwischen Männchen und Weibchen signifikant erst ab der Reifeklasse 4 (Mann-Whitney Rangsummen-Test,  $p < 0,006$ ; Abb. 1.10).

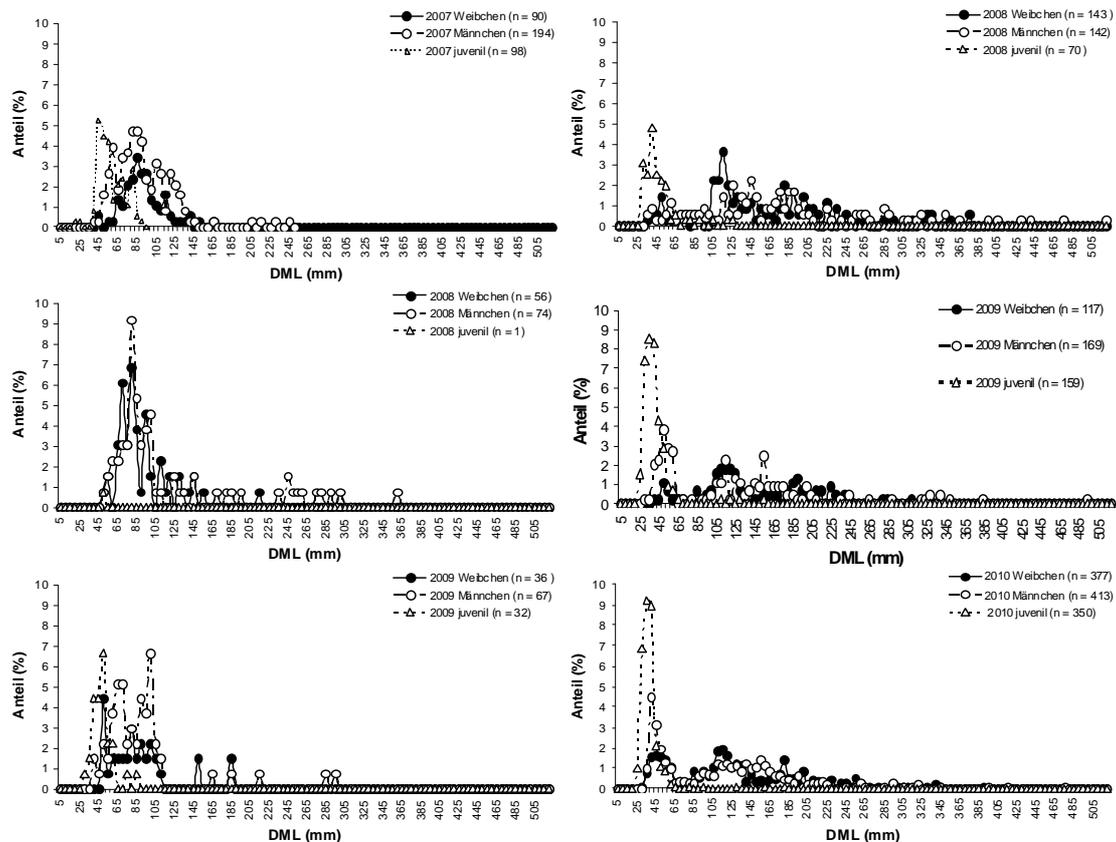


**Abbildung 1.10**

*Loligo forbesi*. Dorsale Mantellänge (DML) pro Reifegrad unterteilt in Männchen (links) und Weibchen (rechts).

Der Median der DML der Weibchen war bis zum Reifegrad 4 ähnlich dem der Männchen. Ab dem Reifegrad 4 war der Median der DML bei den Weibchen jedoch größer als bei den Männchen in der gleichen Reifeklasse. Die Größenklassen der jeweiligen Reifegrade überschnitten sich wie schon bei *A. subulata* erheblich. So waren z.B. Tiere mit einer DML von 150 mm in allen Reifegraden vertreten.

Wie bereits die Ergebnisse der Reifegradbestimmung vermuten lassen, wurden im Sommer mehr Tiere mittlerer Größe gefangen, wohingegen im Winter eher die kleinen und großen Tiere in der Nordsee vertreten waren (Abb. 1.11). Im Sommer konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den DMLs der Männchen und Weibchen festgestellt werden (Mann-Whitney Rangsummen-Test). Im Winter dagegen, als die Tiere ausgewachsen waren, konnte ein signifikanter Längenunterschied zwischen den männlichen und weiblichen Exemplaren in den Jahren 2009 und 2010 festgestellt werden (Mann-Whitney Rangsummen-Test,  $p < 0,001$ ), bei dem die Männchen größer waren als die Weibchen.



**Abbildung 1.11**

*Loligo forbesi*. Längenklassenverteilung (dorsale Mantellänge, DML) von juvenilen, weiblichen und männlichen Individuen in Prozent für die einzelnen Ausfahrten, Sommer (links), Winter (rechts).

Der Mittelwert der 50 größten gefangenen Männchen betrug 338 mm ( $\pm 62$  mm) DML, das größte gefangene Einzelexemplar hatte eine DML von 520 mm. Bei den 50 größten weiblichen Exemplaren betrug die mittlere DML 285 mm ( $\pm 43$  mm) und die maximale Größe der Weibchen 390 mm DML, so dass auch bei dieser Art ein Längendimorphismus beobachtet werden konnte.

Im Sommer konnten sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen drei bis fünf Kohorten identifiziert werden. Die Anzahl der Kohorten, sowie deren Größen ähnelten sich bei beiden Geschlechtern, schwankten aber in den Jahren. Im Sommer wurden mit acht bis sieben, bzw. acht bis sechs Kohorten, wesentlich mehr Kohorten identifiziert als im Winter (Tab. 1.9).

**Tabelle 1.9**

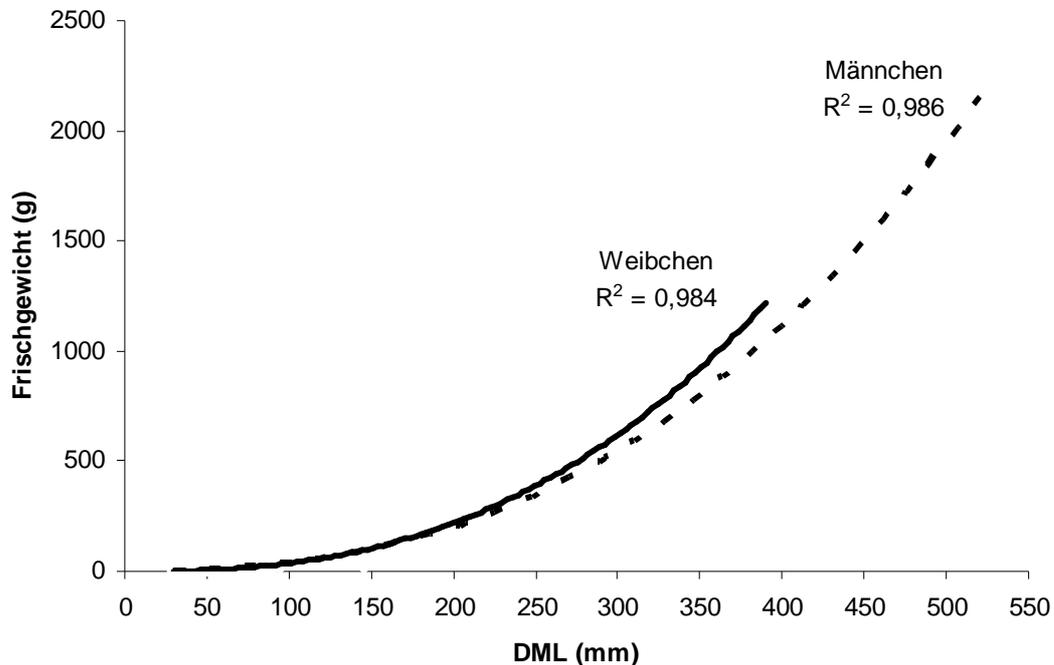
*Loligo forbesi*. Identifizierte Kohorten, deren Mittelwert (MW) und Standardabweichung (Stabw.), unterteilt in Geschlecht und Ausfahrt.

Sommer						Winter					
Weibchen + juvenile						Weibchen + juvenile					
2007 (n: 188)		2008 (n: 57)		2009 (n: 68)		2008 (n: 213)		2009 (n: 276)		2010 (n: 727)	
MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.
48	5	71	7	43	6	37	9	37	7	33	11
74	16	90	4	76	8	63	9	80	4	105	19
111	5	105	4	99	5	105	19	115	13	171	16
141	9	125	6			150	8	167	11	204	14
		188	34			190	11	186	5	252	2
						230	4	214	10	273	18
						265	6	238	3	317	19
						356	25				
Männchen + juvenile						Männchen + juvenile					
2007 (n: 99)		2008 (n: 75)		2009 (n: 99)		2008 (n: 212)		2009 (n: 328)		2010 (n: 763)	
MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.	MW	Stabw.
46	7	71	7	46	9	37	9	37	7	40	8
72	16	90	4	77	6	63	9	80	4	105	19
108	9	105	4	95	9	102	20	112	15	180	9
140	5	125	6			175	17	162	11	208	27
		155	12			212	14	183	8	277	15
						240	6	211	13	316	19
						281	17	239	8		
						346	17	291	930		

Die Kohorten und Längen-Gewichtsbeziehungen lassen keine Rückschlüsse darüber zu, ob die Weibchen, wie bei *A. subulata*, zu Beginn schneller wuchsen (Abb. 1.12) als die Männchen. Allerdings ist zu erkennen, dass die Weibchen ab einer DML von 100 mm, verglichen mit gleich großen Männchen, schwerer als die Männchen waren. Die daraus abgeleiteten Regressionsgleichungen lauten wie folgt:

Männchen:  $\text{Gewicht} = 0,0004 \text{ DML}^{2,4971}$

Weibchen:  $\text{Gewicht} = 0,0003 \text{ DML}^{2,5672}$



**Abbildung 1.12**

*Loligo forbesi*. Zusammenhang zwischen Frischgewicht (g) und dorsaler Mantellänge (DML). Männchen, n = 1056; Weibchen, n = 817.

Die Reifegradanalysen und Vermessungen der DML zeigen, dass im Winter reifere und größere Tiere gefangen wurden als im Sommer, sie lassen somit auf eine Laichperiode zwischen Herbst und Winter schließen, wobei bei den meisten Ausfahrten mehr männliche als weibliche Tiere gefangen wurden. Mit Bezug auf das Verteilungsmuster zu dieser Jahreszeit kann das Gebiet der Shetland Inseln als Paarungs- und Laichrevier vermutet werden. Dabei zeigen die Ergebnisse, dass eine größere Tiefe, eine höhere Temperatur und eine höhere Salinität einen positiven Einfluss auf das Vorkommen von *L. forbesi* hatten.

Obwohl die Tiere vermehrt im Norden gefangen wurden, ist kein klares Verteilungsmuster im Sommer zu erkennen. Zu dieser Jahreszeit konnten im gesamten Nordseebereich vereinzelt Tiere nachgewiesen werden. Dabei handelte es sich hauptsächlich um kleine oder mittelgroße Tiere, die reifend waren. Die erzielten

Resultate zeigen, dass die Salinität und Temperatur in Bodennähe keine statistischen Auswirkungen auf das Vorkommen hatte, während eine Zunahme der Tiefe das Vorkommen signifikant negativ beeinflusste. Aufgrund der Tatsache, dass aber auch im Sommer ausgereifte Tiere im Nordseebereich auftauchten, ist nicht auszuschließen, dass es noch eine kleinere zweite Laichperiode gab.

Angesichts der drei bis fünf, bzw. fünf bis acht identifizierten Kohorten im Sommer und Winter kann auch bei *L. forbesi* davon ausgegangen werden, dass sich die Laichperiode über einen längeren Zeitraum erstreckte.

Wie schon zuvor bei *A. subulata*, konnte auch bei *L. forbesi* ein Dimorphismus zwischen männlichen und weiblichen Tieren nachgewiesen werden, demnach waren die männlichen Individuen größer als die weiblichen, wobei allerdings die Weibchen bei gleicher Größe schwerer waren.

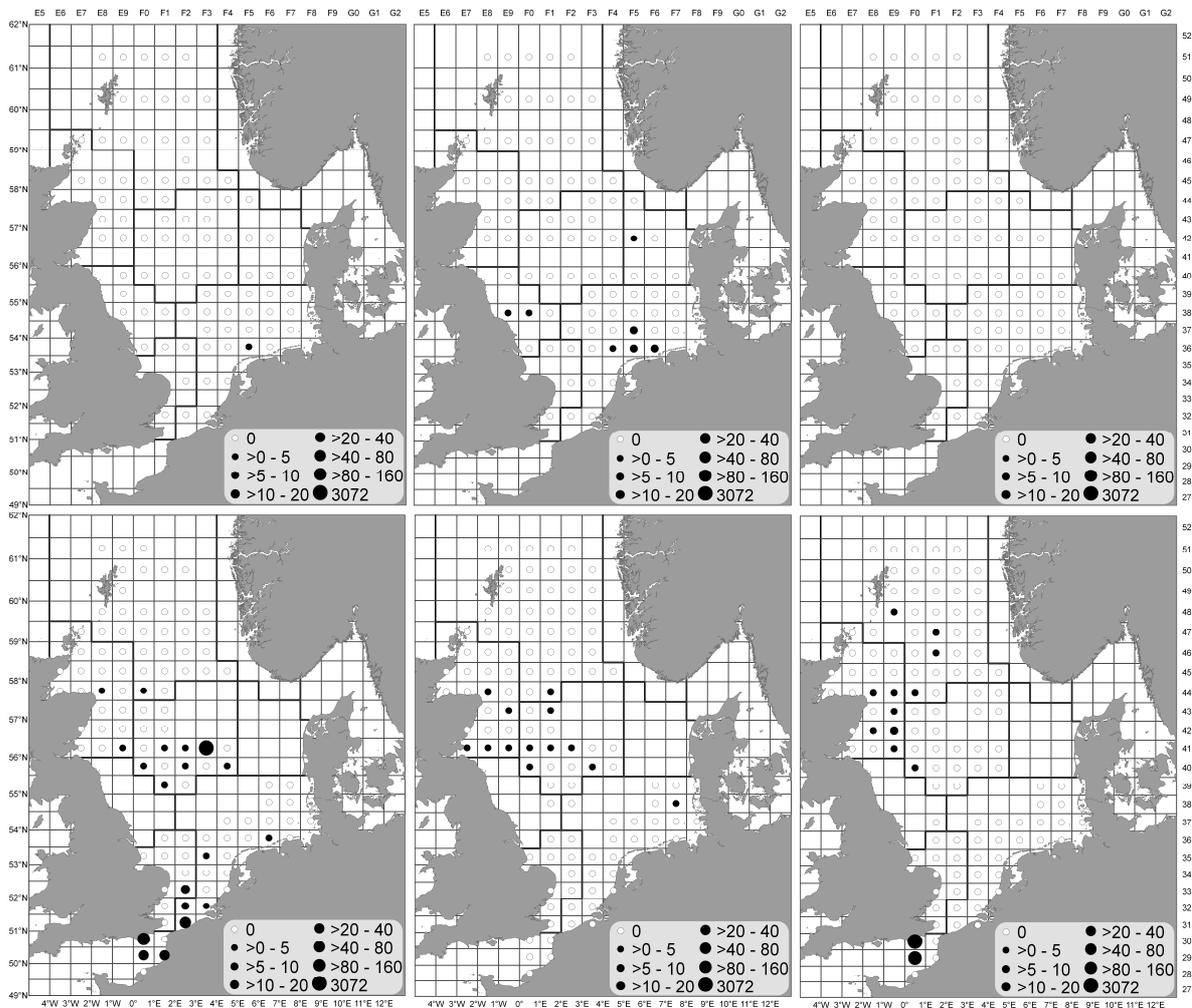
### 1.3.4 *Loligo vulgaris*

Im Gegensatz zu seinen Artgenossen *L. forbesi* und *A. subulata* ist *L. vulgaris* nicht so häufig gefangen worden. Insgesamt betrug sein Anteil am Gesamtfang gerade mal zwei Prozent (3.473 Exemplare; Tab. 1.1). Es wurden mehr Tiere dieser Art im Winter gefischt als im Sommer. Auffallend ist die hohe Anzahl gefangener *L. vulgaris* im Winter 2008, in dem die Niederländer alleine 3.228 Tiere an Deck holten. Mit einer zusätzlichen Ausnahme im Winter 2010, in dem die Niederländer 193 Exemplare fingen, wurden selten mehr als zehn Tiere pro Ausfahrt gefangen. Nach dem Kriging-Verfahren lebten im Winter 73.767.735 Tiere, nach dem IDW Verfahren 56.624.263 Exemplare in der Nordsee. Im Sommer hingegen waren es nur 319.815 Tiere (Kriging-Methode) bzw. 318.160 Individuen (IDW-Methode).

Insgesamt konnten 93 Tiere genauer untersucht werden. Um eine bessere statistische Aussage treffen zu können, wurden die Daten nicht auf Ausfahrtniveau betrachtet, sondern die Daten der Tiere wurden für das Sommer- und für das Winterquartal jeweils zusammengefasst.

Im Sommer war *L. vulgaris* sehr spärlich bis gar nicht vertreten (Abb. 1.13; Tab. 1.10). So konnte die Art im Sommer 2007 in nur einem Hol und im Sommer 2009 gar nicht

nachgewiesen werden. Lediglich im Sommer 2008 konnten mehrere Exemplare in Küstennähe gefangen werden. Dabei war *L. vulgaris* im Sommer eher im zentralen und südlichen Bereich vertreten (RFA 4 und 6).



**Abbildung 1.13**  
*Loligo vulgaris*. Fanganzahl pro Stunde und Hol der einzelnen Ausfahrten. Erste Reihe von links. Sommer 2007; Sommer 2008; Sommer 2009; Zweite Reihe von links: Winter 2008; Winter 2009; Winter 2010.

Im Winter war *L. vulgaris* konstanter vertreten. Während im Winter 2008 und 2010 Exemplare im zentralen und südlichen Bereich gefischt wurden, wurden die Tiere im Winter 2009 nur im zentralen Bereich gefangen. Dabei lag das Hauptverbreitungsgebiet hauptsächlich im südlichen und zentralen Bereich der Nordsee (RFA 2 und 10). Die

Ergebnisse legen nahe, dass auch *L. vulgaris* eine wandernde Art ist und womöglich nicht das ganze Jahr über in der Nordsee vertreten ist.

**Tabelle 1.10**

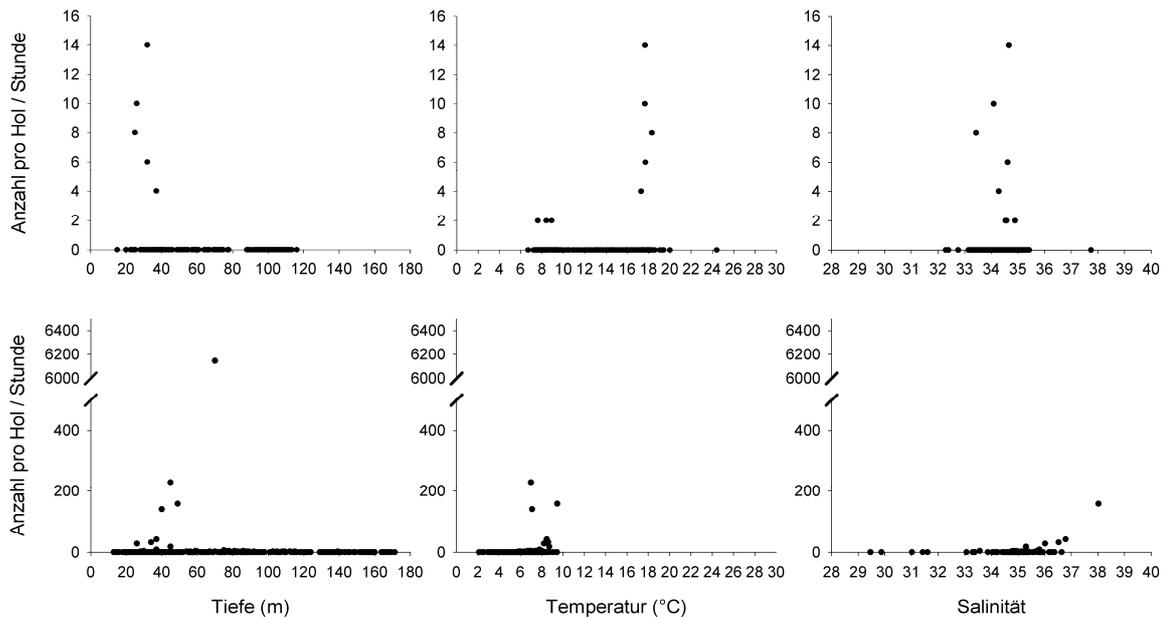
*Loligo vulgaris*. Berechnete Mittelwerte pro Rectangle und Standardabweichung (Stabw.) für die einzelnen RFAs im Sommer und Winter.

		Mittelwert nach Kriging	Stabw.	Mittelwert nach IDW	Stabw.
Sommer	RFA 1	0	±0	0	±0
	RFA 2	562	±1.191	656	±1.807
	RFA 3	381	±977	233	±591
	RFA 4	1.786	±1.577	2.257	±2.724
	RFA 5	10	±35	4	±15
	RFA 6	5.917	±14.455	5.759	±14.841
	RFA 7	54	±132	25	±77
	RFA 10	0	±0	0	±0
Winter	RFA 1	1.422	±2.613	1.334	±3.542
	RFA 2	2.705.988	±4.356.807	2.025.836	±4.569.455
	RFA 3	9.100	±10.905	9.770	±13.896
	RFA 4	13.984	±12.972	15.746	±16.434
	RFA 5	30.002	±44.984	16.663	±21.877
	RFA 6	8.749	±23.622	8.858	±29.059
	RFA 7	61.504	±157.882	38.686	±98.706
	RFA 10	472.355	±417.901	518.186	±705.667

Im Sommer wurden alle Tiere in einer Tiefe zwischen 35 m und 37 m, bei einer Bodenwassertemperatur zwischen 8 °C und 18 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 33,4 und 34,9 psu gefangen (Ab.1.14). Dabei traten die meisten Exemplare zwischen 26 m und 37 m, bei einer Bodenwassertemperatur von 17 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 34,1 psu und 34,3 psu auf. Weder die Salinität ( $p = 0,020$ ;  $\rho: -0,112$ ) noch die Temperatur ( $p = 0,072$ ;  $\rho: 0,087$ ) des Bodenwassers oder die Tiefe ( $p = 0,002$ ;  $\rho: -0,198$ ) hatten einen signifikanten Einfluss auf die Abundanz von *L. vulgaris* zu dieser Jahreszeit.

Im Winter wurden alle Tiere in einer Tiefe zwischen 26 m und 139 m, bei Bodenwassertemperaturen zwischen 6 °C und 10 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 33,6 psu und 38 psu gefischt. Die meisten Tiere kamen dabei in einer Tiefe zwischen 45 m und 70 m, einer Bodenwassertemperatur zwischen 7 °C und 9 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 35,2 psu und 35,3 psu vor. Nur die Temperatur in

Bodennähe ( $p < 0,001$ ;  $\rho: 0,173$ ) hatte einen signifikanten Einfluss auf die Abundanz der Tiere, wobei mit Zunahme der Temperatur mehr Tiere gefangen wurden. Die Salinität in Bodennähe ( $p = 0,033$ ;  $\rho: 0,131$ ) und die Tiefe ( $p = 0,800$ ;  $\rho: 0,012$ ) hatten keine statistischen Auswirkungen auf das Vorkommen von *L. vulgaris*.



**Abbildung 1.14**

*Loligo vulgaris*. Anzahl gefangener *L. vulgaris* pro Hol und Stunde, aufgetragen gegen die Fangtiefe, Bodenwassertemperatur und Bodenwassersalinität im Sommer (erste Reihe) und Winter (zweite Reihe).

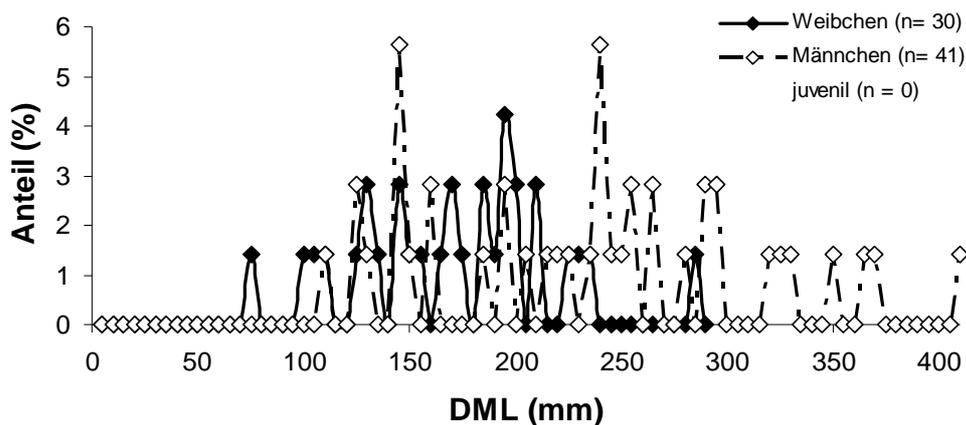
Sowohl im Sommer (83:17) als auch im Winter (57:43) wurden mehr Männchen als Weibchen gefangen. Juvenile Tiere konnten lediglich im Sommer festgestellt werden und machten dabei 40 % (4 Exemplare) der Population aus, wogegen die restlichen 60 % (6 Tiere) reife Exemplare waren. Vergleichend dazu machten 68 % der Population im Winter die ausgereiften Tiere und 32 % die reifenden Tiere aus (Tab. 1.11).

**Tabelle 1.11**

*Loligo vulgaris*. Anzahl und Prozent der identifizierten Reifegrade für das Winter- und Sommerquartal

Jahreszeit	Reifegrad	Anzahl	Prozent
Winter	0	0	0,00
	1	0	0,00
	2	7	9,86
	3	16	22,54
	4	44	61,97
Sommer	5	4	5,63
	0	4	40,00
	1	6	60,00
	2	0	0,00
	3	0	0,00
	4	0	0,00
	5	0	0,00

Auf eine Darstellung der Längenklassen für den Sommer wurde aufgrund der geringen Probenanzahl (21 Exemplare) verzichtet. Im Allgemeinen wurden im Winter (Mittelwert DML = 205 mm,  $\pm 72$  mm) größere Exemplare als im Sommer (Mittelwert DML: 43 mm,  $\pm 11$  mm) gefangen (Abb. 1.15). Dabei waren die Weibchen im Winter (Mittelwert DML: 169 mm,  $\pm 46$  mm) kleiner als die Männchen (mittlere DML: 233 mm,  $\pm 76$ ), wohingegen das einzige identifizierbare Weibchen im Sommer mit 46 mm DML etwa so groß war wie die fünf untersuchten Männchen (mittlere DML: 53 mm,  $\pm 6$  mm).

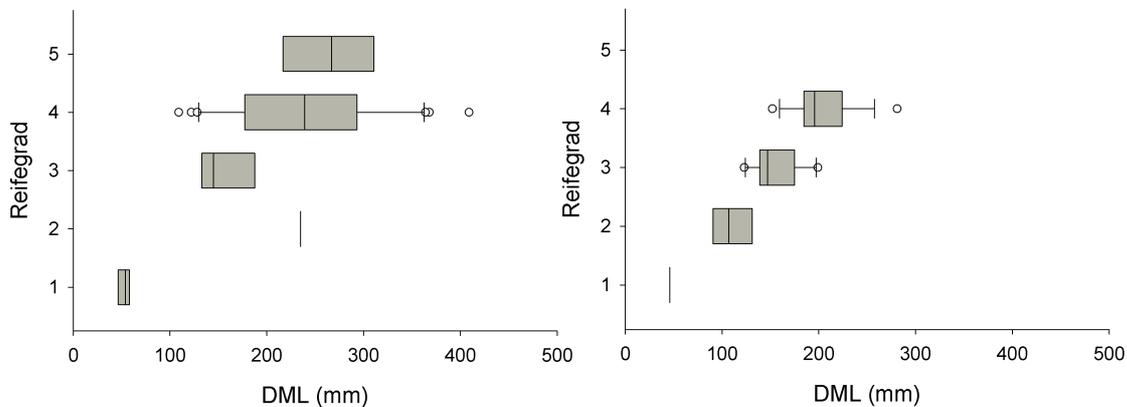


**Abbildung 1.15**

*Loligo vulgaris*. Längenklassenverteilung (dorsale Mantellänge, DML) von juvenilen, weiblichen und männlichen Individuen in Prozent im Winter.

Das größte untersuchte Exemplar war ein Männchen mit einer DML von 409 mm. Weibchen hingegen blieben anscheinend kleiner, da die maximale DML, die beobachtet werden konnte, 281 mm betrug.

Obwohl sich die Längensklassen der einzelnen Reifegrade, wie schon zuvor bei den beiden anderen Loliginidae, überschneiden, war ein Trend der Größenzunahme mit steigender Reife zu erkennen. Allerdings ist, wie schon zuvor erwähnt, eine Aussage über die Reife anhand der DML nicht möglich (Abb. 1.16).



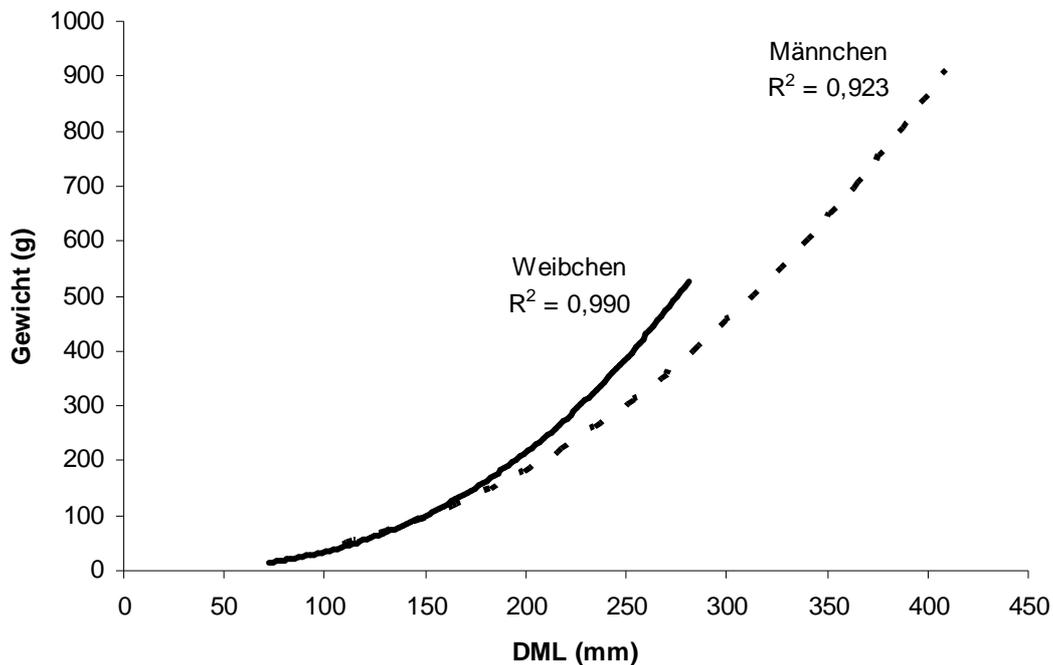
**Abbildung 1.16**

*Loligo vulgaris*. Dorsale Mantellänge (DML) pro Reifegrad unterteilt in Männchen (links) und Weibchen (rechts).

Wie bei allen Loliginidae sind die Weibchen von *L. vulgaris* ab einer Größe von 100 mm DML schwerer als ihr männliches Pendant (Abb. 1.17). So wiegen Weibchen mit einer DML von 250 mm etwa 428 g, Männchen hingegen wiegen bei gleicher DML etwa 310 g. Die entsprechenden Regressionsgleichungen lauten wie folgt:

Männchen:    Gewicht = 0,0013 DML<sup>2,2426</sup>

Weibchen:    Gewicht = 0,0002 DML<sup>2,6400</sup>



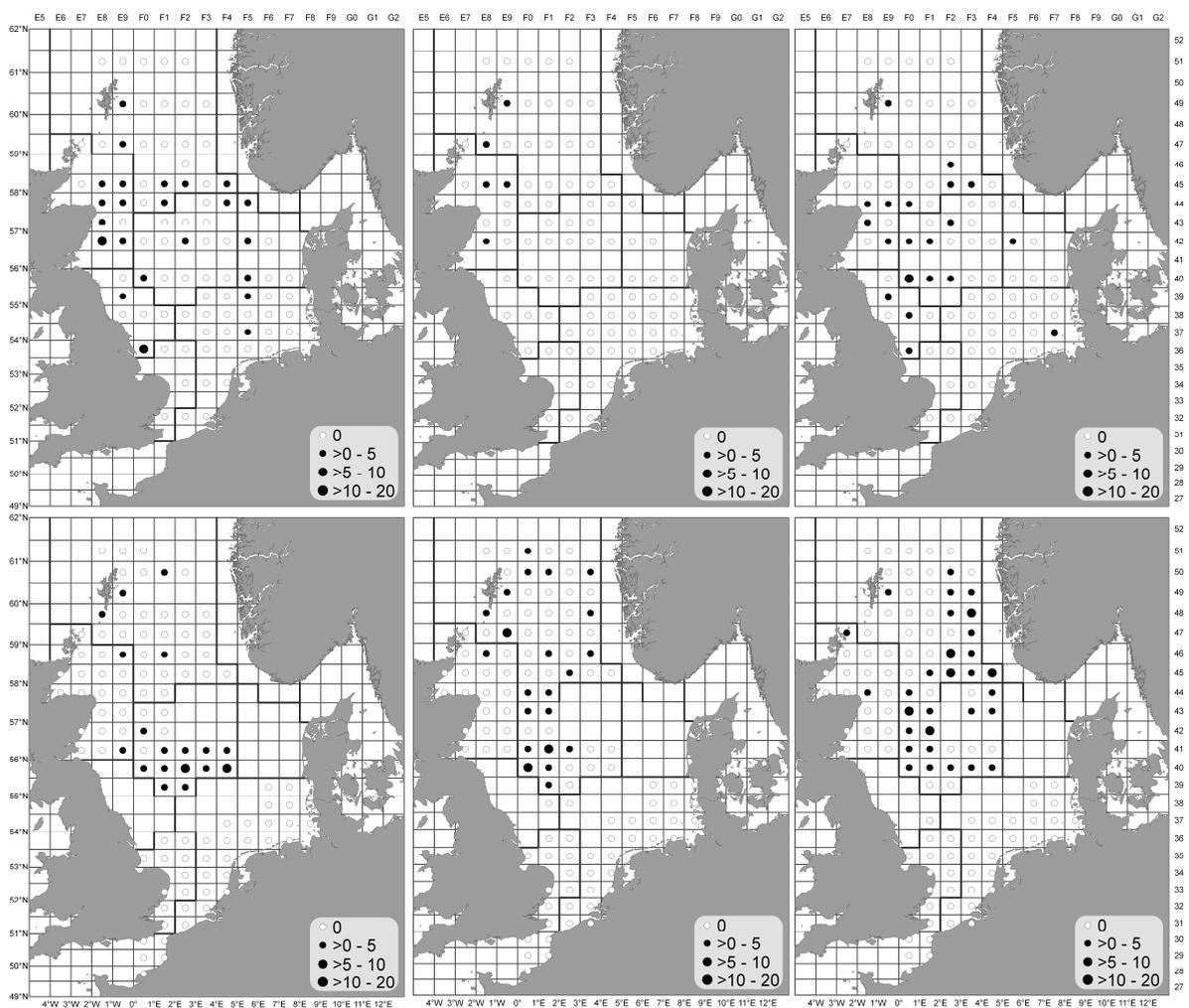
**Abbildung 1.17**

*Loligo vulgaris*. Zusammenhang zwischen Frischgewicht (g) und dorsaler Mantellänge (DML, mm). Männchen, n = 41; Weibchen, n = 31.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Population sowohl im Sommer als auch im Winter von den männlichen Tieren dominiert wird. Dabei sind die Tiere im Winter signifikant größer und reifer als im Sommer, so dass vermutet werden kann, dass die Laichsaison zwischen Frühjahr und Spätsommer liegt. Wie schon bei *A. subulata* und *L. forbesi* werden die männlichen Exemplare von *L. vulgaris* größer als die weiblichen, wobei letztere schwerer sind als ihre gleichgroßen männlichen Vertreter. Im Sommer hatte weder die Tiefe noch die Temperatur oder Salinität in Bodennähe einen statistischen Einfluss auf die Abundanz von *L. vulgaris*. Im Winter dagegen hatte lediglich die Temperatur des Bodenwassers einen signifikanten Einfluss, wobei umso wärmer es war, desto mehr Tiere wurden gefangen.

### 1.3.5. *Todaropsis eblanae*

*T. eblanae* war mit 0,15 % der Gesamtfangmenge und einer Gesamtanzahl von 269 gefangenen Exemplaren der häufigste Ommastrephid in der Nordsee (Tab. 1.1). Bei der Populationsbeschreibung dieser Art wurde aufgrund der geringeren Fangzahlen auf eine ausfahrtsbezogene Analyse verzichtet. Um eine bessere statistische Aussage treffen zu können, wurden stattdessen die drei Sommer- und Winterausfahrten zusammengefasst,



**Abbildung 1.18**  
*Todaropsis eblanae*. Fanganzahl pro Stunde und Hol der einzelnen Ausfahrten. Erste Reihe von links: Sommer 2007; Sommer 2008; Sommer 2009; Zweite Reihe von links: Winter 2008; Winter 2009; Winter 2010.

Insgesamt konnte auf eine Anzahl von 211 untersuchten Tieren zurückgegriffen werden. Der berechnete Gesamtbestand in der Nordsee betrug im Winter nach der Interpolation mit der Kriging-Methode 2.952.214 Tiere, nach dem IDW-Verfahren 2.871.022 Tiere. Wie bei allen anderen Arten auch, waren im Sommer in der gesamten Nordsee weniger *T. eblanae* vertreten als im Winter. So kamen im Sommer nach der Kriging-Methode 1.745.784 Tiere bzw. nach der IDW-Methode 1.772.868 Tiere in der Nordsee vor.

*T. eblanae* war sowohl im Sommer als auch im Winter, mit Ausnahme des südlichen Gebiets, in der gesamten Nordsee vertreten (Abb. 1.18, Tab. 1.12). Obwohl im zentralen Bereich die meisten Tiere gefangen wurden, ist weder im Sommer noch im Winter ein deutliches Verteilungsmuster erkennbar.

**Tabelle 1.12**

*Todaropsis eblanae*. Berechnete Mittelwerte pro Rectangle und Standardabweichung (Stabw.) für die einzelnen RFAs im Sommer und Winter.

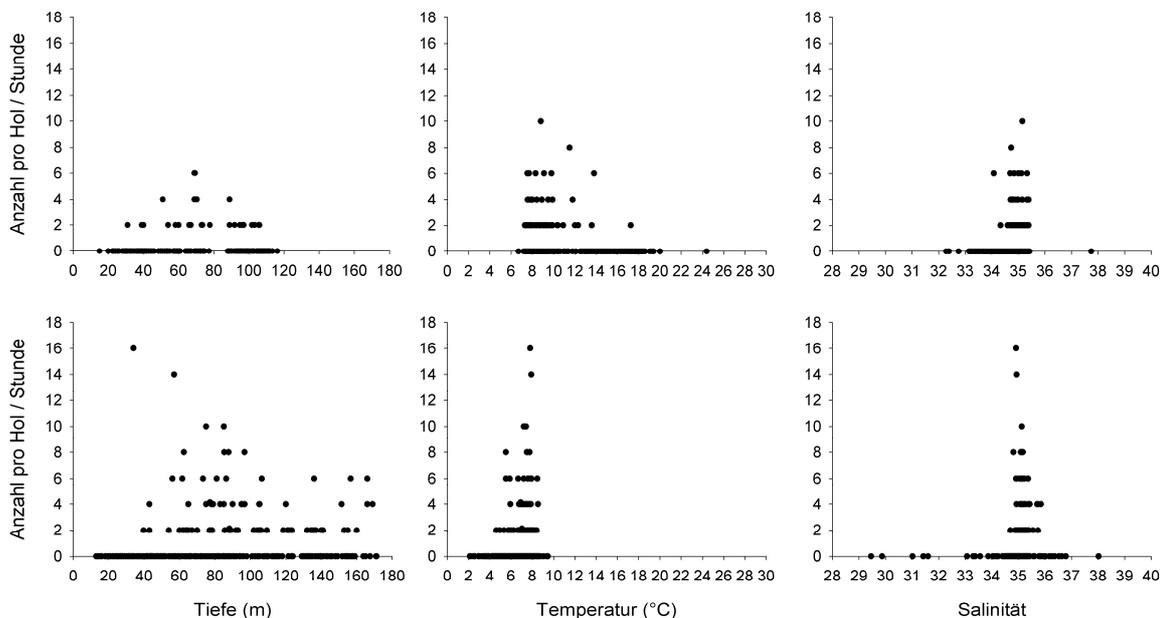
		Mittelwert nach Kriging	Stabw.	Mittelwert nach IDW	Stabw.	
Sommer	RFA 1	7.835	±8.672	7.643	±9.622	
	RFA 2	13.407	±9.188	13.349	±10.770	
	RFA 3	19.299	±12.686	19.992	±14.976	
	RFA 4	15.098	±9.721	16.651	±11.633	
	RFA 5	4.587	±4.454	4.656	±4.947	
	RFA 6	1.033	±2.163	871	±2.157	
	RFA 7	5.371	±5.831	5.470	±6.998	
	RFA 10	3.007	±2.500	3.178	±2.645	
	Winter	RFA 1	16.392	±10.569	15.523	±13.359
		RFA 2	43.493	±12.311	44.057	±14.880
RFA 3		4.900	±7.610	4.452	±7.944	
RFA 4		21.409	±23.308	20.793	±24.545	
RFA 5		0	±0	0	±0	
RFA 6		4.528	±13.246	4.361	±13.393	
RFA 7		16.051	±16.315	15.006	±15.153	
RFA 10		0	±0	0	±0	

Im Sommer war *T. eblanae* in einer Tiefe zwischen 31 m und 106 m, bei einer Bodenwassertemperatur zwischen 7 °C und 17 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 34,1 und 35,4 psu vertreten (Abb. 1.19).

Die meisten Tiere wurden in einer Tiefe zwischen 51 m und 89 m gefangen. Die Bodentemperatur, bei der sich die meisten Tiere aufhielten, lag zwischen 6 °C und 14 °C, während die Salinität des Bodenwassers 34,7 psu bis 35,4 psu betrug.

Dabei hatte die Tiefe keinen signifikanten Einfluss auf das Vorkommen von *T. eblanae* ( $p = 0,006$ ;  $\rho: 0,172$ ), allerdings zeigt der durchgeführte Spearman-Rangsummentest eine signifikante Abnahme der Fangzahl bei einer Erhöhung der Wassertemperatur in Bodennähe ( $p < 0,001$ ;  $\rho: -0,169$ ) und eine signifikante Zunahme der Fangzahl bei einer Erhöhung des Salzgehaltes des Bodenwassers ( $p < 0,001$ ;  $\rho: 0,200$ ).

Im Winter wurden die Tiere zwischen 34 m und 169 m Tiefe, bei Wassertemperaturen in Bodennähe zwischen 5 °C und 9 °C und in Bodenwassersalinitäten zwischen 34,7 psu und 35,9 psu gefangen. Hingegen wurden die meisten Tiere zwischen einer Tiefe von 34 m und 97 m, bei Bodentemperaturen zwischen 6 °C und 9°C und bei einem Salzgehalt des Bodenwassers zwischen 34,8 psu und 35,9 psu gefischt. Im Gegensatz zum Salzgehalt des bodennahen Wassers ( $p = 0,232$ ;  $\rho: 0,074$ ), welcher keine statistische Auswirkung auf das Vorkommen von *T. eblanae* hatte, beeinflusste sowohl eine Zunahme der Bodentemperatur ( $p < 0,001$ ;  $\rho: 0,215$ ) als auch der Tiefe ( $p < 0,001$ ;  $\rho: 0,281$ ) die Abundanz von *T. eblanae* positiv.



**Abbildung 1.19**

*Todaropsis eblanae*. Anzahl gefangener *T. eblanae* pro Hol und Stunde, aufgetragen gegen die Fangtiefe, Bodentemperatur und Bodenwassersalinität im Sommer (erste Reihe) und Winter (zweite Reihe).

Im Sommer wurden mit 48 % etwas weniger Männchen als Weibchen (52 %) gefangen. Im Winter hingegen wurden mehr Männchen (64 %) als Weibchen (36 %) gefischt. Juvenile Tiere dieser Art wurden lediglich im Winter gefangen und machten dabei 31 % (37 Tiere) der Gesamtanzahl aus. Die Untersuchungen zeigen auch, dass im Winter mit 68 % (82 Tiere) der Anteil der reifenden Tiere am höchsten war. Nur ein Prozent der gefangenen Tiere war ausgereift. Im Sommer hingegen waren 72 % (57 Tiere) der Tiere ausgereift und nur 28 % (22 Tiere) reifend (Tab. 1.13). Von den 72 % ausgereifter Tiere, hatten 15 % (12 Exemplare) bereits abgelaicht.

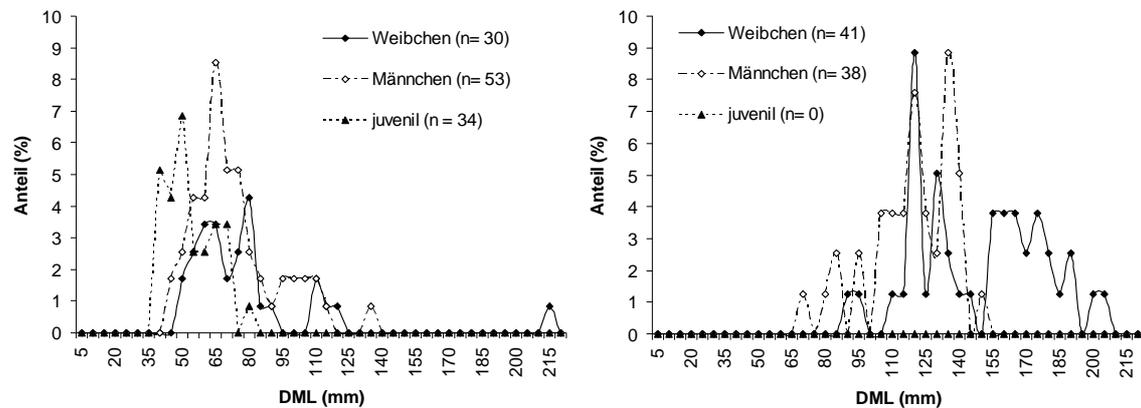
**Tabelle 1.13**

*Todaropsis eblanae*. Anzahl und Prozent der identifizierten Reifegrade für das Winter- und Sommerquartal.

Jahreszeit	Reifegrad	Anzahl	Prozent
Winter	0	37	30,83
	1	24	20,00
	2	54	45,00
	3	4	3,33
	4	1	0,83
	5	0	0,00
Sommer	0	0	0,00
	1	0	0,00
	2	6	7,59
	3	16	20,25
	4	45	56,96
	5	12	15,19

Aufgrund dieser Ergebnisse kann vermutet werden, dass die Laichzeit von *T. eblanae* zwischen Frühjahr und Spätsommer liegt.

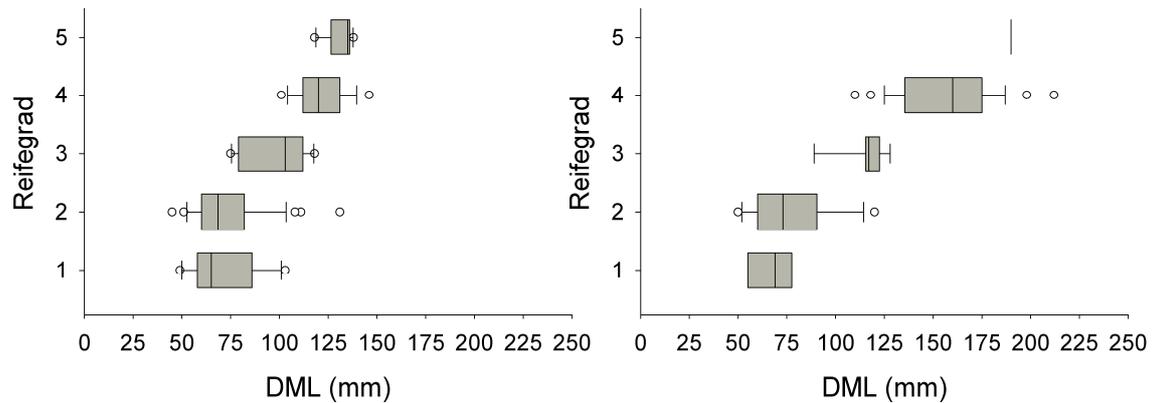
Die Resultate der Längenklassen-Untersuchung unterstützen diese These (Abb. 1.20). Im Sommer (MW Weibchen: 147 mm  $\pm$  29 mm DML; MW Männchen 117 mm  $\pm$  19 mm DML) waren die gefangenen Tiere signifikant größer als im Winter (MW Weibchen: 77,9 mm  $\pm$  32 mm DML; MW Männchen: 72 mm  $\pm$  19 mm DML).

**Abbildung 1.20**

*Todaropsis eblanae*. Längenklassenverteilung (dorsale Mantellänge, DML) von juvenilen, weiblichen und männlichen Individuen in Prozent für Winter (links) und Sommer (rechts).

Ein durchgeführter Mann-Whitney Rangsummen-Test zeigt, dass die weiblichen Individuen im Sommer signifikant größer ( $p < 0,001$ ) waren als die männlichen Exemplare. Im Winter hingegen traten keine signifikanten Größenunterschiede zwischen den beiden Geschlechtern auf. Das größte untersuchte Exemplar war ein Weibchen aus dem Winter 2008 mit einer dorsalen Mantellänge von 212 mm, wohingegen das größte Männchen eine dorsale Mantellänge von 146 mm maß. Der Mittelwert der zehn größten untersuchten Weibchen betrug 187 mm ( $\pm 14$  mm). Die zehn größten Männchen waren dagegen mit 134 mm ( $\pm 4$  mm) DML durchschnittlich 53 mm kleiner. Die Daten weisen somit auf einen Größendimorphismus hin, bei dem die weiblichen ausgewachsenen Exemplare größer sind als die männlichen.

Diese Vermutung wird auch durch die Abbildung 1.21 unterstützt, da der Median der weiblichen Individuen ab einer Geschlechtsreife von drei größer war als der ihres männlichen Pendanten. Dabei überschneiden sich die Längenklassen der verschiedenen Reifegrade, wie auch schon bei allen anderen Arten, erheblich. So kann z.B. ein Tier mit einer DML von 100 mm gerade reifend oder schon bereits ausgereift sein (Reifegrad 1 – Reifegrad 4).



**Abbildung 1.21**

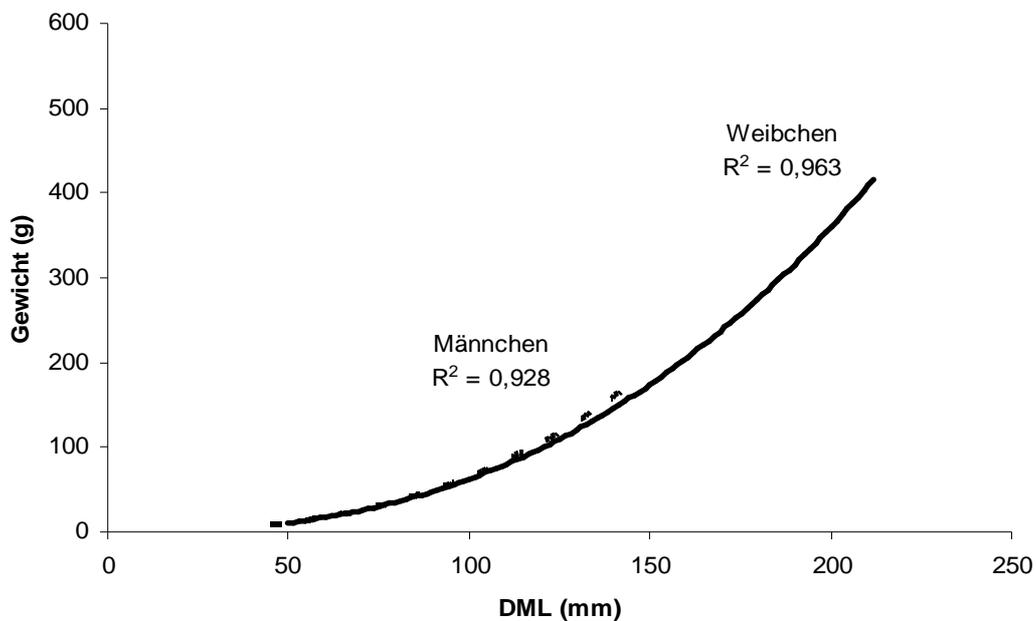
*Tadaropsis eblanae*. Dorsale Mantellänge (DML) pro Reifegrad unterteilt in Männchen (links) und Weibchen (rechts).

Die Relationen zwischen Gewicht und DML waren zwischen den weiblichen und den männlichen Vertretern fast identisch. Die Weibchen wogen bei gleicher DML minimal weniger als die männlichen Tiere (Abb. 1.22). So wog z.B. ein Weibchen mit 150 mm DML etwa 187 g, ein Männchen gleicher Größe wog dagegen 206 g.

Die dazugehörigen Regressionsgleichungen lauten:

Männchen:  $\text{Gewicht} = 0,0003 \text{ DML}^{2,6819}$

Weibchen:  $\text{Gewicht} = 0,0006 \text{ DML}^{2,5245}$



**Abbildung 1.22**

*Tadaropsis eblanae*. Zusammenhang zwischen Frischgewicht (g) und dorsaler Mantellänge (DML, mm). Männchen, n = 91; Weibchen, n = 72.

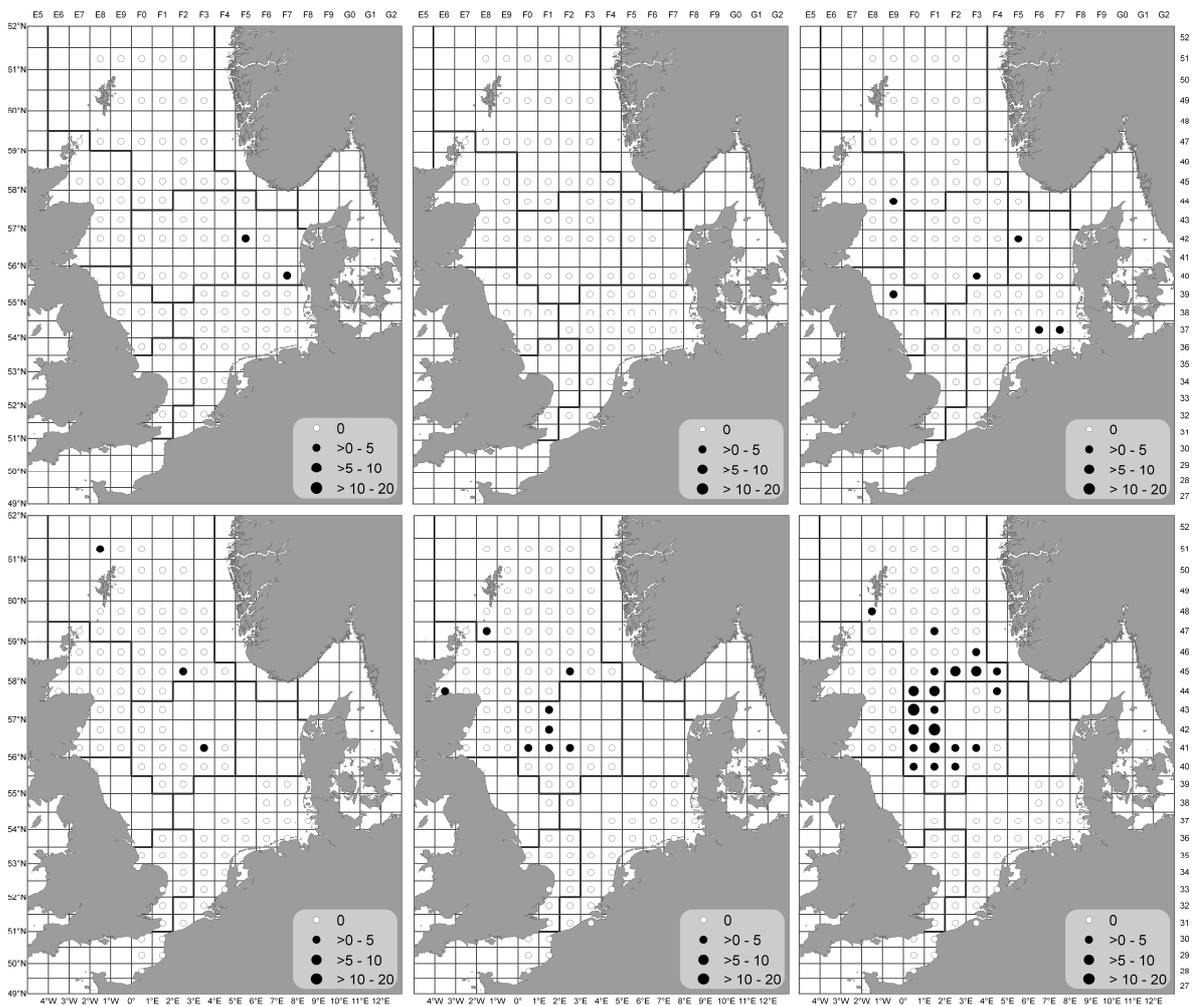
Schließlich kann festgehalten werden, dass das Geschlechterverhältnis von *T. eblanae* im Sommer fast ausgeglichen war, im Winter dagegen mehr Männchen auftraten. Dabei bestand die Population im Winter größtenteils aus unreifen oder reifenden Tieren (kleine und mittelgroße), wohingegen im Sommer ausgereifte Tiere in der Population überwogen. Somit kann vermutet werden, dass die Laichzeit zwischen Frühjahr und Spätsommer liegt. Da weder im Winter noch im Sommer ein typisches Verteilungsmuster festgestellt werden konnte, kann kein Gebiet als Laichgebiet identifiziert werden. Dabei bevorzugten die Tiere im Sommer einen erhöhten Salzgehalt sowie kühlere Wassertemperaturen, die Tiefe hatte zu dieser Jahreszeit keinen Einfluss auf das Vorkommen von *T. eblanae*. Im Winter bevorzugten die Tiere höhere Wassertemperaturen und größere Tiefen, wobei der Salzgehalt keinen Einfluss auf die Abundanz hatte. Im Gegensatz zu allen untersuchten Loliginidae, bei denen die Männchen eine größere DML aufwiesen als die Weibchen, und die Weibchen bei gleicher DML schwerer als die Männchen waren, waren die Weibchen von *T. eblanae* größer als die Männchen, wobei letztere bei gleicher DML mehr wogen.

### **1.3.6. *Illex coindetii***

*I. coindetii* war mit 94 gefangenen Exemplaren (0,05 % der Gesamtfangmenge) der zweithäufigste Ommastrephid (Tab. 1.1). Mit dem zusätzlich verwendeten Datenmaterial des FK Solea konnten insgesamt 95 Tiere genauer bearbeitet werden. Allerdings reichte diese Anzahl untersuchter Tiere nicht aus, um eine ausfahrtsbezogene Betrachtung der Population durchzuführen. Wie schon bei *T. eblanae* (Abs. 1.3.5) wurden auch in diesem Fall die Tiere nur in Bezug auf das Sommer- und Winterquartal analysiert.

Nach der Interpolation mit dem Kriging-Verfahren kamen im Winter in der Nordsee 1.423.198 Tiere, nach der IDW-Methode 1.506.546 Tiere vor. Im Sommer dagegen war die Anzahl mit 88.426 Individuen (Kriging-Verfahren) bzw. 64.980 Exemplaren (IDW-Methode) wesentlich geringer.

Im Gegensatz zum Sommer 2008, in dem die Art gar nicht nachgewiesen werden konnte, wurde sie im Sommer 2007 in zwei Rectangles im östlichen Bereich und im Sommer 2009 zwar etwas häufiger (6 Rectangles) aber ohne jegliches Verteilungsmuster gefunden. Im Winter hingegen wurde *I. coindetii* in allen drei Jahren gefangen. Die Fundorte lassen auf ein Hauptverbreitungsgebiet im zentralen Bereich der Nordsee vermuten. Allerdings wurden vereinzelte Tiere auch im Norden sowie im Osten gefischt (Abb. 1.23, Tab. 1.14).



**Abbildung 1.23**

*Illex coindetii*. Fanganzahl pro Stunde und Hol der einzelnen Ausfahrten. Erste Reihe von links: Sommer 2007; Sommer 2008; Sommer 2009; Zweite Reihe von links: Winter 2008; Winter 2009; Winter 2010.

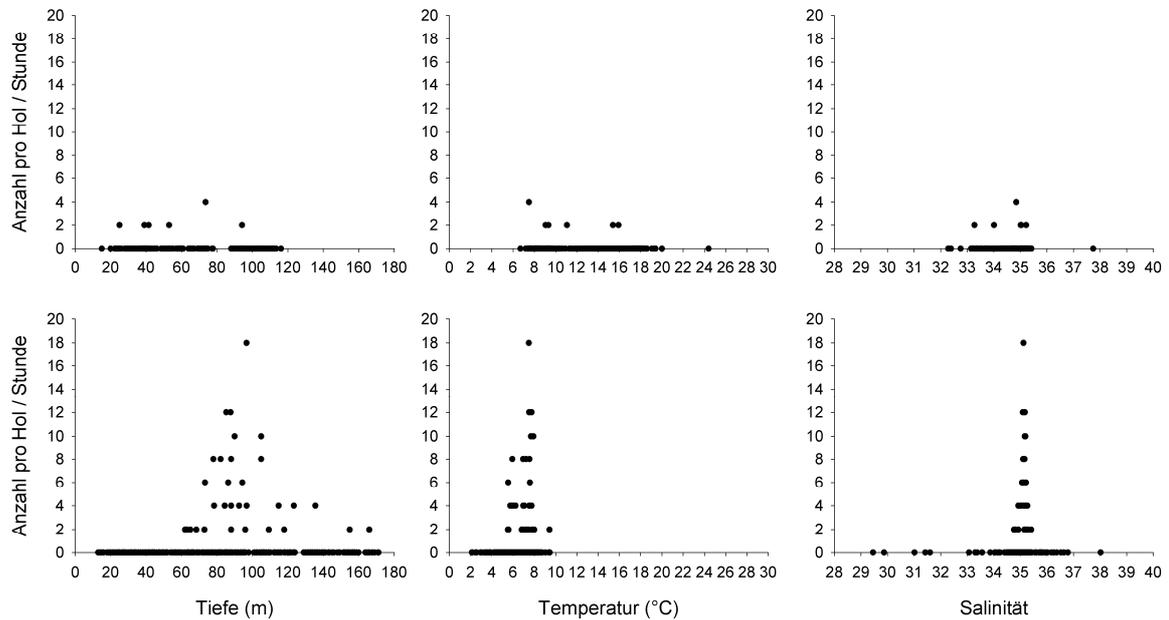
**Tabelle 1.14**

*Illex coindetii*. Berechnete Mittelwerte pro Rectangle und Standardabweichung (Stabw.) für die einzelnen RFAs im Sommer und Winter..

		Mittelwert nach Kriging	Stabw.	Mittelwert nach IDW	Stabw.
Sommer	RFA 1	0	±0	0	±0
	RFA 2	1.085	±1.699	784	±1.471
	RFA 3	213	±637	145	±453
	RFA 4	293	±790	258	±719
	RFA 5	0	±0	0	±0
	RFA 6	402	±924	294	±659
	RFA 7	2.062	±1.423	1.517	±1.331
	RFA 10	0	±0	0	±0
Winter	RFA 1	7.577	±12.114	8.581	±15.820
	RFA 2	31.852	± 27.389	34.005	±33.313
	RFA 3	2.202	±3.389	1.427	±2.177
	RFA 4	4.865	±7.881	4.052	±6.606
	RFA 5	0	±0	0	±0
	RFA 6	133	±519	103	±425
	RFA 7	3.372	±6.282	3.797	±7.310
	RFA 10	0	±0	0	±0

*I. coindetii* wurde im Sommer in Tiefen zwischen 25 m und 94 m, bei einer Bodentemperatur zwischen 9 °C und 16 °C und bei Bodensalinitäten zwischen 33,2 psu und 35,2 psu gefangen (Abb. 1.24). Da die Anzahl der Fangstationen im Sommer sehr gering war, kann keine genauere Eingrenzung der drei Faktoren im Zusammenhang mit der Fanganzahl vorgenommen werden. Auch statistisch konnte kein Einfluss der drei Faktoren auf die Abundanz der Tiere nachgewiesen werden (Tiefe,  $p = 0,560$ ; rho: -0,037; Temp.,  $p = 0,860$ ; rho: 0,009; Salinität,  $p = 0,644$ ; rho: -0,0224).

Im Winter wurden die Tiere zwischen 62 m und 166 m, bei Bodentemperaturen von 6 °C bis 9°C sowie Bodensalinitäten zwischen 34,8 psu und 35,4 psu gefangen. Die meisten Tiere wurden dabei in 73,3 m bis 105 m Tiefe, einer Bodentemperatur zwischen 6 °C und 8 °C sowie einer Bodensalinität zwischen 35,1 psu und 35,2 psu gefischt. Während eine Zunahme der Wassertiefe einen signifikanten positiven Effekt auf die Abundanz der Tiere hatte ( $p < 0,001$ ; rho: 0,074), konnte kein statistischer Zusammenhang zwischen Bodentemperatur ( $p = 0,071$ ; rho: 0,092) oder Bodensalinität ( $p = 0,391$ ; rho: -0,053) und der Häufigkeit der Tiere nachgewiesen werden.



**Abbildung 1.24**

*Illlex coindetii*. Anzahl gefangener *I. coindetii* pro Hol und Stunde, aufgetragen gegen die Fangtiefe, Bodenwassertemperatur und Bodenwassersalinität im Sommer (erste Reihe) und Winter (zweite Reihe).

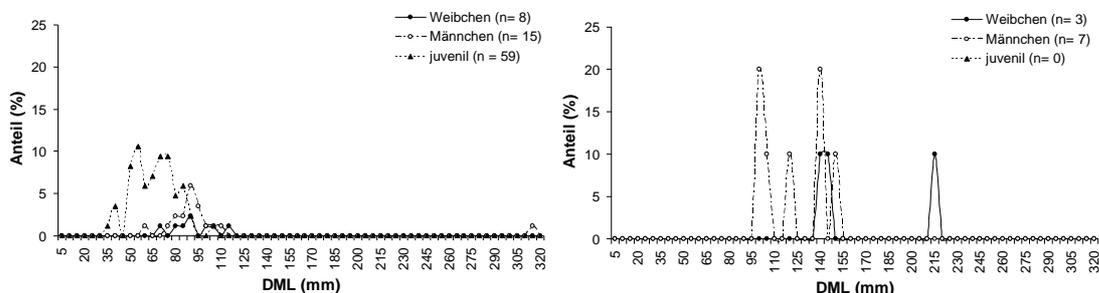
Juvenile Exemplare traten lediglich im Winter 2009 (15 Exemplare) und 2010 (44 Exemplare) auf. Insgesamt überstieg die Fanganzahl juveniler Tiere die der reifenden (27 Individuen) oder ausgereiften Tiere (9 Individuen; Tab. 1.15). Das Geschlechterverhältnis zwischen männlichen und weiblichen Tieren lag bei 70:30 im Sommer bzw. bei 69: 31 im Winter, so dass männliche Individuen in beiden Jahreszeiten häufiger vertreten waren als die weiblichen. Die Ergebnisse der Reifegradanalyse zeigen, dass sich die Winterpopulation aus 69 % unreifer Tiere, 29 % reifender und nur einem Prozent gereifter Tiere zusammensetzte. Im Sommer dagegen bestand die Population aus 20 % reifender Tiere und 80 % ausgereifter Tiere (Tab. 1.15).

**Tabelle 1.15**

*Illex coindetii*. Anzahl und Prozent der identifizierten Reifegrade für das Winter- und Sommerquartal.

Jahreszeit	Reifegrad	Anzahl	Prozent
Winter	0	59	69,41
	1	21	24,71
	2	4	4,71
	3	0	0,00
	4	0	0,00
Sommer	5	1	1,18
	0	0	0,00
	1	0	0,00
	2	0	0,00
	3	2	20,00
	4	6	60,00
	5	2	20,00

Die Längenklassenverteilung (Abb. 1.25) zeigt, dass die im Winter vorkommenden Tiere signifikant (Mann-Whitney Rangsummen-Test:  $p < 0,001$ ) kleiner waren (Mittelwert DML:  $74 \text{ mm} \pm 32 \text{ mm}$ ) als die im Sommer vermessenen (Mittelwert DML:  $134 \text{ mm} \pm 34 \text{ mm}$ ). Ein statistischer Größenunterschied zwischen beiden Geschlechtern konnte im Winter nicht beobachtet werden, wohingegen ein signifikanter Unterschied (t-Test,  $p = 0,043$ ) in der DML im Sommer, wenn die Tiere ausgewachsen waren, festgestellt werden konnte. Dabei lag die mittlere DML im Winter bei den männlichen Tieren bei  $100 \text{ mm}$  ( $\pm 54 \text{ mm}$ ) und bei den weiblichen Tieren bei  $90 \text{ mm}$  ( $\pm 14 \text{ mm}$ ). Im Sommer besaßen die Männchen eine durchschnittliche DML von  $120 \text{ mm}$  ( $\pm 21 \text{ mm}$ ) und die Weibchen von  $165 \text{ mm} \pm (41 \text{ mm})$ . Das größte gefangene Exemplar war allerdings ein Männchen mit einer DML von  $312 \text{ mm}$ , wogegen das größte gefangene Weibchen eine DML von  $213 \text{ mm}$  hatte.



**Abbildung 1.25**

*Illex coindetii*. Längenklassenverteilung (dorsale Mantellänge, DML) von juvenilen, weiblichen und männlichen Individuen in Prozent für Winter (links) und Sommer (rechts).

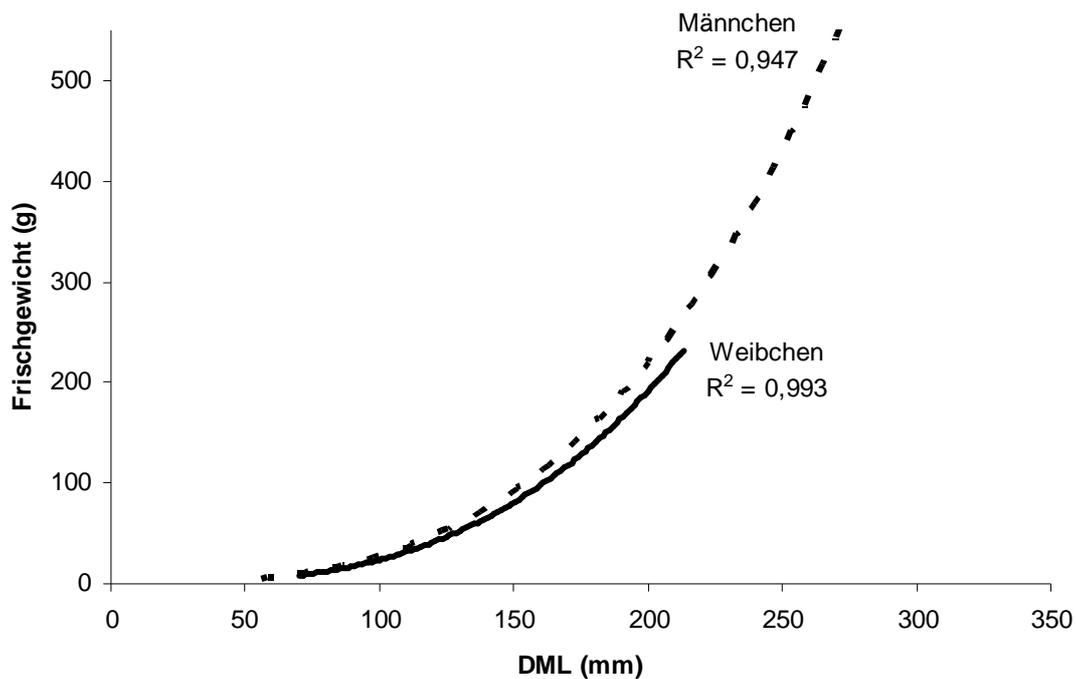
Die DML der verschiedenen Reifegrade überschneiden sich, wie schon bei allen anderen Arten erheblich, so dass man anhand der Größe der Tiere nicht auf die Reife schließen kann. Das kleinste reifende Tier war ein Männchen mit einer DML von 56 mm, die DML des kleinsten reifenden Weibchens betrug 89 mm. Die weiblichen Tiere waren ab dem Reifegrad zwei im Durchschnitt größer als die männlichen Tiere.

Den Ergebnissen zufolge kann somit vermutet werden, dass die Laichzeit dieser Art zwischen Frühjahr und Herbst liegt.

Wie schon bei *T. eblanae* sind die weiblichen Tiere von *I. coindetii*, verglichen mit den männlichen Tieren bei gleicher DML, etwas leichter (Abb. 1.26). Die dazu passenden Regressionsgleichungen lauten:

$$\text{Männchen: Gewicht} = 0,00003 \text{ DML}^{3,0157}$$

$$\text{Weibchen: Gewicht} = 0,00002 \text{ DML}^{3,0031}$$



**Abbildung 1.26**

*Illex coindetii*. Zusammenhang zwischen Frischgewicht (g) und dorsaler Mantellänge (DML, mm). Männchen, n = 25; Weibchen, n = 10.

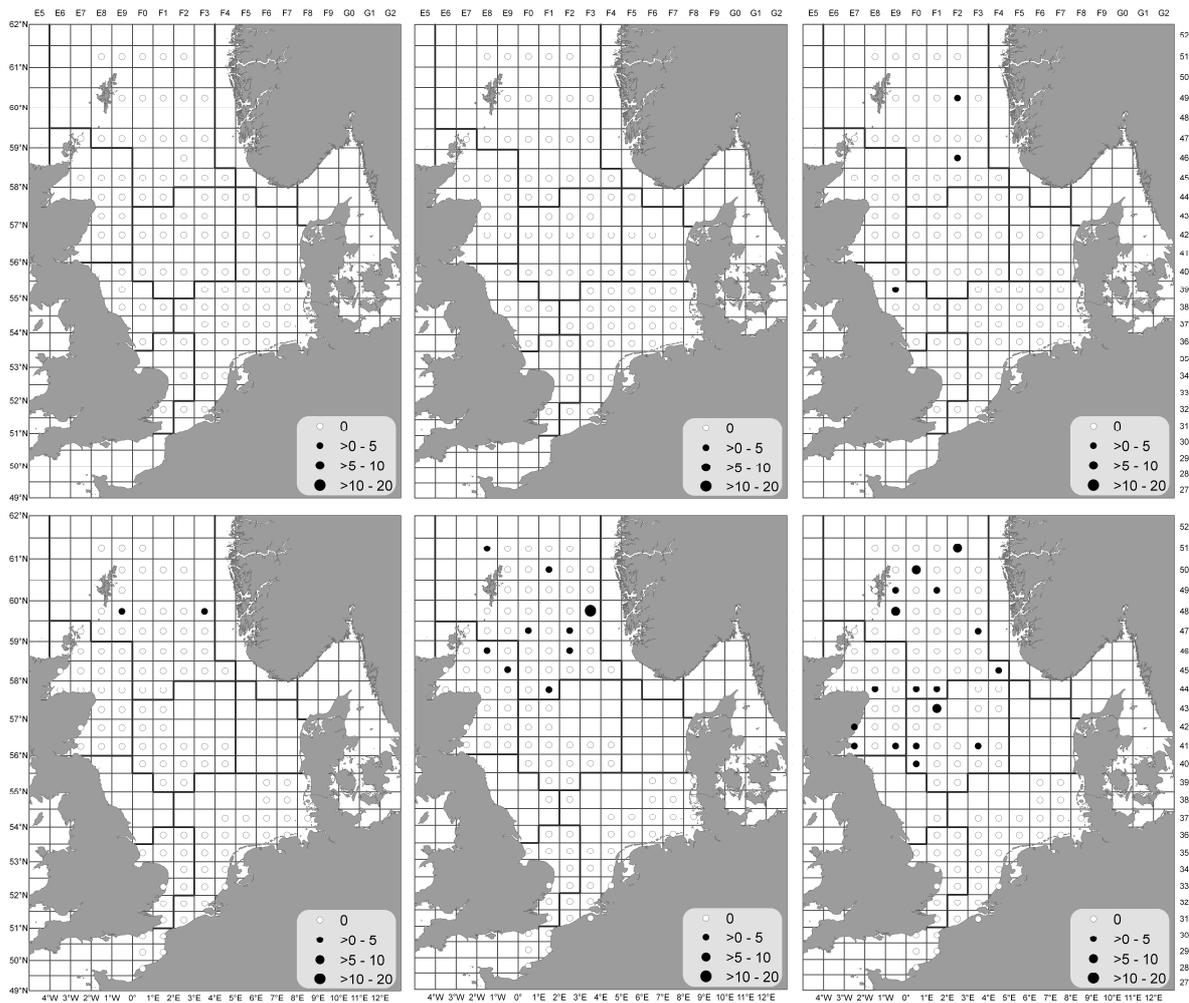
Somit wog ein Weibchen mit 200 mm DML etwa 163 g, ein Männchen gleicher Größe dagegen 261g.

Als Zusammenfassung kann festgehalten werden, dass die Population sowohl im Winter als auch im Sommer hauptsächlich aus männlichen Individuen bestand. Die Ergebnisse der Längenverteilung und Reifegradanalyse lassen eine Laichzeit zwischen Frühjahr und Herbst vermuten. Da weder im Sommer noch im Winter ein klares Verteilungsmuster zu erkennen war, kann kein exaktes Laichgebiet festgestellt werden. Allerdings zeigen die Ergebnisse, dass *I. coindetii* im Winter tiefere Wasserschichten bevorzugte und sowohl im Winter als auch im Sommer in einem engen Salinitätsbereich um 35 psu auftraten. Dabei hatten allerdings die Temperatur und die Salinität im Winter und Sommer sowie die Wassertiefe im Sommer keinen statistischen Einfluss auf das Vorkommen von *I. coindetii*. Das größte untersuchte Exemplar war ein Männchen mit 312 mm DML. Dabei wiesen die Weibchen im Sommer im Mittel eine signifikant größere DML als die Männchen auf. Letztere sind allerdings bei gleicher DML etwas schwerer als die Weibchen.

### **1.3.7 *Todarodes sagittatus***

*T. sagittatus* war mit 0,03 % der Gesamtanzahl und 51 gefangenen Tieren der seltenste Ommastrephid (Tab. 1.1). Mit den gefangenen Tieren der FK Solea konnten insgesamt 47 Exemplare genauer untersucht werden. Aufgrund der geringen Fangzahl wurde auch hier auf eine ausfahrtbezogene Analyse verzichtet, so dass die Tiere der drei Sommer- und Winterausfahrten jeweils zusammengefasst wurden. Zusätzlich wurde auf die Abbildung der Längensklassenverteilung sowie der Reifegrade in Bezug auf die DML aufgrund der zuvor beschriebenen Begebenheit verzichtet.

Während den IBTS-Ausfahrten im Sommerquartal wurden mit 5 Exemplaren (mit dem zusätzlich gefangenen Material der FK Solea 6 Exemplare) wesentlich weniger Tiere gefangen als im Winter (46 Exemplare). Dieses Ergebnis spiegelt sich dementsprechend in den Interpolationsergebnissen wider. Anhand der Berechnungen kamen im gesamten Nordseebereich im Sommer 21.141 Tiere (Kriging-Methode) beziehungsweise 14.337 Tiere (IDW-Methode) und im Winter 973.731 Tiere (Kriging-Methode) beziehungsweise 919.199 Tiere (IDW-Methode) vor.



**Abbildung 1.27**

*Todarodes sagittatus*. Fanganzahl pro Stunde und Hol der einzelnen Ausfahrten. Erste Reihe von links: Sommer 2007; Sommer 2008; Sommer 2009; Zweite Reihe von links: Winter 2008; Winter 2009; Winter 2010.

Im Sommer 2007 und 2008 wurden keine Tiere gefangen (Abb. 1.27, Tab. 1.16). Zwei der drei Fundorte im Sommer 2009 lagen im Norden (RFA 1), während ein Fundort im zentral westlichen Bereich (RFA 4) lag. Aufgrund dieser Ergebnisse ist kein Verteilungsmuster im Sommer erkennbar.

Im Winter dagegen konnte bei allen drei Ausfahrten die Art nachgewiesen werden. Dabei lag das Hauptverbreitungsgebiet im Norden (RFA 1) der Nordsee, wobei es ebenfalls zu vereinzelt Fängen im zentralen Bereich und vor der schottischen Küste (RFA 2 und 3) kam.

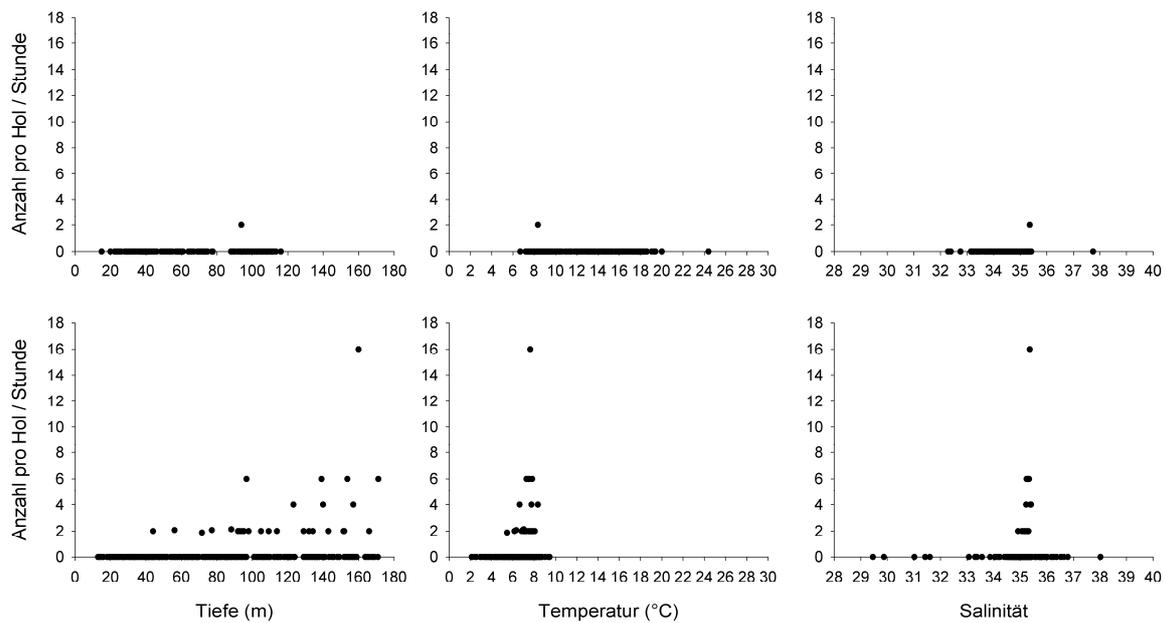
**Tabelle 1.16**

*Todarodes sagittatus*. Berechnete Mittelwerte pro Rectangle und Standardabweichung (Stabw.) für die einzelnen RFAs im Sommer und Winter.

		Mittelwert nach Kriging	Stabw.	Mittelwert nach IDW	Stabw.
Sommer	RFA 1	363	±918	247	±682
	RFA 2	0	±0	0	±0
	RFA 3	0	±0	0	±0
	RFA 4	27	±94	17	±60
	RFA 5	0	±0	0	±0
	RFA 6	0	±0	0	±0
	RFA 7	0	±0	0	±0
	RFA 10	0	±0	0	±0
Winter	RFA 1	12.187	±8.611	11.983	±12.210
	RFA 2	3.989	±4.413	3.731	±5.548
	RFA 3	3.102	±2.636	3.078	±3.319
	RFA 4	2.981	±3.302	2.989	±3.346
	RFA 5	0	±0	0	±0
	RFA 6	0	±0	0	±0
	RFA 7	939	±1.407	940	±1.502
	RFA 10	0	±0	0	±0

Im Sommer wurden bei zu wenigen Stationen *T. sagittatus* gefangen, um genaue statistische Aussagen treffen zu können. Die einzige Station bei der *T. sagittatus* gefangen wurde und mir die hydrologischen Werte vorliegen lag in einer Tiefe von 94 m bei einer Bodentemperatur von 8 °C und einem Salzgehalt des Bodenwassers von 35,4 psu auf (Abb. 1.28).

Im Winter wurden Exemplare in Tiefen zwischen 44 m und 171 m, bei einer Bodentemperatur von 6 °C bis 8 °C und einer Bodenwassersalinität zwischen 35,0 psu und 35,4 psu gefangen. Die Mehrheit der Tiere befand sich allerdings in einer Tiefe zwischen 96 m und 171 m, bei Temperaturen zwischen 7 °C und 8 °C und einem Salzgehalt von 35,2 psu bis 35,4 psu. Dabei konnte nur für eine Zunahme der Tiefe ( $p < 0,001$ ;  $\rho: 0,272$ ) eine signifikante Erhöhung der Abundanz festgestellt werden, denn sowohl die Wassertemperatur ( $p = 0,010$ ;  $\rho: 0,132$ ) als auch der Salzgehalt in Bodennähe ( $p = 0,017$ ;  $\rho: 0,146$ ) übten keinen signifikanten Einfluss auf das Vorhandensein der Art aus.



**Abbildung 1.28**

*Todarodes sagittatus*. Anzahl gefangener *T. sagittatus* pro Hol und Stunde, aufgetragen gegen die Fangtiefe, Bodentemperatur und Bodenwassersalinität im Sommer (erste Reihe) und Winter (zweite Reihe).

Die sechs im Sommer untersuchten Exemplare teilten sich in vier Männchen und zwei Weibchen auf, wogegen im Winter 12 Männchen und 21 Weibchen identifiziert werden konnten.

Bis auf ein weibliches Exemplar (Reifegrad 4), gefangen im Winter 2010, konnten weder im Sommer noch im Winter laichbereiten Tiere beobachtet werden (Tab. 1.17). Juvenile Tiere traten in den Proben ebenfalls nicht auf, so dass fast ausschließlich reife Exemplare identifiziert werden konnten.

**Tabelle 1.17**

*Todarodes sagittatus*. Anzahl und Prozent identifizierter Reifegrade für das Sommer- und Winterquartal.

Jahreszeit	Reifegrad	Anzahl	Prozent
Winter	2	25	75,76
	3	7	21,21
	4	1	3,03
Sommer	2	6	100,00

Allgemein wurden sowohl im Sommer als auch im Winter größere Exemplare gefangen. So betrug die mittlere DML der Weibchen im Winter 304 mm ( $\pm 59$  mm; n = 21), die der

Männchen 285 mm ( $\pm 23$  mm; n = 12). Ein Mann-Whitney Test ergab, dass sich die beiden Geschlechter bezüglich der DML nicht signifikant voneinander unterscheiden ( $p = 0,092$ ), dennoch lässt sich erkennen, dass die weiblichen Exemplare tendenziell größer waren. Im Sommer betrug die DML der Weibchen 320 mm ( $\pm 165$  mm; n = 2) und die der Männchen 371 mm ( $\pm 6$  mm; n = 4). Das größte untersuchte Exemplar war ein Weibchen mit einer DML von 490 mm, gefangen im Winter, während das größte Männchen, gefangen im Sommer, 380 mm maß.

Ein Unterschied zwischen den weiblichen und männlichen Tieren, in Bezug auf ihr Gewicht und ihre DML, ist kaum feststellbar. Die Ergebnisse zeigen beinahe die gleiche Regression, bei der die Weibchen minimal schwerer waren. Dazu die folgenden Regressionsgleichungen:

$$\text{Männchen: } \text{Gewicht} = 0,000040 \text{ DML}^{3,2693} \quad (R^2 = 0,96)$$

$$\text{Weibchen: } \text{Gewicht} = 0,000004 \text{ DML}^{3,2900} \quad (R^2 = 0,94)$$

Demnach wog ein Weibchen mit einer DML von 200 mm 149 g, wohingegen ein Männchen 133 g wog.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass die Art eher sporadisch und hauptsächlich im Winter im nördlichen Gebiet der Nordsee vorkam. Zu dieser Jahreszeit bevorzugten die Tiere tiefere Gewässer, wohingegen die Wassertemperatur und die Salinität keinen Einfluss auf die Abundanz hatten. Dazu traten mehr Weibchen als Männchen in der Nordsee auf. Zu beiden Jahreszeiten konnten fast ausschließlich reifende Tiere beobachtet werden, wobei auffällt, dass die Weibchen größer und etwas schwerer waren als die Männchen. Mit den hier vorliegenden Ergebnissen kann nicht festgestellt werden wann die Tiere laichen. Allerdings ist auch aufgrund der Tatsache, dass kaum laichbereite Exemplare gefunden wurden, zu vermuten, dass die Nordsee nicht zu den Laichgebieten zählt.

### 1.3.8 Sepiolidae

Da nicht bei allen Ausfahrten die Sepiolidae auf Artniveau bestimmt wurden, wurde die Gesamtanzahl der Tiere sowohl auf Artniveau als auch auf Familienniveau berechnet. Insgesamt kamen im Winter 10.862.899 (Kriging-Methode) bzw. nach der IDW-Methode 10.311.205 Sepiolidae in der Nordsee vor. Im Sommer hingegen sind es mit 73.149 (Kriging-Methode) und 55.673 Tieren (IDW-Methode) wesentlich weniger Exemplare. Im Anschluss an die Beschreibung der Verbreitung der Familie werden die einzelnen Arten noch einmal auf Artniveau beschrieben.

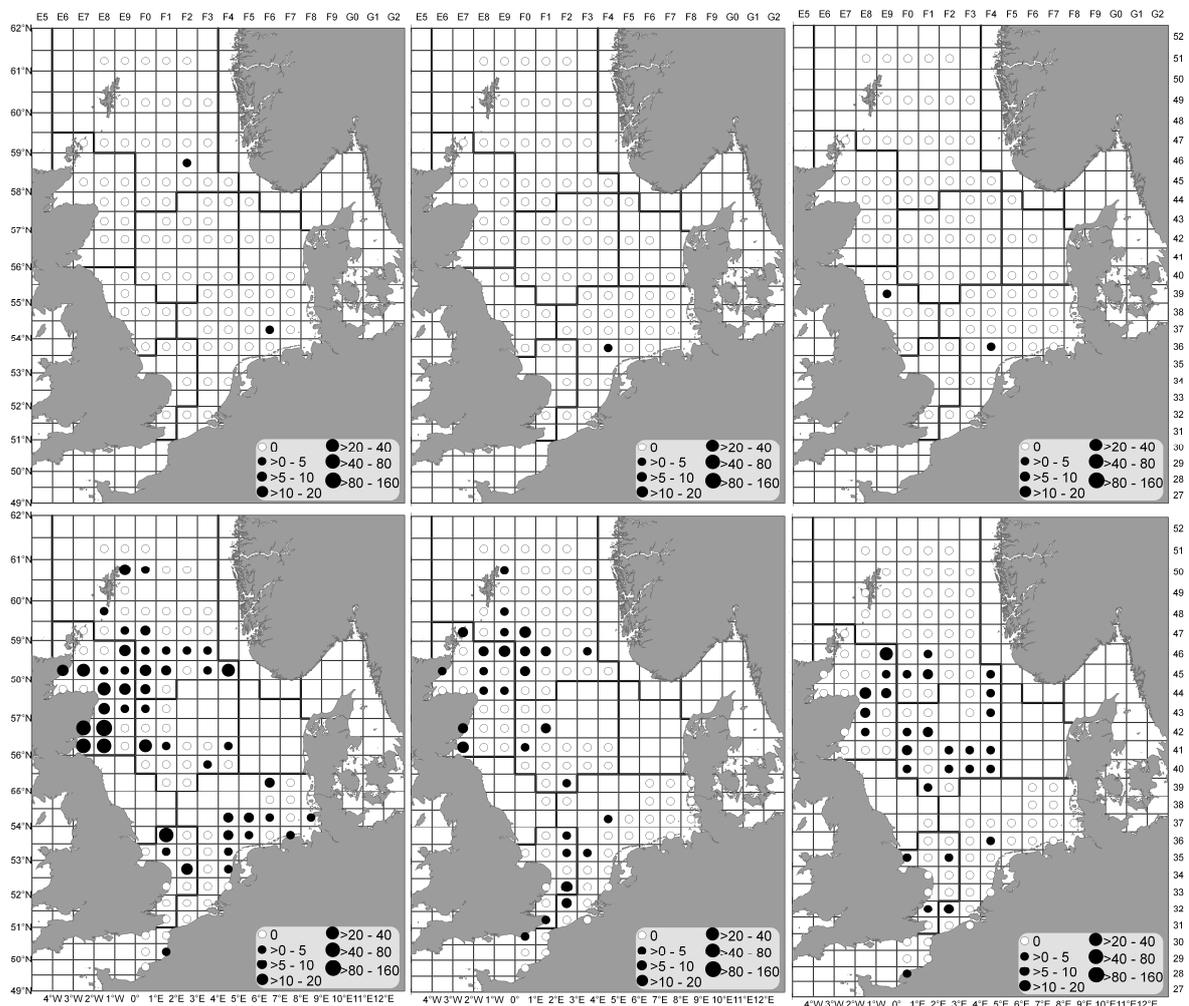


Abbildung 1.29

Sepiolidae. Fanganzahl pro Stunde und Hol der einzelnen Ausfahrten. Erste Reihe von links. Sommer 2007; Sommer 2008; Sommer 2009; Zweite Reihe von links: Winter 2008; Winter 2009; Winter 2010.

Wie bereits die Fangzahlen vermuten lassen (Tab. 1.1), waren die Fangstationen der Sepiolidae im Sommer rar. Aufgrund der geringen Anzahl kann für den Sommer kein Verteilungsmuster erkannt werden (Abb. 1.29, Tab. 1.18). Während die Familie im Sommer 2007 und 2009 in zwei Stationen (RFA 1 & 6 bzw. RFA 4 & 6) nachgewiesen werden konnte, war sie im Sommer 2008 in nur einer Station, in der RFA 6, vertreten. Im Winter traten in wesentlich mehr Stationen Sepiolidae auf. So war die Familie zu dieser Jahreszeit im gesamten Nordseebereich vertreten. Dabei wurden vor allem vor der schottischen Küste im Bereich der „Moray Firth“ und auch im Bereich der „Firth of Forth“ (RFA 3), sowie vor der englischen Küste im Bereich „The wash“ (RFA 4) vermehrt Sepiolidae gefangen. Zusätzlich konnte im Winter 2008 im südlichen Bereich (RFA 6) eine hohe Anzahl an Tieren gefischt werden.

**Tabelle 1.18**

Sepiolidae. Berechnete Mittelwerte pro Rectangle und Standardabweichung (Stabw.) für die einzelnen RFAs im Sommer und Winter.

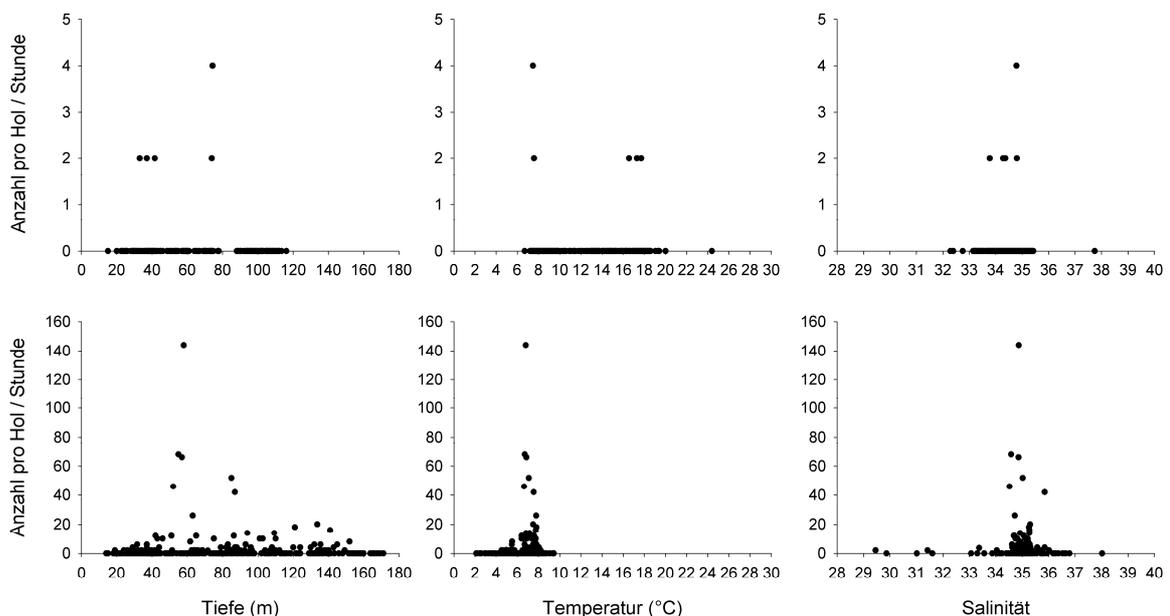
		Mittelwert nach Kriging	Stabw.	Mittelwert nach IDW	Stabw.	
Sommer	RFA 1	147	532	87	339	
	RFA 2	79	362	30	125	
	RFA 3	0	0	0	0	
	RFA 4	1.544	2.331	976	1.825	
	RFA 5	0	0	0	0	
	RFA 6	846	1.773	763	2.053	
	RFA 7	0	0	0	0	
	RFA 10	0	0	0	0	
	Winter	RFA 1	33.688	24.046	32.560	30.504
		RFA 2	34.967	31.099	32.325	33.197
RFA 3		160.254	175.939	152.422	184.229	
RFA 4		101.805	129.214	89.827	120.355	
RFA 5		65.190	41.832	63.753	64.037	
RFA 6		21.969	22.660	20.032	23.462	
RFA 7		20.861	19.031	26.129	22.996	
RFA 10		4.745	4.120	4.361	3.740	

### 1.3.8.1 *Sepiola atlantica*

Die Sepiolidae wurden im Winter 2009 von den Niederländern nicht auf Artniveau bestimmt. Selbst wenn man alle unbestimmten Sepiolidae (39 Individuen) zu den anderen Arten rechnen würde, ändert dies nichts daran, dass *S. atlantica* mit insgesamt 421 gefangenen Tieren die häufigste Sepiolidae war und nach den Loliginidae am häufigsten auftrat. Sie machte 0,24 % der Gesamtfangmenge aus (Tab. 1.1).

Die meisten Tiere (415 Exemplare) wurden im Winter gefangen. Wohingegen sechs Tiere im Sommer gefischt wurden. Bei den Sommerausfahrten mit dem FFS Walther Herwig III wurden zusätzlich zum GOV Untersuchungen mit der Baumkurre durchgeführt (siehe auch 1.2.1). Die Exemplare, die auf diese Art und Weise gefangen wurden, sind in der Analyse der Populationsstruktur berücksichtigt worden. Somit konnte auf 177 untersuchte Tiere zurückgegriffen werden.

Während für ernsthafte statistische Aussagen über das Vorkommen in verschiedenen Tiefen, Temperaturen und Salinitäten die Fangzahlen im Sommer zu gering waren, so konnte zumindest für den Winter diese Einflussfaktoren genauer betrachtet werden (Abb. 1.30).



**Abbildung 1.30**

*Sepiola atlantica*. Anzahl gefangener *S. atlantica* pro Hol und Stunde, aufgetragen gegen die Fangtiefe, Bodenwassertemperatur und Bodenwassersalinität im Sommer (erste Reihe) und Winter (zweite Reihe).

*S. atlantica* wurde im Winter zwischen 19 m und 152 m Tiefe, bei Bodentemperaturen zwischen 5 °C und 8 °C und Bodenwassersalinitäten von 29,5 psu bis 35,6 psu gefangen. Während die Wassertiefe ( $p = 0,284$ ;  $\rho: 0,059$ ) und die Bodentemperatur ( $p = 0,559$ ;  $\rho: 0,033$ ) keinen Einfluss auf das Vorkommen hatten, kann gezeigt werden, dass eine Zunahme der Salinität zu einer erhöhten Anzahl an *S. atlantica* führte.

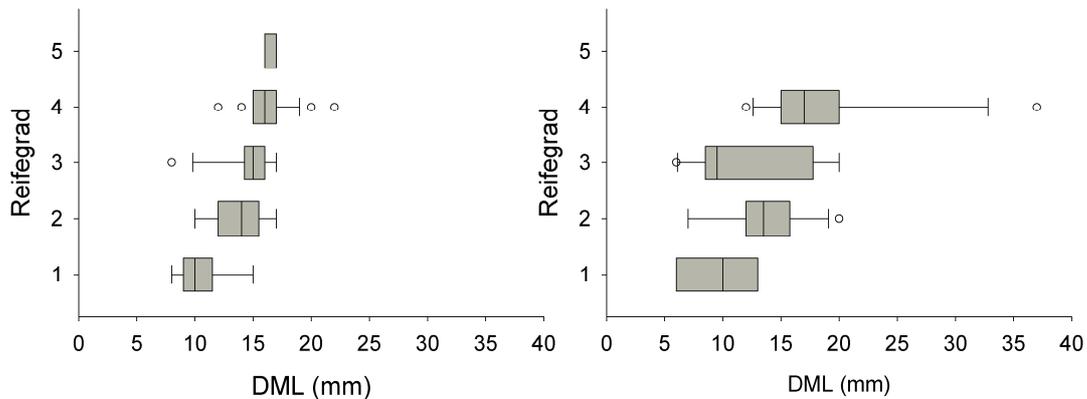
Im Sommer lag das Geschlechterverhältnis bei 54:46 (15:13 Tieren) im Winter sogar bei 80:20 (98:25 Tiere) zugunsten der männlichen Individuen. Während im Winter keine juvenilen Tiere gefangen wurden, waren es im Sommer 39 % (18 Individuen) der Gesamtfangmenge. Zusätzlich bestand die Population aus 45 % reifender und 17 % ausgereifter Tiere. Im Winter machte der Anteil der reifenden Tiere dagegen 32 % der Population aus. Den größten Anteil bildeten aber schließlich die ausgereiften Tiere mit 68 % (Tab. 1.19).

**Tabelle 1.19**

*Sepiola atlantica*. Anzahl und Prozent der identifizierten Reifegrade für das Sommer- und Winterquartal.

Jahreszeit	Reifegrad	Anzahl	Prozent
Winter	1	6	5,00
	2	18	15,00
	3	14	11,67
	4	80	66,67
	5	2	1,67
Sommer	0	18	38,30
	1	10	21,28
	2	3	6,38
	3	8	17,02
	4	7	14,89
	5	1	2,13

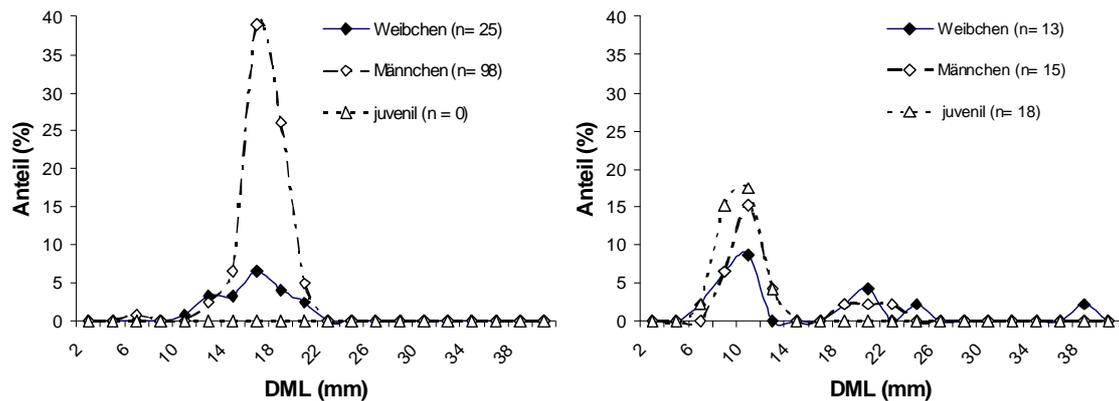
Auch bei *S. atlantica* überschneiden sich die Längensklassen der einzelnen Reifegrade. (Abb. 1.31). Bis auf die DML des Reifegrads 3 ähnelten sich die Mediane der beiden Geschlechter stark.



**Abbildung 1.31**

*Sepiola atlantica*. Dorsale Mantellänge (DML) pro Reifegrad unterteilt in Männchen (links) und Weibchen (rechts).

Der Vergleich der Größenklassen im Winter und Sommer zeigt, dass im Winter größere Tiere gefangen wurden als im Sommer. Sofern nicht die Möglichkeit bestanden hätte mit der Kurre Zusatzproben zu erhalten, hätten im Sommer nur sechs Individuen für die genaueren Untersuchungen zur Verfügung gestanden. Während im Sommer die kleinen Tiere (9 mm DML  $\pm$  2 mm) den größten Anteil der gefangenen Tiere ausmachten und die mittelgroßen und großen Tiere nur geringfügig vertreten waren, sind die Ergebnisse im Winter umgekehrt. Der Anteil der mittelgroßen und großen Tiere war zu dieser Jahreszeit am größten (Abb. 1.32).



**Abbildung 1.32**

*Sepiola atlantica*. Längenklassenverteilung (dorsale Mantellänge, DML) von juvenilen, weiblichen und männlichen Individuen in Prozent für Winter (links) und Sommer (rechts).

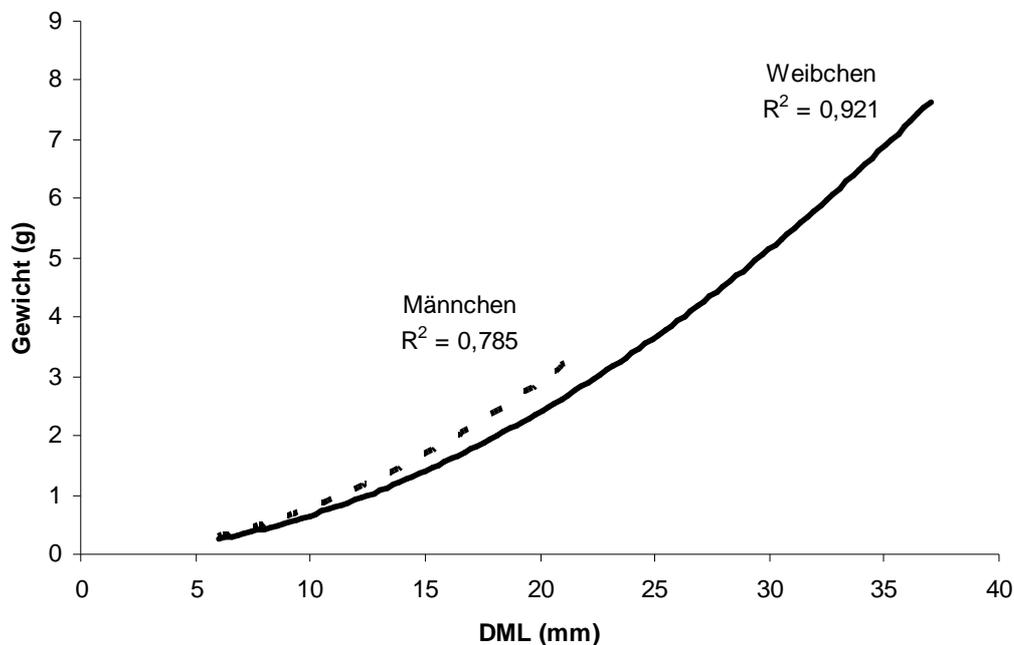
Das größte männliche Tier hatte eine DML von 22 mm und wurde im Sommer gefangen. Der Durchschnitt der zehn größten männlichen Tiere lag bei 19,4 mm DML ( $\pm 1,2$  mm), wobei alle, bis auf das 22 mm Exemplar, im Winter gefangen wurden. Das größte Weibchen, das untersucht werden konnte, hatte eine DML von 37 mm und war somit größer als das größte Männchen, wurde aber auch im Sommer gefangen. Die mittlere DML der zehn größten weiblichen Tiere betrug 21,1 mm ( $\pm 5,9$  mm) und war somit ebenfalls größer als der männliche Durchschnitt. Allerdings wurden vier von diesen Weibchen im Sommer gefangen.

Betrachtet man das Verhältnis zwischen DML und Gewicht der männlichen und weiblichen Individuen, so ähneln sich beide Kurven sehr. Allerdings waren die weiblichen Individuen bei gleicher DML immer etwas leichter als die männlichen Vertreter dieser Art. Die dazu passenden Regressionsgleichungen lauten:

$$\text{Männchen: } \text{Gewicht} = 0,0096 \text{ DML}^{1,9074}$$

$$\text{Weibchen: } \text{Gewicht} = 0,0086 \text{ DML}^{1,8802}$$

Weibliche Exemplare mit einer DML von 15 mm hatten demnach ein Gewicht von 1,4 g, Männchen hingegen wogen bei gleicher Größe 1,7 g (Abb. 1.33).



**Abbildung 1.33**

*Sepiola atlantica*. Zusammenhang zwischen Frischgewicht (g) und dorsaler Mantellänge (DML, mm). Männchen, n = 112; Weibchen, n = 38.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass *S. atlantica* in der Nordsee der häufigste Vertreter der Familie der Sepiolidae war, dass sowohl im Winter als auch im Sommer mehr männliche Tiere in der Population vertreten waren, und dass im Winter die Population aus mehr größeren und ausgereifteren Tieren bestand als im Sommer. Daher kann vermutet werden, dass die Laichperiode zwischen Winter und Frühjahr liegt. Es konnte festgestellt werden, dass lediglich eine erhöhte Salinität einen positiven Einfluss auf die Abundanz dieser Art hatte. Allerdings war die Toleranz gegenüber Salzgehalten bei *S. atlantica* am stärksten ausgeprägt. Die Weibchen dieser Art wurden größer als die Männchen, wobei die Männchen mit gleicher DML schwerer waren als die Weibchen.

### **1.3.8.2 *Sepietta oweniana***

Insgesamt konnten 67 Tiere dieser Art gefangen werden. Somit machte *S. oweniana* 0,04 % des Gesamtfanges aus und war die zweit häufigste Sepiolidae (Tab. 1.1). Bei den folgenden Analysen wurde auf eine Betrachtung der einzelnen Ausfahrten aufgrund der geringen Fangmenge verzichtet. Insgesamt konnten 65 Exemplare dieser Art genauer untersucht werden.

*S. oweniana* wurde lediglich im Winter gefangen, dadurch sind nur Aussagen über die Population im Winter möglich. Selbst Fänge mit der Baumkurre im Sommer brachten keine zusätzlichen Exemplare hervor. Für die Populationsbeschreibung konnten somit insgesamt 65 Tiere untersucht werden. Das Geschlechterverhältnis lag bei 54:46 (35:30 Tiere) zugunsten der männlichen Individuen. Juvenile Tiere sind im Winter nicht angetroffen worden. Die Untersuchung der Geschlechtsreife zeigt, dass im Winter die Population zu 48 % aus reifenden Tieren und zu 52 % aus ausgereiften Tieren bestand (Tab. 1.20). Dabei war der Anteil ausgereifter Tiere bei den männlichen Individuen mit 66 % höher als bei den Weibchen (33 %).

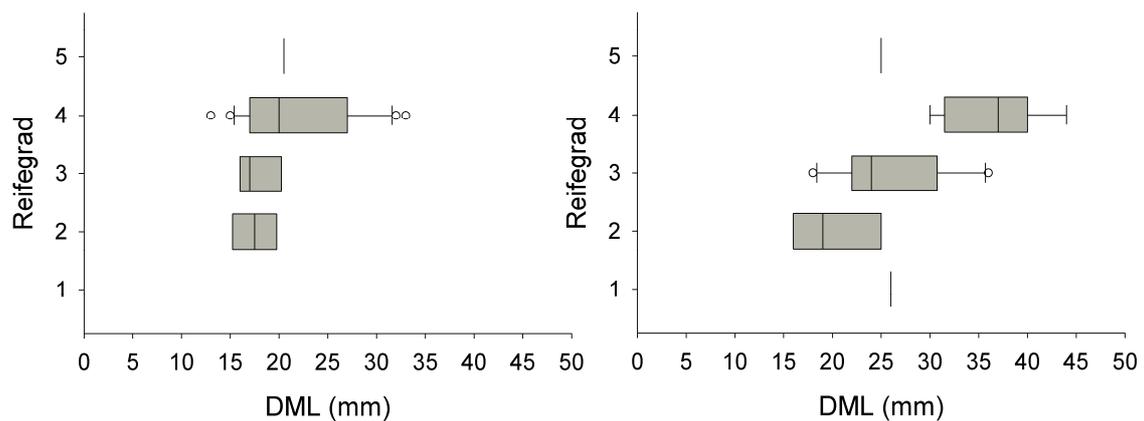
**Tabelle 1.20**

*Sepietta oweniana*. Anzahl und Prozent identifizierter Reifegrade für das Winterquartal.

Jahreszeit	Reifegrad	Anzahl	Prozent
Winter	0	0	0
	1	1	1,59
	2	11	17,46
	3	18	28,57
	4	30	47,62
	5	3	4,76

Alle Tiere wurden zwischen 32 m und 171 m Tiefe bei einer Bodenwassertemperatur zwischen 6,6 °C und 8,6 °C und einer Salinität des Bodenwassers zwischen 34,2 psu und 35,4 psu gefischt. Dabei hatten weder die Tiefe ( $p = 0,054$ ;  $\rho: 0,135$ ) noch die Temperatur ( $p = 0,067$ ;  $\rho: 0,128$ ) noch die Salinität ( $p = 0,526$ ;  $\rho: 0,044$ ) einen signifikanten Einfluss auf das Vorkommen dieser Art. Allerdings war die Station, an der die meisten Tiere gefangen wurden (10 Exemplare) 171 m tief, wobei die Temperatur in dieser Tiefe 7,9 °C und die Salinität 35,35 psu betrug.

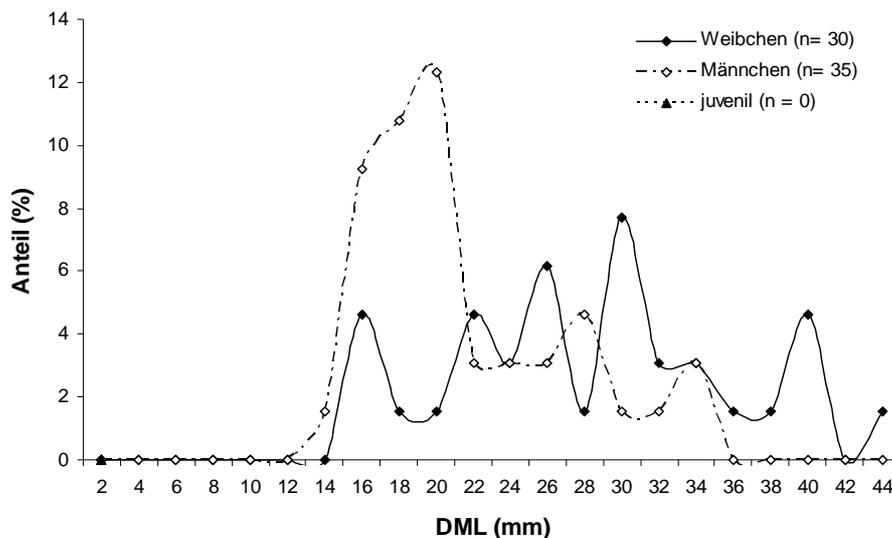
Auch bei *S. oweniana* überschnitten sich die Längenklassen der einzelnen Reifegrade erheblich. Da die Mediane stark schwankten, ist es nicht möglich einen Größtentrend zu beobachten (Abb. 1.34).



**Abbildung 1.34**

*Sepietta oweniana*. Dorsale Mantellänge (DML) pro Reifegrad unterteilt in Männchen (links) und Weibchen (rechts).

Die Abbildung 1.35 der Längenklassenverteilung zeigt, dass der Anteil der eher kleineren Exemplare von den männlichen Individuen eingenommen wird, während die weiblichen Tiere größer waren. Die mittlere DML der Weibchen betrug 28 mm ( $\pm 7,8$  mm) und war somit größer als die der Männchen (DML: 20,9 mm;  $\pm 5,5$  mm). Das größte gefangene Tier dieser Art war ein Weibchen mit 44 mm DML, während das größte Männchen lediglich 33 mm DML maß.



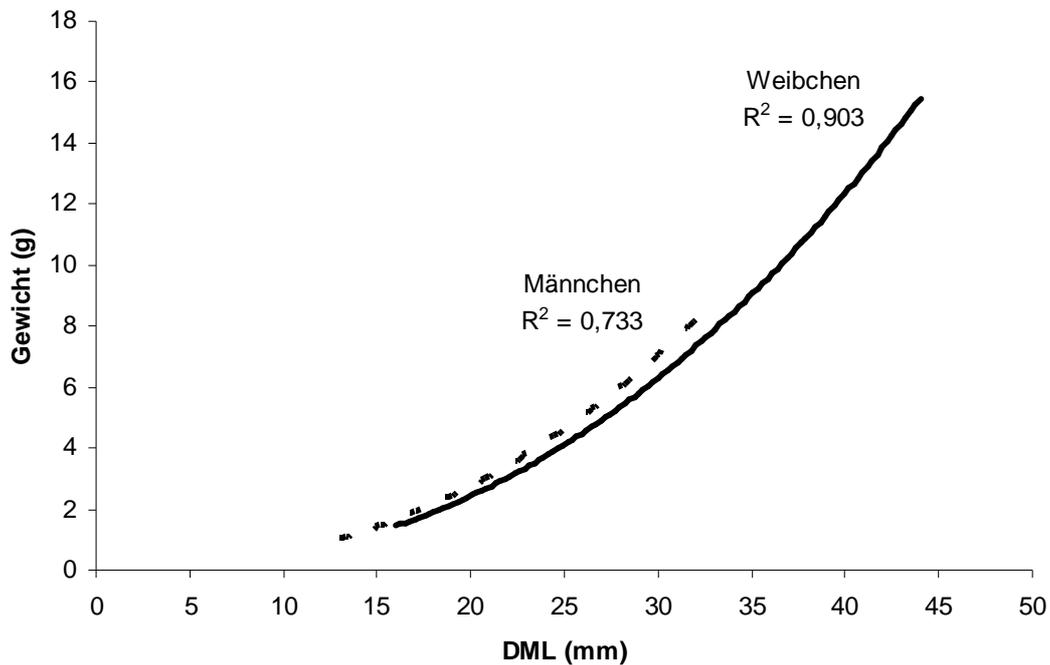
**Abbildung 1.35**

*Sepietta oweniana*. Längenklassenverteilung (dorsale Mantellänge, DML) von juvenilen, weiblichen und männlichen Individuen in Prozent im Winter.

Beim Gewichts-Längenverhältnis ist zu erkennen, dass die weiblichen Tiere bei gleicher DML leichter waren als die männlichen. So wog z.B. ein Weibchen mit einer DML von 15 mm 1,3 g, während ein Männchen mit der gleichen DML 1,4 g wog (Abb. 1.36). Die dazu gehörigen Regressionsgleichungen lauten wie folgt:

$$\text{Männchen: } \text{Gewicht} = 0,0026 \text{ DML}^{2,3235}$$

$$\text{Weibchen: } \text{Gewicht} = 0,0022 \text{ DML}^{2,3452}$$



**Abbildung 1.36**

*Sepietta oweniana*. Zusammenhang zwischen Frischgewicht (g) und dorsaler Mantellänge (DML, mm). Männchen, n = 35; Weibchen, n = 30.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass mehr männliche *S. oweniana* als weibliche Individuen in der Nordseepopulation vertreten waren. Diese Art wurde nur im Winter gefangen, wobei zu dieser Jahreszeit nur reife und ausgereifte Tiere vorkamen. Weder die Temperatur oder die Salinität in Bodennähe noch die Temperatur hatten einen signifikanten Einfluss auf die Abundanz von *S. oweniana*. Männliche Tiere waren kleiner als die weiblichen, waren aber bei gleicher DML schwerer und eher laichbereit. Die Laichzeit wird zwischen Herbst und Frühjahr vermutet.

### 1.3.8.3 *Rossia macrosoma*

*R. macrosoma* wurde insgesamt 23-mal mit den Netzen der Forschungsschiffe gefangen. Dadurch machte sie nur knapp 0,01 % des Gesamtfanges aus und kam von allen Sepiolidae am seltensten vor (Tab. 1.1). Wie schon bei den beiden anderen Sepiolidae Arten wurden auch bei dieser Art fast alle Tiere im Winter gefangen. Lediglich ein

Exemplar wurde im Sommer 2007 gefischt. Aufgrund dieser Tatsache, wurde wie schon zuvor bei den anderen Arten, die nicht häufig gefangen wurden, keine ausfahrtsbezogene Untersuchung durchgeführt, sondern nur eine Analyse der Population im Winter durchgeführt.

Das im Sommer gefangene Tier war ein Weibchen mit dem Reifegrad 5 und einer DML von 39 mm. Das Tier wurde in einer Tiefe von 107 m gefangen, dabei lag die Temperatur in dieser Tiefe bei 7,6 °C und die Salinität bei 35,2 psu.

Die Tiere, die im Winter gefischt wurden befanden sich zwischen 75 m und 171 m Wassertiefe bei einer Temperatur zwischen 5,7 °C und 8,5 °C und einer Salinität zwischen 34,8 psu und 35,4 psu.

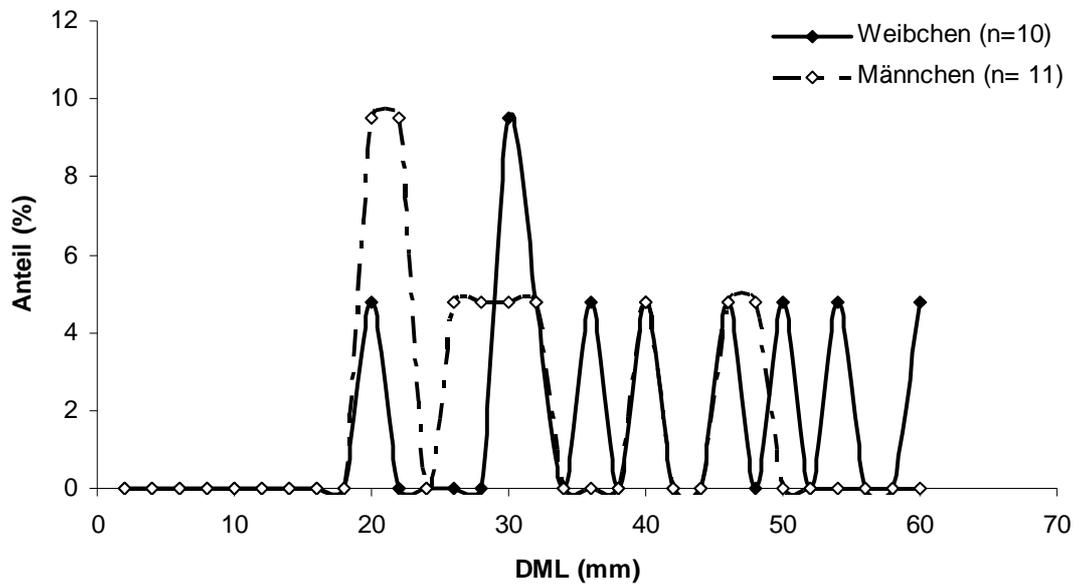
Das Geschlechterverhältnis war im Winter nahezu ausgeglichen, da den 11 Männchen zehn Weibchen gegenüberstanden. Die Reife zu dieser Jahreszeit lag zwischen eins und vier. Den größten Anteil nahmen die reifenden Tiere mit 81 % ein, die restlichen 19 % machten die ausgereiften Tiere aus. Mit einer mittleren Reife von 2,4 ( $\pm 0,7$ ) waren die Weibchen genauso weit entwickelt wie die Männchen, die ebenfalls eine mittlere Reife von 2,4 ( $\pm 1,1$ ) besaßen. Zwei Männchen mit einem Reifegrad von 1 konnten untersucht werden, beide wiesen eine DML von 20 mm auf. Weibchen mit dem Reifegrad 1 konnten dagegen nicht gefunden werden (Tab. 1.21).

**Tabelle 1.21**

*Rossia macrosoma*. Anzahl und Prozent identifizierter Reifegrade für das Winterquartal.

Jahreszeit	Reifegrad	Anzahl	Prozent
Winter	0	0	0,00
	1	2	9,52
	2	12	57,14
	3	3	14,29
	4	4	19,05
	5	0	0,00

Aufgrund der wenigen Exemplare wurde auf eine Darstellung der Längenklassen der einzelnen Reifegrade verzichtet.

**Abbildung 1.37**

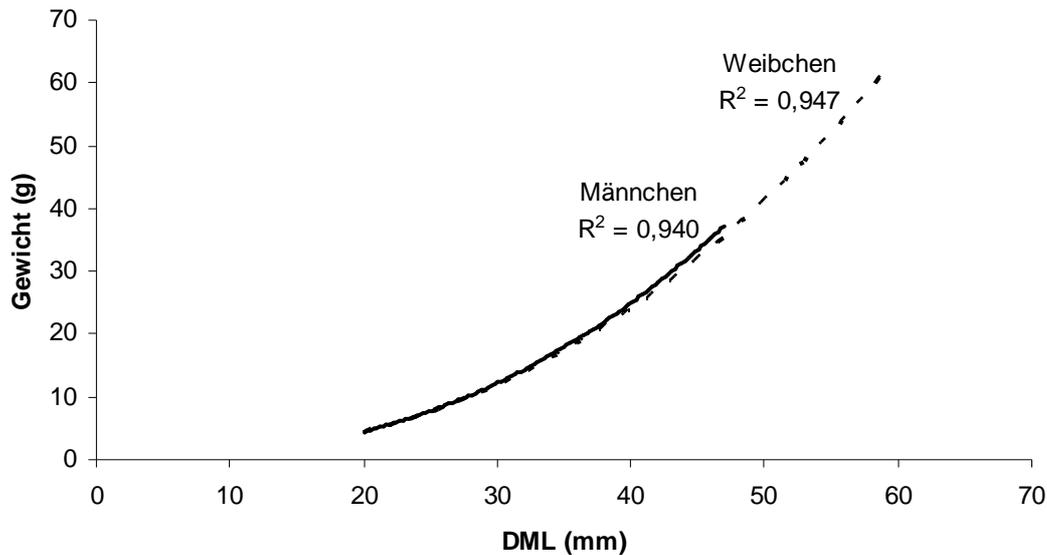
*Rossia macrosoma*. Längenklassenverteilung (dorsale Mantellänge, DML) von weiblichen und männlichen Individuen in Prozent im Winter.

Das größte gefangene Exemplar war ein Weibchen mit einer DML von 59 mm, das größte Männchen hatte dagegen eine DML von 47 mm und war somit 12 mm kleiner. Dabei machten die Männchen den größeren Anteil der eher kleinen Tiere aus, während die Weibchen den Hauptanteil der größeren Tiere ausmachten (Abb. 1.37). Die mittlere DML der zehn größten Weibchen betrug  $41 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ , die der 11 Männchen lag bei  $31 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ .

Die Beziehung zwischen Gewicht und DML unterschied sich zwischen den männlichen und weiblichen Tieren gering (Abb. 1.38). So waren die Weibchen ab einer DML von etwa 35 mm etwas schwerer als ihr männliches Pendant. Die dazu passenden Regressionsgleichungen lauten wie folgt:

$$\text{Männchen: Gewicht} = 0,0025 \text{ DML}^{2,4097}$$

$$\text{Weibchen: Gewicht} = 0,0030 \text{ DML}^{2,4315}$$



**Abbildung 1.38**

*Rossia macrosoma*. Zusammenhang zwischen Frischgewicht (g) und dorsaler Mantellänge (DML, mm). Männchen, n = 11; Weibchen, n = 11.

Letztendlich zeigt sich, dass das Geschlechterverhältnis bei *R. macrosoma* ausgeglichen war. Den größten Anteil der Winterpopulation machten die reifenden Tiere aus, während parallel einige ausgereifte Tiere auftraten. Die Tiere befanden sich dabei in 75 m bis 171 m Wassertiefe bei einer Wassertemperatur von 5,7 °C bis 8,5 °C bei einer Salinität zwischen 34,8 psu und 35,4 psu. Juvenile Tiere konnten weder im Sommer noch im Winter gefangen werden, so dass eine Laichzeit von Winter bis Frühjahr vermutet werden kann. Die Weibchen waren größer als die Männchen, wobei letztere bei gleicher DML schwerer als die Weibchen waren.

### 1.3.9 *Sepia elegans* & *Sepia officinalis*

Sepiidae traten in der Nordsee am seltensten auf. Vier *Sepia officinalis* und vier *Sepia elegans* waren die einzigen gefangenen Vertreter dieser Familie, die allesamt im Winter gefischt wurden. Aufgrund der niedrigen Anzahl wurde auf eine Interpolation der Gesamtanzahl verzichtet.

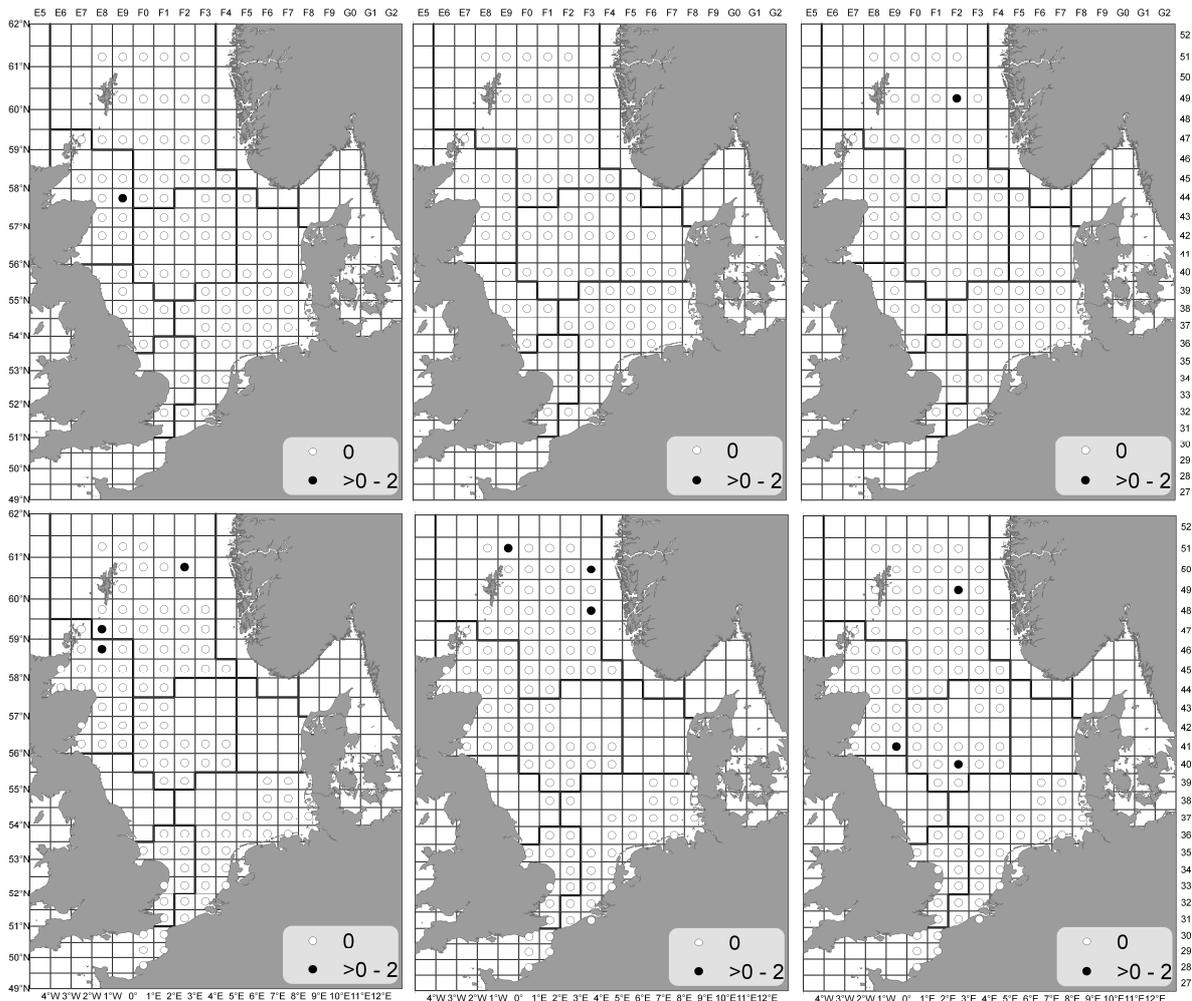
Unter den beiden *S. officinalis* im Winter 2008 waren ein Männchen mit einer Reife von eins und einer DML von 85 mm, sowie ein Weibchen mit einem Reifegrad von 4 und einer DML von 180 mm. Jeweils ein Tier wurde in dem Rectangle 39F1 sowie 29F0 bei Tiefen zwischen 34 m und 60 m, bei einer Wassertemperatur von 7,9 °C und 8,6 °C sowie einer Salinität zwischen 34,9 psu und 36,5 psu gefangen. Im Winter 2010 wurden ein Weibchen (66 mm DML) mit einer Reife von eins und ein juveniles Exemplar mit einer DML von 53 mm gefangen. Dabei befand sich jeweils ein Tier in dem Rectangle 42F0 und 41F1, bei einer Tiefe von 85,3 m bzw. 86,4 m, einer Temperatur von 7,5 °C und 7,6 °C sowie einer Salinität von 35,1 psu.

Von *S. elegans* sind wie bereits oben beschrieben vier Vertreter gefangen worden. Ein Exemplar wurde im Winter 2008 im Rectangle 50F0 gefischt. Es befand sich in einer Tiefe von 146 m bei einer Temperatur von 8,6 °C und einer Salinität von 35,4 psu. Die drei restlichen Tiere wurden im Winter 2009 gefischt. Diese Tiere wurden in einer Tiefe zwischen 118 m und 166 m, bei einer Temperatur von 8,0 °C und 8,5 °C und einer Salinität zwischen 35,3 psu und 35,4 psu in der RFA 1 (Rectangles: 47E8, 51F0, 50F0) gefangen. Die DML lag zwischen 42 und 67 mm. Bei dem Einzelfund im Winter 2008 handelte es sich um ein Weibchen mit dem Reifegrad 3 und einer DML von 42 mm. Bei den drei weiteren Exemplaren konnte weder das Geschlecht noch die Reife bestimmt werden.

### **1.3.10 *Eledone cirrhosa***

Der einzige Vertreter der Familie der Octopodidae in der Nordsee war *E. cirrhosa*. Insgesamt wurden 13 Exemplare (0,01 % der Gesamtfangmenge) gefangen, vier davon im Sommer, die restlichen Tiere im Winter. Im Sommer wurde zusätzlich ein Individuum mit der Baumkurre gefangen. Vier Exemplare aus dem Sommer und acht Exemplare aus dem Winter konnten genauer untersucht werden. Wie schon bei den Sepiidea wird hier aufgrund der geringen Fanganzahl auf eine Interpolation der Gesamtanzahl in der Nordsee verzichtet.

Mit Ausnahme des Winters 2010, in dem die Art auch im zentralen Bereich der Nordsee gefangen wurde, wurde *E. cirrhosa* ausschließlich im nördlichen Bereich gefangen (Abb. 1.39).



**Abbildung 1.39**

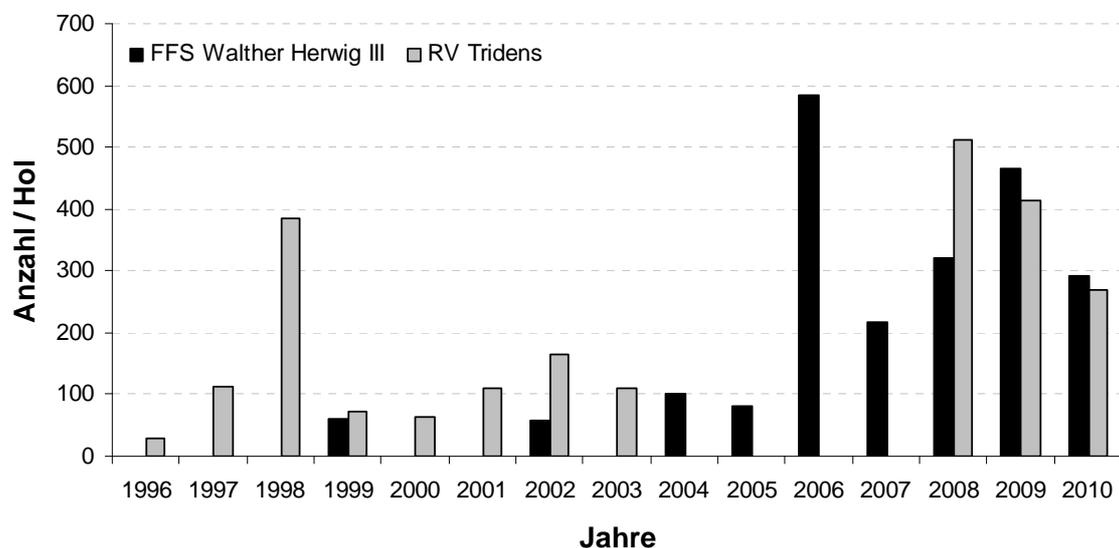
*Eledone cirrhosa*. Fanganzahl pro Stunde und Hol der einzelnen Ausfahrten. Erste Reihe von links: Sommer 2007; Sommer 2008; Sommer 2009; Zweite Reihe von links: Winter 2008; Winter 2009; Winter 2010.

Zwei Exemplare der Winterfänge waren juvenil und hatten eine Größe von 15 mm bzw. 20 mm, im Sommer dagegen traten keine juvenilen Tiere auf. Parallel zu den Juvenilen traten im Winter zusätzlich Exemplare mit einer Größe zwischen 83 mm und 120 mm auf. Dabei hatten diese Tiere, mit einer Ausnahme (Reifegrad 3) alle einen Reifegrad 2. Das Geschlechterverhältnis lag bei vier Männchen und einem Weibchen.

Die Sommerfänge waren zwischen 35 mm und 180 mm groß. Drei Männchen hatten einen Reifegrad von zwei (mittlere Größe: 36 mm,  $\pm 2$  mm), ein Männchen einen Reifegrad von 4 (78 mm) und das einzige Weibchen mit einer Größe von 180 mm hatte einen Reifegrad von fünf. Das Geschlechterverhältnis lag ebenfalls, wie im Winter, bei vier Männchen und einem Weibchen. Die im Winter und Sommer gefangenen Tiere befanden sich in einer Tiefe zwischen 95,8 m und 169 m bei einer Temperatur zwischen 6,9 °C und 8,4 °C sowie bei einer Salinität von 35,2 psu bis 35,4 psu.

### 1.3.11 Bestandsentwicklung der Tintenfische

Da allein die Daten dieser dreijährigen Untersuchung nicht ausreichen um eine stichfeste Aussage über die Bestandsentwicklung der Tintenfische in den letzten Jahre treffen zu können, wurden die in dieser Arbeit erhobenen Winter-Daten mit weiteren Literaturdaten der IBTS Winterausfahrten ergänzt (Abb. 1.40). Leider konnten nicht die Daten der einzelnen Fangstationen verwendet werden, so dass bei der Darstellung der Ergebnisse auf die Standardabweichungen verzichtet werden muss.



**Abbildung 1.40**

Anzahl gefangener Tintenfische pro 30 min Hol im südlichen und zentralen Bereich der Nordsee (FS Tridens), und im zentralen und nördlichen Bereich der Nordsee FFS Walther Herwig III

Vernachlässigt man den Peak im Jahr 1998, in dem pro Hol durchschnittlich 385 Tiere gefangen wurden, so stieg die Fangmenge der Tintenfische auf der FS Tridens von 1996 und 29 Tieren pro 30 min Hol bis 2008 auf 513 Tintenfische pro 30 min Hol. Im Winter 2009 und 2010 ging die Fangzahl auf 270 Tiere pro 30 min Hol zurück. Die Fangzahlen des FFS Walther Herwig III stiegen vom Winter 1999 und 60 Tieren pro 30 min Hol bis 2006 auf 584 Tiere pro 30 min Hol. Im darauf folgendem Winter 2007 waren es 218 Tiere pro 30 min Hol. Die Fangzahl stieg bis 2009 auf 466 Tiere pro 30 min Hol an, und lag aktuell im Winter 2010 bei 291 Tieren pro 30 min Hol.

Zusätzlich konnten Fahrtprotokolle älterer Fischereiausfahrten ausgewertet werden (siehe Anhang Abb. A2) die in der Diskussion mit einbezogen werden.

## 1.4 Diskussion

### Populationsbiologie der Nordsee-Tintenfische

Im weltweiten Vergleich ist die Fischerei der Cephalopoden in der Nordsee von geringer Bedeutung. In den letzten zehn Jahren lagen die Anlandungen zwischen 1.100 t und 3.000 t, und machten etwa 0,03 bis 0,08 % der weltweiten Anlandungen aus (Anonym, 2011; EU, 2011). Im Nationenvergleich nahm Deutschland mit 4 t bis 62 t Anlandungen nur einen kleinen Anteil der jährlichen Anlandungen aus der Nordsee ein. Den mit Abstand größten Anteil der Anlandungen machte Großbritannien mit jährlich 700 t bis 2.000 t aus, gefolgt von den Niederländern und Franzosen mit jährlich etwa 200 t bis 900 t. Im gleichen Zeitraum lagen die jährlichen Gesamtanlandungen im Nordostatlantik zwischen 48.000 t und 60.000 t. Den größten Anteil daran hatten die Franzosen (19.000 t bis 28.000 t), gefolgt von den Spaniern und Portugiesen (etwa 9.000t bis 18.000t) sowie den Briten (5.000 t bis 9.000 t) (EU, 2011).

Dabei unterliegt die Fischerei der Tintenfische keinerlei Begrenzungen oder Regelungen. Die kurze Lebensdauer der Cephalopoden und das lückenhafte Wissen erschwert eine strategische Fischerei (Caddy, 1983; Rosenberg et al., 1990; Pierce & Guerra, 1994), weshalb die Tintenfischbestände bei vermehrter Nutzung besonders von Überfischung bedroht sind (Bravo de Laguna, 1989; Rosenberg et al., 1990). Dabei ist ein wissenschaftliches Assessment nicht nur für die direkte Befischung der Cephalopoden von Nöten, sondern auch aufgrund der Schlüsselrolle der Tintenfische im marinen Ökosystem (ICES, 2010a). Im Rahmen der integrierten Meerespolitik der Europäischen Union und dem damit verbundenen Ökosystemansatz zur Bewirtschaftung der Meeresgebiete und der Erlangung eines guten Umweltzustandes (EU, 2008) wird dem Management und Assessment der Tintenfischbestände eine höhere Bedeutung beigemessen (ICES, 2010a). Dementsprechend sind die in dieser Arbeit erhobenen Daten von zentraler Wichtigkeit.

### 1.4.1 Allgemein

Zum Fangen der Tintenfische wurde ein GOV-Netz mit einer Maschenweite von 20 x 20 mm am Steert verwendet. Es ist sehr wahrscheinlich, dass gerade die kleinen Tintenfischarten wie Sepiolidae und juvenile Individuen aufgrund der Maschenweite nicht oder nur unzureichend gefangen wurden. Zudem wird für Tintenfische, wie z.B. *L. forbesi*, eine aktive Netzflucht vermutet (Hastie, 1996). Demnach kann keine quantitative Aussage über die genaue Biomasse der einzelnen Arten getroffen werden. Eine Gesamtaussage für die einzelnen Populationen der selten vertretenden Arten kann demzufolge nur vorsichtig aufgefasst werden. Da allerdings die Fänge seit Jahren den IBTS-Standards folgen, kann durch einen relativen Vergleich abgeschätzt werden, inwiefern sich die Bestände verändern.

Inwiefern es sich in der Nordsee um einzelne Populationen handelt, kann nicht bestätigt werden, da hierzu die nötigen genetischen Untersuchungen fehlen. Trotzdem wird in dieser Arbeit auf den Begriff der Population zurückgegriffen.

Generell sind beachtliche Unterschiede zwischen den Sommer- und Winterausfahrten festzustellen, denn im Winter lag die Anzahl gefangener Tiere und Arten wesentlich höher als im Sommer, was durch Migrationen oder Lebenszyklen erklärbar ist (siehe dazu die einzelnen Arten).

Bisher konnten 21 unterschiedliche Tintenfischarten in der Nordsee beschrieben werden (*A. media*, *A. subulata*, *L. forbesi*, *L. vulgaris*, *I. coindetii*, *Ommastrephes bartamii*, *T. sagittatus*, *T. eblanae*, *Architeuthis dux*, *Onychoteuthis banksii*, *Rossia glaucopis*, *R. macrosoma*, *Sepietta neglecta*, *S. oweniana*, *S. atlantica*, *Sepiola aurantiaca*, *S. elegans*, *S. officinalis*, *Sepia orbignyana*, *E. cirrhosa*, *Octopus vulgaris*), von denen 11 (*A. subulata*, *L. forbesi*, *L. vulgaris*, *I. coindetii*, *T. sagittatus*, *T. eblanae*, *R. macrosoma*, *S. oweniana*, *S. atlantica*, *S. officinalis*, *E. cirrhosa*) regelmäßig in der Nordsee auftreten (de Heij & Baayen, 2005; Hastie et al., 2009a; Oosterwind et al., 2010). Durch die Arbeit der Niederländer könnte bald eine weitere Art (*Sepiola tridens* spec. nov.) zu dieser Liste hinzugefügt werden (de Heij & Goud, 2010). Zusätzlich zu den 11 regelmäßig auftretenden Arten konnte in dieser Studie im Winter 2008 und 2009 *S. elegans* im

nördlichen Nordseegebiet gefangen werden. Bisher konnte dies Art nur im südlichen Bereich der Nordsee nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass der kleine Kalmar *A. subulata* der am häufigsten vorkommende Tintenfisch in der Nordsee ist. De Heij & Baayen (1999) untersuchten mit der gleichen Fangmethodik die südliche und zentrale Nordsee und kamen zu dem Ergebnis, dass über 90 % der gefangenen Tiere in ihrem untersuchten Gebiet *A. subulata* waren. In meiner Arbeit gehören 99,5 % zu den Langflossenkalmaren (Loliginidae) (davon 94,5 % *A. subulata*, 2,4 % *L. forbesi*, 2,5 % *L. vulgaris*), 0,2 % zu den Kurzflossenkalmaren (*T. eblanae*, *T. sagittatus*, *I. coindetii*) und 0,4 % zu den restlichen Tintenfischen (Sepioidae, Sepiolidae, Octopodidae). Demnach sind die Langflossenkalmare, vor allem *A. subulata*, die wichtigste Tintenfischgruppe, beziehungsweise Art, in der Nordsee.

Für die Berechnung der Gesamtanzahl der einzelnen Arten wurden zwei verschiedene GIS-Interpolationsmöglichkeiten gewählt. Dabei ist zu beachten, dass als Grundlage für die Berechnungen die Fangergebnisse und somit sowohl die Fangmethodik als auch die räumliche Auflösung eine erhebliche Rolle spielen (siehe oben). Die dadurch verursachten Fehler beeinflussen dementsprechend auch die weiteren Berechnungen. Um die räumliche Auflösung so weit wie möglich zu erhöhen, wurden die Fangdaten anderer Schiffe, wie dem FS Tridens (im Winter) und der CEFAS Endeavour (im Sommer), miteinbezogen und die Fangstationen aller drei Ausfahrten in den beiden Quartalen jeweils zusammengefasst. Im Sommer konnte somit eine Grundlage von 546 Fangstationen, im Winter von 410 Stationen geschaffen werden. Eine Abschätzung der Verlässlichkeit der Ergebnisse ist schwierig, da es kaum vergleichbare Daten für den Nordseebereich gibt. Allerdings liegen die ermittelten Bestandsgrößen zumindest für *L. forbesi* im Winter in dem Bereich der veröffentlichten Bestandsgrößen (näheres siehe 1.4.3), so dass die Methodik verlässlich erscheint. Derzeit entsteht die erste Veröffentlichung, bei der ebenfalls die Tintenfischverteilung mit Hilfe der Kriging-Methode erfasst wird (Šifner et al., 2011; in Review). Eine Diskussion beim ICES Arbeitsgruppentreffen der „Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History“ (Vigo, September 2009) ergab, dass zurzeit die in dieser Arbeit erhobenen Daten für die Interpolation am geeignetsten sind. Allerdings kommt es aufgrund der beiden

verwendeten Methoden und deren Grundlage bei der Berechnung von Arten, die seltener gefangen wurden oder deren Fangstationen sehr heterogen in der Nordsee verteilt waren, zu erheblichen Abweichungen voneinander. Da vor allem die Literatur zeigt, dass die Methodik verwendet wird (Šifner et al., in Review) und die Ergebnisse mit den bisher veröffentlichten Daten zu *L. forbesi* übereinstimmen, erhält man allemal einen guten vorläufigen Richtwert in Bezug auf die Gesamtanzahl der Tiere in der Nordsee.

Da, mit der Abnahme der untersuchten Tiere auch die Aussagekraft der Ergebnisse sinkt, sollten die Ergebnisse der Arten, die seltener in der Nordsee vertreten sind, kritisch betrachtet werden. Nichtsdestotrotz sind diese Beschreibungen von immensem Wert, da sie erste Informationen zu diesen Arten in der Nordsee liefern.

### **1.4.2 *Alloteuthis subulata***

Sowohl im Sommer als auch im Winter weichen die Ergebnisse der beiden Interpolationsmethoden lediglich jeweils um ein Prozent voneinander ab. Somit kann in diesem Fall die Wahl der Methodik der Interpolation vernachlässigt werden (siehe dazu auch 1.4.1).

Das Wanderungsverhalten von *A. subulata* scheint noch nicht eindeutig geklärt zu sein. So beschreiben Roper et al. (1984), dass *A. subulata* im November ab einem Alter von drei Monaten (DML etwa 30 mm) die Nordsee verlassen und im kommenden Frühjahr mit einer Größe von etwa 50 mm wieder zurückwandern. Grimpe (1925) und Ten Broek (1941) sind der Meinung, dass *A. subulata* vom Norden her in die Nordsee einwandert, da die Tiere zuerst in der Deutschen Bucht entdeckt wurden, bevor sie an der Niederländischen Südwest-Küste auftauchten. Kristensen (1966) behauptet dagegen, dass die Art von Norden und Süden her in die Nordsee zurückwandert. Eine weitere Meinung ist, dass juvenile *A. subulata* von den auskühlenden Laichgebieten im Südosten der Nordsee in den zentralen tieferen und somit im Winter wärmeren Bereich der Nordsee sowie zur schottischen Ostküste wandert. Im Frühjahr wandern die nun älteren Tiere zurück in den flachen, warmen Küstenbereich zwischen Dänemark und Belgien sowie zur südöstlichen britischen Küste zum Laichen (De Heij & Baayen, 1999).

Die in dieser Arbeit erhobenen Daten unterstützen die Theorie von de Heij & Baayen (1999). In deren Studie wurden die Tintenfischbeifänge der IBTS-Ausfahrten der FS Tridens II im zentralen und südlichen Bereich der Nordsee aller Quartale untersucht. Allerdings umfasst die vorliegende Arbeit die komplette Nordsee, so dass auf einen weit größeren Datensatz zurückgegriffen werden konnte.

Im Sommer wurde in dieser Arbeit eine hohe Anzahl an geschlechtsreifen und großen *A. subulata* im Südosten der Nordsee gefangen, wohingegen im zentralen und nördlichen Bereich der Nordsee *A. subulata* nicht häufig vertreten war.

Im Winter wurde *A. subulata* dagegen am häufigsten im zentralen und nördlichen Bereich der Nordsee gefangen, was vermuten lässt, dass *A. subulata* permanent in der Nordsee lebt und nicht komplett auswandert.

Die Ergebnisse der Tiefenverteilung (15 m – 77 m) lassen darauf schließen, dass die Art im Sommer flacheres Wasser und im Winter tieferes Wasser bevorzugt. Durch die höheren Temperaturen (bis zu 20° C) im Küstenbereich, zu dem sie im Sommer wandern, können sich so die Eier schneller entwickeln. Generell ist für *A. subulata* eine Tiefenverteilung zwischen 20 m und 120 m beschrieben (Roper et al., 1984). Dabei zeigen Ergebnisse aus portugiesischen Gewässern eine Verteilung zwischen 20 m und 200 m (Moreno, 1995, zit. n. Hastie et al., 2009a), wohingegen Guerra (1982) sogar eine maximale Tiefe bis 500 m angibt. Die in dieser Studie ermittelte Tiefenverteilung reicht von 15 m bis 177 m und fügt sich dementsprechend in die bisher publizierten Daten ein. Unterstützt werden die Ergebnisse von de Heij & Baayen (1999 & 2005), die Exemplare zwischen 15 m und 105 m Tiefe in der Nordsee gefangen haben. Dabei berichten sie zusätzlich, dass die Salinität keinen Einfluss auf das Vorkommen von *A. subulata* hat, die Art jedoch höhere Temperaturen bevorzugt. Die erzielten Ergebnisse dieser Arbeit zeigen allerdings, dass eine Erhöhung der Salinität in Bodennähe im Sommer einen negativen Einfluss auf die Abundanz dieser Art hat, während dies im Winter nicht der Fall ist. Zusätzlich zeigen die gewonnenen Daten, dass die Wassertemperatur in Bodennähe sowohl im Sommer als auch im Winter einen signifikant positiven Einfluss auf das Vorkommen dieser Art hat, was die Aussage von de Heij & Baayen (1999), dass die Art wärmeres Wasser bevorzugt, unterstützt.

Mit Ausnahme des Sommers 2008 waren sowohl im Sommer als auch im Winter die Männchen in der Population etwas häufiger vertreten. Während die Ergebnisse von Hastie et al. (2009b) im Winter mit den Schlussfolgerungen dieser Arbeit übereinstimmen, so beobachteten sie jedoch, dass im Sommer mehr Weibchen als Männchen in der Nordsee vertreten waren. Sie kamen zu diesem Ergebnis, nachdem sie zwischen 1990 und 1999 2.769 Exemplare aus der Nordsee untersucht hatten, wohingegen dem Fazit der vorliegenden Arbeit 14.962 untersuchte Tiere zugrunde liegen. Da auch meine Ergebnisse zeigen, dass im Sommer 2008 mehr Weibchen als Männchen in der Nordsee gefangen wurden und die Dominanz der Männchen in den anderen Jahren nicht stark ausgeprägt war, kann bestätigt werden, dass es im Sommer durchaus zu einem Ungleichgewicht zugunsten der Weibchen kommen kann. Auch in anderen Meeresgebieten kann es zu einer Mehrheit der Weibchen kommen. So sind in der Irischen See und in portugiesischen Gewässern zwar meistens mehr Männchen als Weibchen vertreten, allerdings wurden im Frühjahr in den portugiesischen Gewässern und im Sommer in der Irischen See mehr Weibchen als Männchen gefangen (Hastie et al., 2009b).

Während die Population im Sommer hauptsächlich aus den kleinen und großen Exemplaren, kongruent zu den juvenilen und ausgereiften Tieren, besteht, setzt sie sich im Winter aus den mittelgroßen, reifenden Tieren zusammen. Dies liegt unter anderem an der kurzen Lebensspanne von etwa einem Jahr (Rodhouse et al., 1988) und der typischen Wachstumskurve über das Jahr.

Hier ähneln die Ergebnisse von Hastie et al. (2009b) denen dieser Arbeit. Sie beschreiben eine klare Dominanz von kleinen Tieren im Herbst, sowie vieler kleiner Tiere von Winter bis Frühjahr, derweil die großen Exemplare gehäuft im Sommer vorkommen. Die geringe zeitliche Abweichung zu den vorliegenden Daten könnte zum einen an der geringeren Probenanzahl oder an möglichen Veränderungen in der Nordsee liegen. Wie Forsyth & van Heukelem bereits 1987 beschrieben und die Ergebnisse in Tabelle 1.3 zumindest für den Winter zeigen, ist das Wachstum eng mit der Temperatur gekoppelt. Erhöhte Wassertemperaturen können so das Wachstum und die Entwicklung der Tiere positiv beeinflussen. Für den Sommer können die Daten dieser Arbeit dies nicht belegen. Dies kann dadurch erklärt werden, dass für die Analyse der Mittelwert der DML in den

einzelnen RFAs gewählt wurde und im Sommer mit den ausgewachsenen und juvenilen Tieren zwei Generationen mit unterschiedlicher Größe in der Nordsee zeitgleich vorkommen.

Die gegenwärtige Untersuchung lässt vermuten, dass die Hauptlaichzeit der Tiere im Sommer liegt. Die Tiere wachsen von Herbst bis Frühjahr heran, ehe sie im nächsten Sommer wieder ausgewachsen sind und ablaichen. Da *A. subulata* nur einmal ablaicht und der Lebenszyklus einjährig ist (Rodhouse et al., 1988), könnte dies auch eine Erklärung dafür sein, dass im Sommer weniger Tiere gefangen wurden, da zu dem Zeitpunkt der Ausfahrten die meisten Tiere bereits abgelaicht haben könnten und dementsprechend schon verstorben waren, wohingegen die juvenilen Tiere aufgrund ihrer geringen Größe vom GOV nicht gefangen wurden. Das Auftreten von juvenilen Stadien im Sommer kann dadurch erklärt werden, dass sich die Laichperiode generell bei Tintenfischen über einen längeren Zeitraum erstreckt (Lange & Sissenwine, 1983). Wie diese Arbeit zeigt, sind zum einen ausgewachsene und reife Exemplare das ganze Jahr in der Nordsee vertreten, zum anderen verschiedene Micro-Kohorten. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Tiere zu unterschiedlichen Zeitpunkten ablaichen. Hastie et al. (2009b) unterstützen diese These. Sie behaupten ebenfalls mehrere Micro-Kohorten in der Nordsee identifiziert zu haben, auch wenn diese nicht so eindeutig ausgeprägt sind wie in portugiesischen Gewässern oder in der Irischen See. Sie erklären diese ebenfalls durch verschiedene mehr oder weniger ausgeprägte Laichereignisse. Zudem identifizierten Rodhouse et al. (1988) im Englischen Kanal jeweils zwei männliche und weibliche Kohorten, sowie drei weibliche Laichgruppen, welche im Frühjahr, Sommer und Herbst laichen und deren Rekrutierung im Frühjahr und Sommer erfolgt.

Im Rahmen dieser Arbeit konnten im Sommer vier bis fünf und im Winter zwei bis vier weibliche Kohorten festgestellt werden. Bei den Männchen waren es im Sommer konstant sechs und im Winter konstant drei Kohorten. Da, wie zuvor schon diskutiert wurde, die Kohortenbildung zum einen von dem Laichzeitpunkt und zum anderen von den Wachstumsraten und somit auch von der Temperatur abhängt, ist es nicht verwunderlich, dass in dieser Arbeit mehr Kohorten identifiziert wurden, da davon ausgegangen werden kann, dass die gesamte Nordsee als Untersuchungsgebiet in Bezug auf ihre Temperatur heterogener ist als der Englische Kanal. Nyegaard (2001, zit. n.

Hastie et al., 2009a) vermutet zudem, dass sich die Hauptlaichzeit in der Irischen See vom Frühjahr bis zum Sommer erstreckt, wobei ein geringfügiges Laichen im Herbst nicht ausgeschlossen wird. Yau (1994, zit. n. Hastie et al., 2009a) behauptet allerdings, dass es in der Nordsee nur zu einer relativ kurzen Laichzeit kommt, die entsprechend dem Auftreten der frisch geschlüpften Tiere im Plankton, im Juni bis Juli liegt. Sofern die letzte These stimmt, wären die Kohorten allein auf die verschiedenen Temperaturen in der Nordsee zurückzuführen oder durch Zuwanderungen zu erklären. Dass im Winter weniger Kohorten identifiziert wurden als im Sommer, lässt sich zum einen dadurch erklären, dass bis zum Winter der zeitliche Einfluss der Temperatur in der Wachstumsphase kürzer ist als bis zum Sommer, und zum anderen, dass im späten Sommer sowohl die ersten geschlüpften Tiere der Frühlaicher als auch die Spätlaicher in der Nordsee vertreten sind.

Die Ergebnisse zeigen, dass die weiblichen Individuen anfänglich schneller wachsen als die männlichen Individuen. Dies könnte daran liegen, dass die männlichen Tiere anfänglich mehr Energie in die Reife stecken als die weiblichen Tiere. Die Ergebnisse der Reifegrad-Untersuchung unterstützen diese Vermutung, da die männlichen Tiere schneller reifen als die weiblichen. Rodhouse et al. (1988) fanden ebenfalls heraus, dass die männlichen Tiere schneller reifen als die Weibchen. Die Daten der vorliegenden Studie zeigen zusätzlich, dass die männlichen Vertreter dieser Art anfänglich schwerer sind als die Weibchen gleicher Größe. Ab etwa 60 mm DML werden die weiblichen Exemplare verhältnismäßig schwerer. In einer von mir betreuten Semesterarbeit (Heidemann, 2008) konnte gezeigt werden, dass der weibliche Geschlechtsstrakt wesentlich schwerer ist als der der Männchen, wodurch die vorher beschriebenen Ergebnisse zu erklären sind. Der Vorteil einer schnelleren Geschlechtsreife ist, dass die Tiere sich früher fortpflanzen können. Bei der Fortpflanzung der Tintenfische werden die Spermaphorenpakete mit einem spezialisierten Arm, dem Hectocotylus, an die Weibchen weitergegeben. Bei einigen Arten kann dies bereits vor der eigentlichen Laichbereitschaft der Weibchen geschehen (Lum-Kong et al., 1992), so dass die schneller reifenden männlichen Individuen auch mehreren Weibchen ihre Spermaphorenpakete überreichen können. Rodhouse et al. (1988) erklären dieses Phänomen der schnelleren Reife ähnlich. Sie vermuten, dass das Vorhandensein von paarungsbereiten Weibchen

über das ganze Jahr zu einer inter-sexuellen Selektion geführt hat, welche zur Folge hat, dass die Männchen schneller reifen.

Die schnellere Größenzunahme der Weibchen hat wiederum den Vorteil, dass die Anzahl der Räuber, aufgrund der Größe, abnimmt und somit die Überlebenswahrscheinlichkeit steigt (Urban, 2007). Zudem können größere Tiere mehr Eier tragen, was zu einem erhöhten Fortpflanzungserfolg führt (Boyle et al., 1995).

Dass es bei Tintenfischen zu einem typischen Längendimorphismus kommt, ist allgemein bekannt (Roper et al., 1984). Hastie et al. (2009b) erklären dies damit, dass die weiblichen Tiere vermutlich mehr Energie in ihre Reproduktion investieren als die Männchen. Die beschriebene maximale DML beträgt 200 mm für Männchen und 120 mm für Weibchen (Roper et al., 1984). Allerdings sind die in dieser Arbeit gemessenen maximalen DML mit 160 mm (Männchen) und 117 mm (Weibchen) etwas geringer.

### **1.4.3 *Loligo forbesi***

*L. forbesi* ist mit 3,19 % der Gesamtfangmenge der zweithäufigste Cephalopode in der Nordsee. In der Arbeit von de Heij & Baayen (2005) war *L. forbesi* nach *A. subulata*, *S. atlantica* und *L. vulgaris* die vierthäufigste Art. Das unterschiedliche Untersuchungsergebnis kann dadurch erklärt werden, dass jene Autoren im südlichen und zentralen Bereich der Nordsee gearbeitet haben, wohingegen diese Arbeit den nördlichen Bereich zusätzlich mit einschließt. Dementsprechend sind die Daten der vorliegenden Arbeit, was eine Betrachtung der Gesamtnordsee betrifft, wesentlich genauer, zumal diese Art ihr Hauptverbreitungsgebiet im nördlichen Bereich der Nordsee hat. Die Ergebnisse der Interpolationen weichen um 2 bis 6 % (Winter bzw. Sommer) voneinander ab, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die bereits diskutierte Ungenauigkeit in der Fangmethodik die der Methodenwahl überschreitet und somit die Wahl der Methode zu vernachlässigen ist (siehe auch 1.4.1). Die Veröffentlichungen von Pierce et al. (1998) und Young et al. (2004) bieten die einzigen Ergebnisse, die als Vergleich herangezogen werden können. Pierce et al. (1998) untersuchten ebenfalls die IBTS Beifänge im Winter 1989 bis 1992 und somit vergleichbare Forschungsausfahrten vor der schottischen Bucht. Dabei wurde der Bestand im Winter 1989 auf 6,03 Indiv./km<sup>2</sup>

( $\pm 1,78$  Indiv./km<sup>2</sup>), im Winter 1990 auf 1065,47 Indiv./km<sup>2</sup> ( $\pm 651,74$  Indiv./km<sup>2</sup>), im Winter 1991 auf 26,36 Indiv./km<sup>2</sup> ( $\pm 9,93$  Indiv./km<sup>2</sup>) und im Winter 1992 auf 3,86 Indiv./km<sup>2</sup> ( $\pm 1,31$  Indiv./km<sup>2</sup>) geschätzt. Young et al. (2004) werteten die Anlandungszahlen kommerzieller Fischerboote aus und berechneten für die nördliche Nordsee eine Bestandsgröße von 1,8 Indiv./km<sup>2</sup>. Die in dieser Arbeit abgeschätzten Bestandsgrößen von umgerechnet 127,42 Indiv./km<sup>2</sup> ( $\pm 296,25$  Indiv./km<sup>2</sup>) nach der IDW-Methode und 124,11 Indiv./km<sup>2</sup> ( $\pm 292,78$  Indiv./km<sup>2</sup>) nach der Kriging-Methode für die gesamte Nordsee, liegen somit in dem zuvor veröffentlichten Bereich, so dass davon ausgegangen werden kann, dass den Ergebnissen der verwendeten Methodik vertraut werden kann.

Im Sommer trat die Art im gesamten Nordseebereich verstreut auf. Dabei wurde sie zwischen 20 m und 112 m Tiefe, zwischen 7° C und 24° C und bei Salinitäten zwischen 32,8 psu und 35,4 psu gefangen. Während die Wassertemperatur und Salinität in Bodennähe keinen signifikanten Einfluss auf das Vorkommen von *L. forbesi* hatten, zeigen die Ergebnisse, dass eine Zunahme der Tiefe einen negativen Einfluss auf die Abundanz der Tiere hatte. Im Winter wurde die Art hauptsächlich im nördlichen und zentralen Bereich der Nordsee gefangen, wobei die meisten Tiere bei den Shetland Inseln auftraten. Die Tiefen in denen sich die Tiere aufhielten betragen 33 m bis 171 m, wobei die Salinität zwischen 34,7 psu und 38 psu und die Wassertemperatur in Bodennähe zwischen 6° C und 9° C lag. Die Analyse der erhobenen Daten zeigt, dass eine größere Tiefe, eine höhere Temperatur und eine erhöhte Salinität das Auftreten von *L. forbesi* im Winter positiv beeinflussen. Mangold-Wirtz beschreibt (1963, zit. n. Hastie et al., 2009a) eine Tiefenverteilung zwischen 15 m und 150 m in der Nordsee und macht dabei keine Aussagen über mögliche Präferenzen. Aktuellere Daten zeigen jedoch, dass die Tiefenverteilung saisonabhängig ist, wobei die Tiere in den Gewässern des Vereinigten Königreiches am Anfang und Ende ihrer Laichperiode häufiger in Tiefen zwischen 100 m und 200 m und während ihrer Laichzeit häufiger in flacheren Gewässern (<50 m) gefischt wurden (Stowasser et al., 2005). Da, wie weiter unten von mehreren Autoren vermutet wird, die Laichzeit in diesem Gebiet im Winter liegt, widersprechen diese Aussagen meinen Ergebnissen der Tiefenverteilung zumindest für diese Jahreszeit. Dabei ist bekannt, dass *L. forbesi* in seinem südlichen Verbreitungsgebiet zwischen Frühling

und Sommer die flacheren Gebiete und zwischen Herbst und Winter die tieferen Gebiete aufsucht (Holme, 1974; Roper et al., 1984; Sims et al., 2001). Die maximale aufgezeichnete Tiefe, mit Ausnahme der Population auf den Azoren, die eine Tiefe über 1000 m erreichen, liegt bei 700 m (Martins, 1982; Salman & Laptikhovsky, 2002).

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass im Winter die Wassertemperatur in Bodennähe und an der Oberfläche positiv mit dem Auftreten von *L. forbesi* korreliert. Somit gleichen diese Ergebnisse denen von Waluda & Pierce (1998) sowie Pierce et al. (2001). Allerdings beschreiben Waluda & Pierce (1998) sowie Pierce et al. (2001) weiter, dass im Sommer die Oberflächentemperatur des Wassers negativ mit dem Vorkommen von *L. forbesi* korreliert. In dieser Arbeit konnte im Sommer kein signifikanter Einfluss der Temperatur in Bodennähe festgestellt werden. Pierce et al. (1998) schreiben zusätzlich, dass *L. forbesi* im Winter Bodenwassertemperaturen  $< 7^{\circ} \text{C}$  vermeidet. In der vorliegenden Untersuchung hingegen konnten bis zu 134 Exemplare pro Stunde Schleppnetzfahrt unterhalb von sieben Grad Celsius gefangen werden. Zudem konnte gezeigt werden, dass im Winter eine höhere Salinität in Bodenwassernähe einen positiven Einfluss auf das Vorkommen hat, was durch die Arbeit von Pierce et al. (1998) bestätigt wird.

Die in der Literatur beschriebene maximale DML in britischen Gewässern von 610 mm für die Männchen und 420 mm für die Weibchen (Hastie et al., 2009a) konnten in dieser Untersuchung dagegen nicht bestätigt werden. Die in dieser Arbeit maximal gemessene DML betrug bei den Männchen 520 mm und bei den Weibchen 390 mm. Dabei ist bekannt, dass die Weibchen kleiner sind als die Männchen (Roper et al., 1984).

Im Sommer besteht die Population hauptsächlich aus juvenilen und reifenden Tieren und somit aus kleineren und mittelgroßen Exemplaren. Allerdings sind auch zu dieser Jahreszeit vereinzelt größere und ausgereifte Individuen in der Nordsee vertreten, so dass von einer Koexistenz zweier Generationen ausgegangen werden kann. Dabei treten die Tiere verstreut im gesamten Nordseegebiet auf.

Im Winter wurden mehr große und laichbereite Exemplare, vor allem im Norden, gefangen und nur vereinzelt juvenile. Daher kann vermutet werden, dass eine Laichzeit im Winter im nördlichen Gebiet der Nordsee liegt. Eine genauere Eingrenzung der Laichperiode ist mit der halbjährlichen Probennahme nicht möglich. De Heij & Baayen

(2005) berichten über ähnliche Ergebnisse in der zentralen und südlichen Nordsee und vermuten ebenfalls die Koexistenz zweier Generationen.

Aus der Untersuchung von Boyle & Pierce (1994) resultiert eine Laichperiode von Dezember bis April, wobei sie in ihrer zweijährigen Studie herausfanden, dass ein starker kurzer Impuls der Rekrutierung im April, sowie ein zweiter ausgedehnter Impuls von Juli bis Oktober stattfindet. Die Laichperiode an der schottischen Westküste dagegen soll von November bis April dauern (Collins et al, 1999). Diese Ergebnisse werden von der vorliegenden Studie bestätigt.

Während Collins et al. (1999) von zwei bis drei verschiedenen Kohorten im schottischen Bereich berichten, kann mit dieser Arbeit gezeigt werden, dass die Kohortenanzahl im gesamten Nordseebereich wesentlich höher ist. Wie schon bei *A. subulata* vermutet wurde und wie zuvor auch Forsythe & Hanlon (1989), sowie Collins et al. (1999) berichteten, ist die Kohortenbildung auf unterschiedliche Wachstumsraten und die ausgedehnte Laichperiode zurückzuführen. Auch wenn die DML nicht abhängig von der Wassertemperatur zu sein scheint, was daran liegen könnte, dass das Wanderverhalten von *L. forbesi* ausgeprägter ist als das von *A. subulata* und die Tiere nicht dort gefischt wurden, wo sie ursprünglich herkommen (Viana et al., 2009), kann davon ausgegangen werden, dass die Temperatur die Wachstumsrate beeinflusst (Forsyth & van Heukelem, 1987). Aufgrund der großen Wanderungen, die diese Art unternehmen kann, könnte die Kohortenbildung auch auf unterschiedliche Populationen, z.B. eine aus der Nordsee und eine aus dem Atlantik, zurückzuführen sein. Zudem haben Collins et al. (1999) nur in einem kleinen Gebiet an der Westküste Schottlands gearbeitet und nicht in der gesamten Nordsee.

Die dargestellten Ergebnisse zeigen zudem, dass sowohl im Winter als auch im Sommer mehr männliche Exemplare gefangen wurden als weibliche. Collins et al. (1999) schreiben, dass es zu saisonalen Veränderungen im Geschlechterverhältnis kommen kann. Dabei begründen sie dies durch geschlechtsspezifisches Migrationsverhalten und behaupten weiter, dass es gerade in schottischen Gewässern während der Laichsaison zu einem höheren Anteil weiblicher Individuen kommt. Eine Erklärung für die Unstimmigkeiten beider Arbeiten die darin begründet sein könnte, dass die monatliche Probennahme bei Collins et al. (1999) genauer war kann sehr wahrscheinlich

ausgeschlossen werden, da sie auch im Zeitraum der Untersuchungen dieser Arbeit (Januar – Februar) mehr Weibchen als Männchen fingen. Pierce et al. (1994a) untersuchten ebenfalls die schottischen Gewässer und kamen zu ähnlichen Ergebnissen wie Collins et al. (1999), da sie im Zeitraum zwischen Oktober und März wesentlich mehr weibliche Exemplare als männliche fingen. Weshalb die Daten in dieser Arbeit von den anderen Arbeiten abweichen, kann nur durch die geographische Lage der Untersuchungsgebiete erklärt werden.

Wie schon bei *A. subulata* sind die weiblichen Tiere im Vergleich mit den männlichen bei gleicher DML schwerer, was wiederum mit den schwereren Geschlechtsorganen in Verbindung steht (Heidemann, 2008).

#### **1.4.4 *Loligo vulgaris***

In dieser Arbeit ist *L. vulgaris* mit 1,94 % der Gesamtfangmenge der seltenste und unregelmäßigste Loliginidae in der Nordsee. Amaratunga (1983) beschreibt starke Populationsfluktuationen in manchen Verbreitungsgebieten, wobei Chen et al. (2006) vermuten, dass die Oberflächenwassertemperatur einen starken Einfluss auf die Abundanz haben könnte. In dieser Arbeit konnte nur im Winter ein positiver Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von *L. vulgaris* und der Wassertemperatur in Bodennähe ermittelt werden. De Heij & Baayen (2005) fingen in ihrer Arbeit im südlichen und zentralen Bereich der Nordsee mehr *L. vulgaris* als *L. forbesi*, so dass *L. vulgaris* in ihrer Arbeit nach *A. subulata* und *S. atlantica* der dritthäufigste Tintenfisch war. Diese Tatsache ist dadurch zu erklären, dass *L. forbesi* eher im nördlichen Teil der Nordsee vorkommt, während *L. vulgaris* den südlichen Teil bevorzugt. Mit Ausnahme vom Winter 2010 konnte kein Tier dieser Art nördlicher als in der zentralen Nordsee gefangen werden.

Die interpolierte Gesamtanzahl liegt im Sommer bei etwa 286.000 Exemplaren, wobei die Ergebnisse beider Interpolationsverfahren nur geringfügig voneinander abweichen (0,5 %). Im Winter hingegen weichen die Ergebnisse mit 23 % erheblich voneinander ab. Nach der Kriging-Methode kommen etwa 74 Millionen Tiere in der Nordsee vor, während es nach der IDW-Methode 57 Millionen Tiere sind. Die hohe Abweichung

kommt aufgrund der verschiedenen Berechnungen zustande (Abschn. 1.2.4). Aufgrund der Tatsache, dass bei einer sehr heterogenen Verteilung die Berechnung mit der Kriging-Methode zuverlässiger ist, ist diesen Ergebnissen mehr Vertrauen zu schenken. Auch wenn die berechneten Gesamtanzahlen erheblich voneinander abweichen, so kann vergleichend mit *A. subulata* und *L. forbesi* erkannt werden, dass in der Nordsee die Gesamtanzahl von *L. vulgaris* wesentlich geringer ist. Sowohl die Ergebnisse der Reife- als auch der Längenklassen-Untersuchungen zeigen, dass im Sommer junge Exemplare gefangen wurden, hingegen im Winter mehr Adulte. Nach Sichtung der niederländischen Daten konnte in Erfahrung gebracht werden, dass die meisten Tiere (3.072 Tiere; 95 %) der 3.228 gefangenen Exemplare im Winter 2008 mit einem einzigen Hol im Rectangle 41F3 gefangen wurden. Die Tiere hatten dabei eine DML von vier bis acht Zentimetern, wobei mehr als zwei Drittel der Tiere kleiner oder gleich fünf Zentimeter waren. Die Laichsaison von *L. vulgaris* dauert von April bis August (Tinbergen & Verwey, 1945), wobei Eimassen das ganze Jahr über gefunden werden können (Villa et al., 1997). Die hohe Anzahl gefangener kleiner *L. vulgaris* im Winter 2008 könnte somit ein Schwarm geschlüpfter Tiere aus dem vorherigen Sommer gewesen sein.

Die beobachtete maximale DML von 409 mm bei den Männchen und 281 mm bei den Weibchen liegt unter den in der Literatur beschriebenen Werten. Raya et al. (1999) beschreiben für die afrikanische Küste eine maximale DML von 640 mm für die Männchen und 540 mm für die Weibchen, wohingegen die Tiere im Atlantik eine maximale DML von 550 mm bzw. 340 mm erreichen (Hastie et al., 2009a).

Wie bei allen Loliginidae in dieser Arbeit sind die weiblichen Individuen von *L. vulgaris* bei gleicher DML schwerer als die männlichen. Alle zu diesem Thema gefundenen Arbeiten bestätigen dieses Ergebnis (Bettencourt et al., 1996; Raya et al., 1999; Rocha & Guerra, 1999), was wiederum mit den schwereren Geschlechtsorganen in Zusammenhang stehen könnte.

Generell wird für *L. vulgaris* in allen Gebieten ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis angegeben (Guerra, 1992). In dieser Arbeit konnte allerdings gezeigt werden, dass die in der Nordsee lebende Population sowohl im Sommer als auch im Winter vermehrt aus Männchen besteht. Unterstützt wird dieses Ergebnis durch Untersuchungen von Šifner & Vrgoč (2004), Moreno et al. (2002) und Worms (1983), die ebenfalls in ihren

Untersuchungsgebieten mehr männliche als weibliche Individuen gefangen haben. Letzterer vermutet aufgrund seiner Ergebnisse sogar, dass männliche und weibliche Exemplare unterschiedliche Schwärme bilden und das daraus resultierende Verhältnis davon abhängig ist, welchen Schwarm man gerade beprobt. Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit ist letztere Theorie nicht auszuschließen, sondern könnte vielmehr eine Erklärung für das Verhältnis von 83:17 (Männchen/Weibchen) im Sommerquartal sein.

### **1.4.5 *Todaropsis eblanae***

*T. eblanae* war mit einer Gesamtanzahl von 269 Tieren und einem Anteil von 0,15 % der häufigste Ommastrephid in der Nordsee. Bei den Untersuchungen von de Heij & Baayen (2005) war diese Art der einzige Ommastrephid, der im südlichen und zentralen Bereich nachgewiesen werden konnte.

Im Winter konnten mehr Tiere gefangen werden als im Sommer. Die Berechnung der in der Nordsee vorkommenden Gesamtanzahl liegt im Sommer bei etwa 1,7 Millionen, im Winter bei etwa 2,9 Millionen. Dabei weichen beide Interpolations-Methoden um zwei bis drei Prozent voneinander ab, so dass die Methodenauswahl vernachlässigt werden kann, da davon auszugehen ist, dass die Fangmethodik den größeren Fehler aufweist (siehe auch 1.4.1).

Die angefertigten Verbreitungskarten zeigen weder für den Sommer noch für den Winter klare Verteilungsmuster. Während die Art im Sommer über den gesamten Nordseeraum verteilt lebt, kann im Winter ein schwacher Trend hin zum nördlichen Bereich beobachtet werden. Jedoch konnte für den Sommer ein negativer Zusammenhang mit der Wassertemperatur in Bodennähe und ein positiver Zusammenhang mit dem Salzgehalt in Bodennähe ermittelt werden. Im Winter hingegen konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Salinität und dem Vorkommen gezeigt werden. Stattdessen wiesen die Wassertemperatur in Bodennähe und die Tiefe eine positive Korrelation auf. Hastie et al. (1994) führen die hohe Abundanz dieser Art im Jahr 1990 während ihren Untersuchungen in schottischen Gewässern auf eine positive Anomalie des Salzgehaltes zurück. Weiterhin beschreiben Zumholz & Piatkowski (2005) noch, dass sie *T. eblanae* in der Nordsee in einer Tiefe zwischen 56 m und 170 m gefangen haben. Die

Tiefenverteilung, die in dieser Arbeit beschrieben wird, reicht von 34 m bis 169 m und ähnelt somit den Ergebnissen von beiden, wobei auch ihre Verbreitungskarten der meinigen sehr ähneln.

Ein Zusammenhang zwischen weiteren abiotischen Faktoren und dem Vorkommen dieser Art ist nicht bekannt.

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die Tiere im Winter fast ausschließlich einen Reifegrad zwischen null und zwei besitzen, während die Tiere im Sommer hauptsächlich einen Reifegrad zwischen drei und fünf aufweisen. Zumholz & Piatkowski (2005) beschreiben ebenfalls die Population von *T. eblanae* in der Nordsee und kamen zu gleichen Ergebnissen.

Die Resultate der Längenverteilung zeigen zusätzlich, dass im Sommer mehr größere Exemplare als im Winter in der Nordsee leben, und dass es im Sommer einen signifikanten Größenunterschied zwischen Männchen und Weibchen gibt, der im Winter nicht festgestellt werden kann. Die Untersuchungen von Zumholz & Piatkowski (2005) weisen gleiche Ergebnisse auf. Allerdings schreiben sie weiter, dass sowohl im Sommer als auch im Winter mehr Männchen als Weibchen gefangen wurden. Diese Arbeit hingegen zeigt, dass zwar im Winter mehr Männchen gefangen, indes im Sommer mehr Weibchen gefischt wurden.

Zusätzlich zeigen die Ergebnisse der gegenwärtigen Untersuchung, dass die Weibchen größer als die Männchen werden. Mit einer maximalen DML von 212 mm (Weibchen) und 146 mm (Männchen) waren die untersuchten Tiere dieser Arbeit kleiner als die von Robin et al. (2002) zu erwartende maximale DML von 290 bzw. 220 mm. Bei ihren Untersuchungen wurden allerdings Tiere aus dem Atlantik miteingeschlossen. Aufgrund der Ergebnisse von Zumholz & Piatkowski (2005) und Hastie et al. (1994), die ebenfalls die Populationsstruktur von *T. eblanae* in der Nordsee bzw. in den schottischen Gewässern analysierten und dabei zu ähnlichen Ergebnissen wie diese Arbeit kommen, kann davon ausgegangen werden, dass die Art in der Nordsee tendenziell kleiner ist.

Obwohl bei dieser Untersuchung nur zwei Quartale im Jahr (Sommer und Winter) untersucht werden konnten, lassen die Längenverteilung und die Ergebnisse der Geschlechtsreifenbestimmung auf eine Laichzeit von Sommer bis Herbst schließen. Somit stimmen sie mit den Ergebnissen von Hastie et al. (1994) überein. Sie vermuten

die Laichzeit für *T. eblanae* in schottischen Gewässern von Juni bis November. Im Mittelmeer, am Nordwest afrikanischen Schelf und in der nördlichen Biskaya laicht *T. eblanae* dagegen zwischen März und September ab (Mangold-Wirtz, 1963, zit. n. Hastie et al., 2009a; Arkhipkin & Laptikhovsky, 2000; Robin et al., 2002). Collins et al. (2002) fanden im Bereich der britischen Inseln in ihren Zooplanktonproben im Januar 1988 kleine *T. eblanae*, was vermuten lässt, dass die Art in diesem Gebiet im frühen Winter schlüpft.

Die Regression zwischen DML und Gewicht sind bei Männchen und Weibchen sehr ähnlich, allerdings werden die Männchen mit zunehmender DML im Vergleich mit den Weibchen schwerer. Zumholz & Piatkowski (2005) erzielten bei ihren Untersuchungen ähnliche Ergebnisse, wobei sich ihre errechneten Regressionsgleichungen für Männchen und Weibchen noch mehr gleichen als die hier dargestellten. Die Ergebnisse von *T. eblanae* weichen somit von den Ergebnissen aller untersuchten Loliginidae ab, bei denen die Weibchen schwerer waren. Dieses Phänomen könnte mit dem in der Familie der Ommastrephiden auftretenden Geschlechtsdimorphismus in Zusammenhang stehen. Männchen werden mit zunehmender Größe durch Verdickung der Arme und Verbreiterung des Kopfes robuster als die Weibchen und erlangen somit ein verhältnismäßig höheres Gewicht (Mangold & Aldrich, 1969; Dawe, 1988; Brunetti, 1988, zit. n. Ceriola et al. 2006).

#### **1.4.6 *Illex coindetii***

*I. coindetii* ist mit 94 gefangenen Exemplaren und einem Anteil von 0,05 % der Gesamtanzahl der zweithäufigste Ommastrephid in der Nordsee. De Heij & Baayen (2005), die im südlichen und zentralen Bereich der Nordsee arbeiteten, fingen kein einziges Exemplar. Wie bei allen anderen Arten wurde auch die Gesamtanzahl von *I. coindetii* in der Nordsee noch nie berechnet, so dass Vergleichswerte fehlen. Im Winter weichen beide Interpolationsmethoden um sechs Prozent voneinander ab, im Sommer dagegen sind es 27 %. Die höhere Abweichung im Sommer kommt durch eine heterogenere Verteilung der Fänge zustande (Abschn. 1.2.4), so dass auch hier die Kriging-Methode die vertrauensvolleren Ergebnisse liefert.

Durch die geringe Anzahl an Fängen ist über die in der Nordsee lebenden Tiere nichts bekannt. Grimpe (1925) beschreibt in seiner Arbeit nur ein einziges Belegexemplar; weitere Erwähnungen dieser Art in der Nordsee sind dagegen so informell, dass sie lediglich berichten, dass diese Art dort vorkommt (Roper et al., 1998). Somit ist dies die erste Arbeit, die die in der Nordsee lebenden Tiere dieser Art genauer beschreibt.

Die Verbreitungskarten zeigen, dass im Sommer kein Verteilungsmuster ersichtlich ist, wohingegen im Winter eher der zentrale Bereich der Nordsee besiedelt wird. Arbeiten über Zusammenhänge von Vorkommen und abiotischen Faktoren sind für die Nordsee nicht bekannt, so dass für einen Vergleich auf andere Gebiete zurückgegriffen werden muss. Valavanis (2002) charakterisiert den Lebensraum für *I. coindetii* im Mittelmeer mit einer Oberflächenwassertemperatur zwischen 13° C und 29° C und einer Oberflächensalinität zwischen 36,12 psu und 38,51 psu. In dieser Arbeit wurden die Tiere bei einer Wassertemperatur in Bodennähe zwischen 9° C und 16° C im Sommer, sowie zwischen 6° C und 9° C im Winter und bei einer bodennahen Salinität zwischen 33,2 psu und 35,2 psu, bzw. 34,8 psu und 35,4 psu gefangen.

Die Tiefenverteilung dieser Art ist regional verschieden. So kommt die Art in der Karibik zwischen 180 m und 450 m, im West-Atlantik zwischen 200 m und 600 m, im Ost-Atlantik zwischen 150 m und 300 m sowie im Mittelmeer zwischen 60 m und 400 m vor. Jedoch liegt die beschriebene maximale Tiefe bei 1.000 m (Roper et al., 1984). Die Daten können durch die hier erzielten Ergebnisse mit einer Tiefenverbreitung in der Nordsee von 25 m bis 94 m im Sommer und 62 m und 166 m im Winter ergänzt werden, wobei nur die Tiefe im Winter einen positiven Einfluss auf das Vorkommen von *I. coindetii* aufwies.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Population sowohl im Winter als auch im Sommer aus wesentlich mehr Männchen als Weibchen (70:30) besteht. Arbeiten aus anderen atlantischen Bereichen weisen dagegen ein ausgeglichenes Verhältnis auf (Jereb & Ragonese, 1995; Sánchez et al., 1998; Arvanitidis et al., 2002), wohingegen sowohl González & Guerra (1996) im galizischen Gewässer als auch Tursi & D'Onghia (1992) im Ionischen Meer ebenfalls Abweichungen von einem ausgeglichenen Verhältnis feststellen konnten. Eine so starke Ungleichheit des Geschlechterverhältnisses könnte dadurch entstehen, dass männliche und weibliche Exemplare geschlechtsspezifische

Schwärme bilden (siehe als Beispiel *L. vulgaris*), wenn die Weibchen beispielsweise zum Laichen in andere Gewässer ziehen. Diese Vermutung kann allerdings aufgrund der wenigen Daten nur als rein spekulativ betrachtet werden.

Die Reifeergebnisse dieser Untersuchung lassen eine Laichzeit zwischen Frühjahr und Herbst vermuten. Es ist bekannt, dass *I. coindetii* in anderen Gebieten eine ausgedehnte Laichzeit aufweist, welche von wenigen Tagen bis zu einigen Wochen reicht (González & Guerra, 1996). Dabei ist die genaue Laichzeit vom Laichgebiet abhängig. González & Guerra (1996) vermuten für den nordwestlichen Atlantik eine Hauptlaichzeit zwischen Juli und August. Die vielen im Winter 2010 gefangenen juvenilen Exemplare dieser Untersuchung könnten diese Vermutung bestätigen.

Die Ergebnisse der Längenverteilung zeigen, dass, wie schon zuvor bei *T. eblanae*, die Weibchen im Sommer signifikant größer sind als die Männchen, obwohl die beobachtete maximale DML bei den Männchen mit 312 mm größer war als bei den Weibchen (DML: 213 mm). In allen untersuchten Gebieten werden die Weibchen größer als die Männchen, wobei die maximalen Größenangaben in den verschiedenen Untersuchungsgebieten variieren. Ungewöhnlich große Exemplare (> 250 mm) werden für den Atlantik (Roper & Mangold, 1998) und den Mittelmeerraum (Arvanitidis et al., 2002) beschrieben. In allen anderen Regionen sind die Tiere wesentlich kleiner (Katagan et al., 1993; Salman et al., 1998). In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass die männlichen Tiere verglichen mit den weiblichen bei gleicher DML schwerer sind. Dieses Ergebnis stimmt mit den Resultaten zahlreicher anderer Arbeiten aus unterschiedlichen Regionen überein (Sanchez, 1984; Ragonese & Jereb, 2002; Belcari, 1996). Mangold et al. (1969) begründen dieses Phänomen damit, dass mit Zunahme der DML die männlichen Tiere robuster werden. Dadurch kommt es zu einem Geschlechtsdimorphismus, bei dem die Männchen breitere Köpfe und dickere Arme entwickeln. Solch ein Dimorphismus ist bei verschiedensten Ommastrephiden beobachtet worden (Dawe, 1988; Brunetti, 1988, zit. n. Ceriola et al. 2006; siehe dazu auch 1.4.5).

### 1.4.7 *Todarodes sagittatus*

Mit einem Anteil von 0,03 % der Gesamtanzahl und 51 gefangenen Tieren ist *T. sagittatus* der seltenste Ommastrephid der Nordsee. Die beiden Interpolationsverfahren weisen einen Unterschied von 2 % im Winter bis hin zu 32 % im Sommer auf. Bei dem analysierten Material von de Heij & Baayen (2005) war kein *T. sagittatus* vertreten. Dies ist nicht verwunderlich, da das allgemein seltene Vorkommen von *T. sagittatus* in dem untersuchten Gebiet dadurch zu erklären ist, dass diese Art nicht nur neritisch sondern auch ozeanisch lebt (Collins et al., 2001) und die Nordsee, vor allem der südliche Bereich, zu flach ist. Dabei wird die Art öfter in den tieferen Gewässern der Irischen See und westlich von Schottland gefangen und nur selten in den flacheren Küstengewässern. Allerdings kommt es in manchen Jahren zu Massenansammlungen nahe der Shetlands und der schottischen Küste in der Nordsee (Stephen, 1944; Joy, 1990; Boyle et al., 1998; Lordan et al., 2001a). Die erstellten Verbreitungskarten in dieser Arbeit unterstützen die bisher veröffentlichten Daten. Im südlichen Bereich der Nordsee wurde diese Art nicht gefangen, so dass sich das Verbreitungsgebiet auf den zentralen und nördlichen Nordseebereich beschränkt. Es konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass das Vorkommen dieser Art positiv mit der Tiefe korreliert.

Dass dabei die Art im Sommer seltener vertreten ist als im Winter könnte mit dem weiter unten beschriebenen Migrationsverhalten zusammenhängen.

Das in der Literatur beschriebene Geschlechterverhältnis, bei dem die Weibchen im Winter häufiger vertreten sind als die Männchen, kann mit der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden (Nigmatullin et al., 2002).

In der gegenwärtigen Untersuchung konnten, bis auf ein laichbereites Weibchen, im Winter keine ausgereiften oder juvenilen Exemplare gefunden werden. Ausgereifte Männchen treten zwar selten, dafür aber über das ganze Jahr verteilt auf, wohingegen die weiblichen Tiere nur zur Laichzeit ausgereift sind (Laptikhovsky & Nigmatullin, 1999). Die Laichzeit liegt in der Biskaya zwischen März und April, in den portugiesischen Gewässern meistens zwischen Oktober und Dezember, im westlichen Mittelmeer zwischen September und November und in den nördlichen europäischen Gewässern zwischen Winter und Frühling (Roper et al., 1984; Piatkowski et al., 1998; Quetglas et

al., 1998; Arkhipkin et al., 1999; Lordan et al., 2001b). Die in dieser Arbeit analysierten Exemplare geben keinen Aufschluss darüber, in welchem Zeitraum die Laichsaison genau liegt. Aufgrund des laichbereiten Weibchens im Winter kann den Ergebnissen der Literatur weder widersprochen noch zugestimmt werden. Im Rahmen dieser Arbeit waren allerdings keine konkreten Ergebnisse zu erwarten, da die Nordsee nicht das typische Laichgebiet von *T. sagittatus* darstellt.

Generell wird *T. sagittatus* als mittelgroßer bis großer Kalmar beschrieben, der eine DML von 750 mm erreichen kann. Die Weibchen werden, wie bei allen in dieser Arbeit untersuchten Ommastrephiden, größer als die Männchen (Roper et al., 1984). Die in der vorliegenden Untersuchung beobachtete maximale DML von 480 mm bei den Weibchen und 390 mm bei den Männchen lag unter der maximal beschriebenen.

### **1.4.8 Sepiolidae**

Die beiden Interpolationsverfahren weichen im Sommer 24 % und im Winter 5 % voneinander ab. Da zuvor noch keine Berechnungen oder Abschätzungen der Gesamtanzahl durchgeführt wurden, ist es daher schwierig zu beurteilen, welcher Wert genauer ist. Die gefangenen Sepiolidae wurden nur von mir auf Artniveau bestimmt. Bei den meisten Tieren handelt es sich um *S. atlantica*, gefolgt von *S. oweniana* und *R. macrosoma*. Mit Hilfe von Kurrenfängen im Sommer konnten zusätzlich kleine Exemplare gefangen werden. Da die Kurre im Winter nicht verwendet werden konnte, kann nicht ausgeschlossen werden, dass im Winter ebenfalls kleine Exemplare in der Nordsee vorkommen. Allerdings kann diese Möglichkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden, da der Lebenszyklus der Sepiolidae zwischen acht und maximal 12 Monaten liegt (Boletzky, 1974; Yau, 1994, beides zit. n. Nicholas & Richardson, 2010) und die Ergebnisse dieser Arbeit zusätzlich vermuten lassen, dass die Tiere zwischen Sommer und Herbst ablaichen. Dazu in den folgenden Diskussionen der einzelnen Arten mehr.

Die Verbreitungskarten, die für diese Familie erstellt wurden, zeigen weder für den Sommer noch für den Winter ein typisches Verteilungsmuster, was daran liegen könnte,

dass aufgrund der nicht durchgeführten Bestimmung der Niederländer, die Karten nicht auf Artniveau dargestellt werden konnten.

#### **1.4.8.1 *Sepiola atlantica***

Mit insgesamt 421 gefangenen Tieren und 0,24 % der Gesamtanzahl ist *S. atlantica* der vierthäufigste Cephalopode und mit Abstand die häufigste Sepiolidae in der Nordsee. In der Arbeit von de Heij & Baayen (2005) war *S. atlantica* nach *A. subulata* der zweithäufigste Tintenfisch, was daran liegen könnte, dass ihr Untersuchungsgebiet im südlichen und zentralen Bereich der Nordsee lag. Neue genetische Erkenntnisse erbrachten vor kurzem, dass die zuvor für *S. atlantica* gehaltene Art in zwei Arten unterteilt werden kann. Die neu entdeckte Art wurde von de Heij & Goud (2010) als *Sepiola tridens* sp. nov. beschrieben. Da im Frühjahr 2010 bei einem Treffen in Ijmuiden am „National Naturhistorischen Museum in Leiden, Niederlande“ die Bestimmungsmerkmale nicht genau definiert wurden und es vereinzelte Probleme gab meine mitgebrachten Tiere genauer zu bestimmen, wird in dieser Arbeit bei den Analysen und der Beschreibung der Ergebnisse allerdings noch nicht auf die neue Unterteilung eingegangen, so dass hier die Ergebnisse nach der „alten“ Systematik beschrieben werden. Inwiefern sich die Habitate und die Ökologie beider Arten unterscheiden, wird sich in Zukunft zeigen.

In dieser Arbeit konnten 177 *S. atlantica* untersucht werden. Die mit Abstand meisten Tiere wurden im Winter gefangen. Mit Hilfe der Kurre, die im Sommer zusätzlich verwendet wurde, konnten kleine Exemplare gefangen werden. Es ist nicht auszuschließen, dass im Winter keine kleinen Tiere in der Nordsee vertreten sind, da die Kurre aufgrund von Zeitmangel nicht verwendet werden konnte. Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen allerdings vermuten, dass die Laichzeit im Sommer liegt. In schottischen Gewässern treten geschlechtsreife *S. atlantica* zwischen März und August auf, wobei die meisten geschlechtsreifen Tiere im Juni gefangen wurden (Yau & Boyle, 1996). Zudem besitzt *S. atlantica* einen Lebenszyklus von acht bis 12 Monaten (Yau, 1994, zit. n. Nicholas & Richardson, 2010). Aufgrund dessen kann vermutet werden, dass kleine Tiere im Winter nicht vertreten sind. De Heij & Baayen (2005), unterstützt von Yau & Boyle

(1996) sowie Jaeckel (1958), behaupten indes, dass aufgrund des kurzen Lebenszyklus mehrere Generationen jährlich auftreten. Dabei berufen sie sich allerdings auf einen Lebenszyklus von sechs bis acht Monaten.

Im Sommer war die Fangzahl stets zu gering um statistische Aussagen über die Zusammenhänge zwischen Vorkommen und Temperatur, Salinität oder Tiefe treffen zu können. Im Winter dagegen konnte gezeigt werden, dass die Abundanz positiv mit einer Zunahme der Salinität des Bodenwassers in Zusammenhang steht. Die Temperatur und Tiefe hatten dabei keinen Einfluss auf das Vorkommen dieser Art. *S. atlantica* wurde im Winter zwischen 19 m und 152 m Tiefe, bei Wassertemperaturen in Bodennähe zwischen 5° C und 8° C sowie einer Salinität zwischen 29,5 psu und 35,6 psu gefangen. Yau (1994, zit. n. Hastie et al., 2009a) beschreibt in seiner Dissertation eine überwiegende Tiefenverteilung zwischen 50 m – 120 m, wobei auch Tiefenangaben bis zu 150 m gemacht werden. Somit können die publizierten Daten mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ergänzt werden. Weitere Zusammenhänge zwischen Tiefe, Salinität und Temperatur wurden nicht publiziert.

Roper et al. (1984) beschreiben *S. atlantica* als kleinen Tintenfisch, der eine maximale Größe von 15 mm nicht überschreitet. Dass diese Art größer werden kann, zeigen nicht nur die aktuelle Untersuchung, sondern auch die Ergebnisse von Yau (1994, zit. n. Hastie et al., 2009a) und de Heij & Baayen (2009). Letztere diskutieren sogar über zwei verschiedene Populationen, wobei die eine größere Tiere hervorbringt (24 – 31 mm) als die andere (maximal 23 mm). Erste Gespräche in den Niederlanden ergaben, dass es wahrscheinlich ist, dass es sich um zwei verschiedene Arten handelt (*S. atlantica* und *S. tridens*; siehe weiter oben).

Weibliche Tiere waren im Mittel größer als die männlichen, was den Untersuchungen von de Heij & Baayen (2005) widerspricht, wobei die Männchen bei gleicher DML schwerer sind. Größere Weibchen haben allerdings den Vorteil, dass sie mehr Eier tragen können und somit erfolgreicher bei der Fortpflanzung sind (Boyle et al., 1995). Es kann nur darüber spekuliert werden, warum die Männchen, trotz der schwereren Geschlechtsorgane der Weibchen, bei gleicher DML schwerer sind. Wie schon bei den verschiedenen Ommastrephiden könnte dies mit einem Geschlechtsdimorphismus zusammenhängen (Abschn. 1.4.5 – 1.4.7).

Während in der vorliegenden Arbeit sowie in der Diplomarbeit von Hornaff (2008) mehr Männchen als Weibchen gefangen wurden, beschreiben de Heij & Baayen (2005) ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis. Die Ergebnisse von *I. coindetii* und *L. vulgaris* geben einen Hinweis darauf, dass Tintenfische zu bestimmten Jahreszeiten geschlechtsspezifische Schwärme bilden oder die verschiedenen Geschlechter unterschiedliche Habitatpräferenzen aufweisen können, wodurch die erzielten Ergebnisse zu erklären wären. Letzten Endes kann nicht eindeutig festgestellt werden, inwiefern ein ausgeglichenes oder unausgeglichenes Geschlechterverhältnis typisch für diese Spezies ist.

#### **1.4.8.2 *Sepietta oweniana***

*S. oweniana* wurde im Rahmen dieser Arbeit ausschließlich im Winter gefangen. De Heij & Baayen (2005) haben bei ihren Untersuchungen im Süden der Nordsee im Winter kein Exemplar gefangen. Dagegen fingen sie vier Tiere im Sommer 1999 vor der Südküste Norwegens. Wenn man beachtet, dass sie den Süden und zentralen Bereich im Winter beprobt haben und das Untersuchungsgebiet der FFS Walther Herwig III während der aktuellen Arbeit im Winter nördlicher lag, widersprechen sich diese Ergebnisse für den Winter nicht.

Es ist verwunderlich, dass keine *S. oweniana* im Sommer gefangen wurden, denn in den schottischen Gewässern liegt die Laichzeit zwischen September und Februar, während kleine Tiere (bis zu 9 mm) zwischen März und September in Planktonproben gefunden wurden (Yau, 1994, zit. n. Hastie et al., 2009a). Zwar kann vermutet werden, dass kleine Tiere im Sommer auftreten und vom GOV nicht erfasst wurden; dennoch widerspricht diese Vermutung den Ergebnissen von de Heij & Baayen (2005), da sie im Sommer Exemplare mit einer DML zwischen 35 und 40 mm gefangen haben. Eine weitere Erklärung könnte sein, dass sich die Tiere im Sommer in einem Gebiet aufhalten, das durch die IBTS Beprobung des FFS Walther Herwig III nicht erfasst wurde. Aufgrund der geringen Größe der Tiere und der damit verbundenen Problematik der hier verwendeten Fangmethodik (siehe auch 1.4.1) können keine genaueren Gründe erfasst werden.

Die maximal beobachtete DML in der aktuellen Untersuchung liegt mit 44 mm weit unter der beschriebenen DML von 70 mm (Norman, 2000).

Die Tiere, die in dieser Arbeit gefangen und untersucht wurden, hatten eine Geschlechtsreife von eins bis fünf. Dies deutet auf eine ausgedehnte Laichzeit in der Nordsee hin. Aufgrund der kurzen Lebensphase halten de Heij & Baayen (2005) es für möglich, dass *S. atlantica* polyvoltin (immer aufeinanderfolgende Generationen) ist. Da die Lebensphase von *S. oweniana* mit sechs bis neun Monaten ähnlich kurz ist (Mangold & Froesch, 1977, zit. n. Hastie et al., 2009a), könnte sie ebenfalls polyvoltin sein, was die verschiedenen Reifegrade zusätzlich erklären könnte.

Bei dieser Untersuchung wurde *S. oweniana* in Tiefen zwischen 32 m und 171 m bei Temperaturen zwischen 6,6 °C und 8,6 °C sowie bei einer Salinität zwischen 34,2 psu und 35,4 psu gefangen. Die Ergebnisse decken sich mit der Literatur. So beschreibt Mangold-Wirz (1963, zit. n. Hastie et al., 2009) für die Nordsee und den Mittelmeerraum eine Tiefenverteilung zwischen 20 m und 600 m. Die Untersuchungen von Yau (1994, zit. n. Hastie et al., 2009a) zeigen, dass sich die meisten *S. oweniana* in den schottischen Gewässern zwischen 80 m und 90 m aufhalten. Der Salinitätsbereich der gegenwärtigen Arbeit, in dem die Tiere im Winter gefangen wurden, war wesentlich kleiner als bei *S. atlantica*. So ist es nicht verwunderlich, dass *S. oweniana* im Gegensatz zu *S. atlantica* nicht im Brackwasser vorkommt, allerdings bis ins Kattegatt vordringen kann (Hornborg, 2005).

Im Sommer befinden sich die Tiere laut de Heij & Baayen (2005) in bis zu 60 m Tiefe bei einer Salinität zwischen 34,8 psu und 35,2 psu bei Temperaturen zwischen 6 °C und 9 °C.

#### **1.4.8.3 *Rossia macrosoma***

Mit 23 gefangenen Exemplaren und einem Anteil von 0,01 % der Gesamtanzahl war *R. macrosoma* der seltenste Sepiolidae. Wie schon bei *S. oweniana* wurde diese Art fast ausschließlich im Winter gefangen. Die Vermutung, dass im Sommer nur sehr kleine Tiere vorkommen, die das GOV aufgrund der Maschenweite nicht erfassen kann, kann nicht komplett ausgeschlossen werden. Dagegen sprechen jedoch die in der aktuellen

Arbeit im Winter identifizierten Reifegrade zwischen eins und vier, und die gefundenen Tiere mit einer DML zwischen 20 mm und 59 mm sowie der Fund eines Weibchen im Sommer, der durch die Sommerfunde von de Heij & Baayen (2005) unterstützt wird. Letztere fingen diese Art mit dem GOV sogar ausschließlich im Sommer und fanden kein Exemplar im Winter. Die unterschiedlichen Ergebnisse könnten dadurch zustande gekommen sein, dass die Schiffe verschiedene Beprobungsgebiete angefahren haben. Man kann also davon ausgehen, dass *R. macrosoma* das ganze Jahr in der Nordsee vertreten ist. Leider machen de Heij & Baayen (2005) keine Angaben über die Reife der Tiere sondern geben lediglich die Größe mit 30 mm bis 70 mm an, aufgrund derer man aber bei Tintenfischen nicht auf die Reife schließen kann. Inwiefern geschlechtsreife Tiere über das ganze Jahr in der Nordsee vertreten sind, ist somit nicht abschätzbar. Die Daten der aktuellen Arbeit deuten aber darauf hin, dass die Tiere eine ausgedehnte Laichperiode besitzen. Da die Lebensphase auf ein bis eineinhalb Jahre geschätzt wird (Boletzky & Boletzky, 1973), ist es sehr unwahrscheinlich, dass auch diese Art polyvoltin ist.

Die aktuellen Daten weisen auf ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis im Winter hin. Dagegen berichten de Heij & Baayen (2005) von einem stark weiblich dominierten Verhältnis im Sommer, so dass vermutet werden kann, dass auch hier geschlechtsspezifische Wanderungen oder Habitatpräferenzen vorliegen. Mangold-Wirz (1963, zit. n. Hastie et al., 2009) berichten über saisonale Laichwanderungen ins flachere Wasser und eine ausgedehnte Laichzeit zwischen März und November. Dabei erreichen die großen Exemplare das Laichgebiet im Frühjahr und die kleinen erst im Sommer. Fasst man die Arbeit von de Heij & Baayen (2005) mit der aktuellen Arbeit zusammen, so stimmen sie vollständig mit den Ergebnissen von Mangold-Wirz (1963, zit. n. Hastie et al., 2009) überein.

Jereb & Roper (2005) beschreiben *R. macrosoma* als eine relativ große Sepiolidae, die eine maximale DML von 80 mm erreichen kann, meist aber etwa 60 mm groß wird. Die in dieser Arbeit beobachtete maximale DML von 59 mm kommt dem sehr nahe. Dabei deuten die vorliegenden Ergebnisse darauf hin, dass die Weibchen größer als die Männchen sind und widersprechen so den Ergebnissen von de Heij & Baayen (2005).

Aufgrund der geringen Untersuchungszahl ist diese Vermutung aber als rein spekulativ zu betrachten.

In der keltischen See hält sich die Art zwischen 65 m und 354 m Tiefe auf (Lordan et al., 2001b). Im Sommer lebt die Art in der Nordsee in über 100 m Tiefe bei 6 °C bis 12 °C und einer Salinität zwischen 34,8 psu und 35,2 psu auf (de Heij & Baayen, 2005). Die in der vorliegenden Arbeit im Sommer gefangenen Tiere befanden sich in einer Tiefe von 107 m bei 7,6 °C und einer Salinität von 35,2 psu, und decken sich somit mit den zuvor beschriebenen Ergebnissen der Niederländer. Mit einer zusätzlichen Tiefenbeschreibung im Winter in der Nordsee zwischen 75 m und 171 m bei einer Temperatur zwischen 5,7 °C und 8,5 °C sowie einer Salinität zwischen 34,8 psu und 35,4 psu können die Literaturdaten nun ergänzt werden.

#### **1.4.9 *Sepia elegans* & *Sepia officinalis***

Mit jeweils vier gefangenen Exemplaren von *S. officinalis* und *S. elegans* waren diese beiden Arten die seltensten in der Nordsee und bieten daher allenfalls Raum für Spekulationen.

De Heij & Baayen (2005) berichten von vier *S. officinalis* Fängen im Winter und schreiben weiter, dass die Art regelmäßiger im Sommer gefangen wurde. Sie berichten zusätzlich, dass die im Winter gefangenen Exemplare weiblich, mit einer DML zwischen 110 mm und 230 mm, waren, während im Sommer zwei Generationen im flachen Küstenwasser vertreten waren. Dabei besteht die eine Generation aus juvenilen Tieren zwischen 20 mm und 80 mm, die andere aus Adulten zwischen 110 mm und 200 mm DML. Des Weiteren beschreiben sie, dass sich die meisten der gefangenen Tiere flacher als 100 m Tiefe aufhalten. Mit einer Fangtiefe zwischen 39 m und 60 m in der aktuellen Arbeit können diese Angaben unterstützt werden.

Die in dieser Arbeit im Winter untersuchten Tiere besaßen eine DML von 56 mm bis 180 mm und unterstützen ebenfalls die Ergebnisse von de Heij & Baayen (2005). Es wird berichtet, dass die Art bis zu zwei Jahre alt werden kann (Challier et al., 2005).

Dagegen wurde *S. elegans* von de Heij & Baayen (2005) nicht gefangen. Das Verbreitungsgebiet erstreckt sich im östlichen Atlantik von Namibia bis zur schottischen

Westküste, so dass Exemplare bis in den Englischen Kanal vorkommen, allerdings nicht in die Nordsee vordringen (Jereb & Roper, 2005). Aufgrund des beschriebenen Verbreitungsgebiets würde man vermuten, dass die Art, sofern sie in der Nordsee vorkommt, eher durch den Englischen Kanal einwandert und nicht wie in dieser Arbeit im nördlichen Bereich zu finden ist. Aufgrund der Fangtiefe (118 m – 166 m), der Salinität (35,3 psu – 35,4 psu) und der Temperatur (8,0 °C – 8,6 °C) könnten die nördlichen Funde im Winter 2008 und 2009 durch eine starke Atlantikströmung erklärt werden (siehe Anhang Abb. A1). In der keltischen See liegt die Tiefenverteilung zwischen 104 m und 204 m (Lordan et al., 2001b). Schließlich kann festgestellt werden, dass *S. elegans* einer der seltensten Nordsee-Tintenfische ist und durchaus im nördlichen Bereich auftreten kann.

#### **1.4.10 *Eledone cirrhosa***

*E. cirrhosa* war der einzige Vertreter der Octopodidae. Es wird berichtet, dass in der Nordsee im Sommer zwischen Juli und September geschlechtsreife Tiere auftreten und diese kurz danach ablaichen (Boyle, 1983; Boyle & Knobloch, 1983). Die Tatsache, dass in dieser Arbeit im Sommer ein Weibchen gefunden wurde, welches bereits abgelaicht hatte, unterstützt diese Berichte. Im Mittelmeerraum und in portugiesischen Gewässern wird eine maximale Mantellänge von 180 mm beschrieben, wohingegen in den meisten anderen Regionen auftretende Exemplare eine maximale Mantellänge von 120 mm aufweisen (Hastie et al., 2009a). Somit ist die gemessene maximale Mantellänge von 180 mm in der Nordsee sehr groß.

Es wird berichtet, dass die Art bei den Faroer Inseln in bis zu 770 m Tiefe vorkommt (Massy, 1928). Am häufigsten tritt *E. cirrhosa* allerdings in Tiefen zwischen 50 m und 300 m auf. In den britischen Gewässern tritt *E. cirrhosa* dagegen gehäuft im flacheren Küstengewässer auf (Boyle, 1983). Somit liegt die in dieser Arbeit gefundene Tiefenverteilung zwischen 95,8 m und 169 m im Bereich des Publizierten. Zu dem in dieser Arbeit gefundenen Temperatur- und Salinitätsbereich konnten keine Literaturangaben gefunden werden. Allerdings lassen die Ergebnisse vermuten, dass *E. cirrhosa* bezüglich der Salinität stenök ist.

### 1.4.11 Bestandsentwicklung der Tintenfische

Um einen Eindruck zu erlangen, inwiefern sich die Bestandssituation der Tintenfische in den letzten Jahren entwickelt hat, wurden die in dieser Arbeit erzielten Ergebnisse mit verschiedensten Literaturdaten ergänzt. Auch wenn die Datenserie nicht weit zurückreicht und die Fangzahlen schwanken, so kann man doch, aufgrund der standardisierten Fänge, einen Trend der Fangzunahme, und somit auch der Bestandszunahme, erkennen. Zusätzlich zu der betriebenen Literaturrecherche wurden im vTI in Hamburg die alten Fahrtprotokolle und -berichte gesichtet, um weitere und vor allem ältere Fangdaten zu erlangen. Da allerdings die Anzahl der Tintenfische nicht protokolliert wurde, sondern lediglich vermerkt wurde, an welcher Station Tintenfische im Netz vorgefunden wurden, kann über die Fanganzahl keine Aussage getroffen werden. Ein zusätzliches Problem dieser „alten“ Daten ist, dass von keinem der befragten Fahrleiter versichert werden konnte, dass die Tintenfische auch regelmäßig notiert wurden. So dass die Aufnahme der Cephalopoden vom Fahrtprogramm und Fahrteilnehmern abhing. Um eine Fehlinterpretation der alten Fahrtprotokolle zu vermeiden, wurden nur Ausfahrten ausgewertet, die mehrere Tintenfischstationen aufwiesen, da somit die regelmäßige Aufnahme der Tintenfische wahrscheinlicher war als bei den Ausfahrten, bei denen lediglich an einer Station eine Notiz vorgenommen wurde. Auch wenn dieser Ansatz eher konservativ ist, lassen die erstellten Karten (siehe Anhang Abb. A2) einen Anstieg der Tintenfischpopulation vermuten. In den 1960er, 1970er und 1980er Jahren wurden im Winter mit einem vergleichbaren Netz bei 7 – 20 % der Fangstationen Tintenfische gefangen. In den drei Untersuchungsjahren dieser Arbeit lag der Anteil der Stationen in denen Tintenfische auftraten im Winter zwischen 95 und 98 % und war somit wesentlich höher, obwohl die „alten“ Daten wie bereits oben beschrieben konservativ behandelt wurden und die Schleppdauer teilweise doppelt so lang war. Gespräche mit den aktuellen und ehemaligen Fahrteilnehmern der IBTS Ausfahrten, sowie Interviews mit Nordseefischern weisen ebenfalls daraufhin, dass die Fangzahlen in den letzten Jahren enorm angestiegen sind. Datensätze über ein wissenschaftliches Langzeitmonitoring gibt es weder aus der Nordsee noch weltweit. Die einzigen Datengrundlagen sind die kommerziellen Anlandungszahlen der Fischer. So

zeigen die FAO-Daten (Anonym, 2011), dass die Anlandungszahlen seit den 1950ern von 500.000 Tonnen auf 4 Mio. Tonnen weltweit angestiegen sind. Daten aus dem Arbeitsgruppen-Bericht der ICES WGCEPH (ICES, 2010a) zeigen, dass die Anlandungszahlen in der Moray Firth von 1996 bis 2005 von weniger als 50 Tonnen auf über 1.000 Tonnen im Jahr angestiegen sind, ehe sie zwischen 2006 und 2008 bei etwa 500 Tonnen stagnierten.

Inwiefern klimatische und oder fischereiliche Veränderungen einen Effekt auf die Bestände der Tintenfische haben, kann nur spekuliert werden. So könnte man vermuten, dass durch die Fischerei und Klimaveränderungen die Bestände der Raubfische (siehe Bsp. Kabeljau Vorwort) abnehmen, und so ein geringerer Fraßdruck auf den Tintenfischen lastet.

## 1.5 Zusammenfassung

### Populationsbiologie der Nordsee-Tintenfische

Im ersten Teil dieser Arbeit wurden bedeutende biologische Daten und Aspekte der wichtigsten Tintenfischarten in der Nordsee, wie sie für ein mögliches wissenschaftliches Assessment oder für einen Management-Plan benötigt werden zusammengefasst.

Bezogen auf die Tintenfischfauna konnte gezeigt werden, dass die Nordsee ein von Loliginidae dominiertes Gewässer und *A. subulata* der häufigste Tintenfisch ist. So machten die Fänge dieser Art weit über 90 % der Gesamtanzahl aus.

Mit Hilfe von modernen Interpolationsverfahren wurden zum ersten Mal die Tintenfischbestände abgeschätzt. Demnach leben im Winter etwa 2,7 Milliarden und im Sommer 440 Millionen Tintenfische in der Nordsee.

Zusätzlich liefern die Ergebnisse Informationen über mögliche Laich- und Jagd-Gebiete, Laichzeiten und Wanderungen. So wandert *A. subulata* von der zentralen Nordsee im Sommer zum Laichen an die südöstliche Nordseeküste. *L. forbesi* hingegen laicht im Winter im Norden der Nordsee. Generell lassen die Ergebnisse darauf schließen, dass die Anzahl der Arten, die im Sommer laichen und die Anzahl derer, die im Winter laichen sehr ausgeglichen sind. So laichen zwei von drei Loliginidae im Sommer, hingegen zwei von drei Sepiolidae eher im Winter. Bei den Ommastrephiden lassen die Ergebnisse für *T. eblanae* und *I. coindetii* ebenfalls eine Hauptlaichzeit zwischen Sommer und Herbst vermuten, wohingegen *T. sagittatus* nicht in der Nordsee laicht, jedoch vermutet werden kann, dass die Laichzeit im Winter liegt.

Bei der Mehrheit der Arten sind männliche Individuen häufiger vertreten als die weiblichen. Ausnahmen bilden dabei *R. macrosoma* mit einem eher ausgeglichenen Geschlechterverhältnis, sowie *T. eblanae*, von dem im Sommer mehr Männchen gefangen werden konnte, allerdings im Winter mehr Weibchen auftraten.

Nur bei den Loliginidae werden die Männchen größer als die Weibchen, bei den Ommastrephiden und Sepioliden werden die Weibchen größer als die Männchen. Dabei verhält es sich mit der Gewichts-Längenbeziehung genau umgekehrt. Bei den Loliginidae sind die Weibchen schwerer als die Männchen, was durch die schwereren

Geschlechtsprodukte erklärt werden konnte, wohingegen gezeigt werden konnte, dass die Männchen der Ommastrephidae und Sepiolidae schwerer waren als die Weibchen. Dies konnte dadurch erklärt werden, dass die Männchen dieser Arten dickere Arme und kompaktere Köpfe ausbilden. Zudem konnte gezeigt werden, dass die weiblichen Tiere von *A. subulata* anfänglich schneller wachsen und die Männchen schneller reifen. Des Weiteren konnte ein erheblicher Einfluss der heterogenen Temperaturverteilung in der Nordsee auf die Wachstums- und Entwicklungsgeschwindigkeit der Tintenfische nachgewiesen werden.

Generell konnte beobachtet werden, dass die Nordsee-Tintenfische im Vergleich zu ihren Artgenossen im Mittelmeer oder anderen atlantischen Gewässern tendenziell kleiner sind. Bei den Loligonidae konnte gezeigt werden, dass die Temperatur im Winter einen signifikanten Einfluss auf die Verteilung der Art hat, und alle untersuchten Arten dieser Familie die wärmeren Gewässer bevorzugen, wohingegen ein signifikanter Einfluss der Temperatur im Sommer die Ausnahme war. Auch die Tiefe hat in den meisten Fällen eine Auswirkung auf die Abundanz dieser Familie, indes die Salinität nur in zwei von sechs Fällen deren Auftreten beeinflusst. So konnte gezeigt werden, dass *A. subulata* im Sommer flachere und wärmere Gewässer mit einer geringen Salinität bevorzugt, und im Winter tiefere warme Gewässer präferiert. *L. forbesi* bevorzugt im Winter höhere Temperaturen eine große Tiefe und eine hohe Salinität, im Sommer hingegen hat die Salinität und die Temperatur keinen signifikanten Einfluss auf das Vorkommen dieser Art. So konnte lediglich festgestellt werden, dass die Tiere, wie fast alle Arten, zu dieser Jahreszeit wärmere Gewässer aufsuchen.

Bei den Ommastrephiden hat die Tiefe die größte Auswirkung auf die Verteilung der Tiere, wohingegen die Temperatur und die Salinität nur selten das Auftreten dieser Arten beeinflussen.

Bei einer genaueren Betrachtung der hydrologischen Bedingungen, bei denen die Tiere ins Netz gingen, erkennt man, dass beispielsweise *S. elegans* immer tiefer gefangen wurde als *S. officinalis*. Ein Vergleich zwischen den Loliginidae und den Ommastrephiden zeigt, dass die Loliginidae in einer geringeren Tiefe vorkamen.

Einige Arten scheinen ein breites Salinitätsspektrum zu tolerieren, indes andere bezüglich der Salinität stenök sind. Allgemein betrug die Differenz im Salzgehalt der Stationen in

denen Loliginidae nachgewiesen wurden, 4,4 psu. Ommastrephiden mit einer Differenz von 1,2 psu, Sepiolidae (mit Ausnahme von *S. atlantica* für die ein Salinitätsspektrum zwischen 29,5 psu und 35,6 psu nachgewiesen werden konnte) mit 1,3 psu und Sepiidae mit 0,6 psu scheinen indes nicht so tolerant gegenüber unterschiedlicher Salinitäten zu sein.

Die Verteilungskarten zeigen, dass sich zwar die Gebiete in denen die einzelnen Loliginidae leben überlappen, allerdings sind die Hauptverbreitungsgebiete voneinander getrennt. So lebt *L. forbesi* im Winter hauptsächlich im Norden, *A. subulata* im zentralen und *L. vulgaris* im südlichen Bereich der Nordsee. Sowohl die Ommastrephiden als auch die Sepiolidae weisen dagegen kein klares Verteilungsmuster auf.

Aufgrund der Aussagen der Fischer, dass die Fangzahlen von Tintenfischen in den letzten Jahren stark gestiegen sind, und der Analyse der Bestandsentwicklung der Tintenfische, die tendenziell auf eine Zunahme in den letzten Jahren verweist, kann davon ausgegangen werden, dass die Bestände in den letzten Jahren gewachsen sind. Mit diesem Hintergrundwissen, ist es umso wichtiger abschätzen zu können, in welchem Bereich des Nahrungsnetzes die Tiere einen Einfluss haben, und inwiefern sie die kommerziell genutzte Fischbestände, aufgrund von Fraßdruck oder Nahrungskonkurrenz, beeinflussen oder sogar dezimieren können. Von daher wird im folgenden Kapitel mit der Darstellung der Untersuchungsergebnisse der Nahrungsökologie der Tintenfische fortgefahren. Zunächst wird mit Hilfe von Mageninhaltsuntersuchungen die Nahrungszusammensetzung bestimmt, ehe anschließend auf die erbeuteten Fischarten genauer eingegangen wird. Zusätzlich werden mit Hilfe von Messungen stabiler Isotope die Tintenfische ins Nahrungsnetz der Nordsee eingeordnet.

Abschließend wird mit Hilfe der Konsumptionsrate und den erzielten Ergebnissen der Mageninhaltsanalysen und der Untersuchung der Bestandsstruktur, der Einfluss der beiden wichtigsten Tintenfischarten im Nahrungsnetz der Nordsee abgeschätzt.

## Kapitel 2

### Nahrungsökologie der Nordsee-Tintenfische

#### 2.1 Einleitung

Tintenfische sind lebenslang aktive Jäger, welche ein breites Beutespektrum besitzen (Amaratunga, 1984; Boyle, 1990). Sowohl als Prädatoren als auch als Gejagte besitzen sie eine wichtige Position im Nahrungsnetz, und können dieses in alle Richtungen beeinflussen (Klages, 1996; Rodhouse & Nigmatullin, 1996; Caddy & Rodhouse, 1998; Santos & Haimovici, 1998; Piatkowski et al., 2001; Gasalla et al., 2010).

Analysen zur Nahrungsökologie von Tintenfischen bzw. deren Einfluss im Nahrungsnetz der Nordsee sind generell selten und auch nur für wenige Arten unternommen worden, so dass das vorhandene Wissen sehr lückenhaft ist.

So wurden beispielsweise in den 1990er Jahren an einigen Tintenfischtaxa Mageninhaltsuntersuchungen im Nordostatlantik vorgenommen (Nesis, 1965; Castro et al., 1990; Collins et al., 1994; Pierce et al., 1994b; Rocha et al., 1994; Collins & Pierce, 1996). Dass, das Wissen über Nordseearten sehr lückenhaft ist, belegt die Arbeit von Nyegaard (2001, zit. n. Hastie et al., 2009a), da er der Einzige ist, der die Nahrung von *A. subulata*, dem Kalmar, der am häufigsten in der Nordsee vorkommt, in der Nordsee untersucht hat. Eine weitere Arbeit (Doktorarbeit), die sich auf die Schottische Bucht beschränkt, wird von Wangvorlak angefertigt (2009). Hierbei liegt der Untersuchungsschwerpunkt auf der unterschiedlichen Zusammensetzung der Nahrung von *L. forbesi* in den letzten 15 Jahren. Aussagen über einen möglichen „Top Down“-Effekt auf bestimmte Beutetaxa, wie Hunsicker & Essington (2008) es für *Loligo pealeii* im NW-Atlantik publiziert haben, gibt es im NO-Atlantik oder in der Nordsee nicht, doch ist gerade dies bei einem möglicherweise ansteigenden Tintenfischbestand (siehe Kapitel 1) von hohem Interesse.

Auch für die Modellierung einzelner Beziehungen innerhalb des Ökosystemansatzes sind Daten der Nahrungsanalysen wichtig. Dabei gehen immer mehr Daten und Informationen über einzelne Tiergruppen und –arten in die Berechnungen mit ein, um

so ein möglichst naturgetreues Ökosystem darstellen zu können (Gasalla & Rossi-Wongtschowski, 2004).

Um Bestandssituationen und auch –veränderungen besser voraussagen zu können, so dass z.B. in der Fischerei die Ressourcen optimal und umweltverträglich genutzt werden können, werden die einzelnen Verflechtungen der Arten und Gruppen im Nahrungsnetz, vor allem in Bezug auf möglicher „Top-Down“- oder „Bottom-Up“-Effekte immer wichtiger. Erste Ökosystemmodelle in denen Tintenfische berücksichtigt werden sind beispielweise in Brasilien entstanden (Gasalle & Rossi-Wongtschowski, 2004).

Der folgende zweite Teil dieser Arbeit soll dem Informationsdefizit der Nahrungsökologie der Nordsee-Tintenfische entgegenwirken und kann in folgende Aspekte unterteilt werden:

Mit Hilfe der Mageninhaltsanalyse wird zuerst die Nahrungszusammensetzung der verschiedenen Tintenfischarten beschrieben. Um auf regionale und saisonale Unterschiede eingehen zu können, werden die Mageninhalte der verschiedenen Tintenfische aus den verschiedenen Roundfishareas (Abb. 1.1) aus den Sommermonaten mit jenen aus den Wintermonaten verglichen. Ergänzt werden die Ergebnisse der Mageninhaltsanalyse durch Messungen der Zusammensetzung stabiler Isotope der durch die Mageninhaltsuntersuchung identifizierten Beute und den Tintenfischen selbst, so dass die Tintenfische in das Nahrungsnetz der Nordsee integriert werden können.

Abschließend wird mit Hilfe der Ergebnisse aus dem ersten Teil der Einfluss der Tintenfische als Räuber im Nahrungsnetz der Nordsee berechnet und abgeschätzt.

Zusammengefasst werden diese Punkte ein klares Bild der Position der Tintenfische innerhalb des Nahrungsnetzes liefern. So wird der Einfluss der Tintenfische beschrieben, um so bei Modellierungen und Management-Vorschlägen diese neuen Informationen berücksichtigen zu können.

## 2.2 Material und Methoden

### 2.2.1 Allgemeine Statistik

Für die Datenanalyse wurden die Software-Pakete *R-Statistic* (version 2.9.2; R Development Core Team, 2009), *SigmaStat* 3.1 (Systat Software Inc., Point Richmond, CA), *GraphPadInStat* 3 (GraphPad Software, Inc., San Diego California, USA), sowie *Excel* (Microsoft Corporation, Redmond, USA) und deren Standardverfahren (insbesondere ANOVA's und t-Test) verwendet. Sofern die Daten nicht normalverteilt waren, was insbesondere bei den Untersuchungen der stabilen Isotope der Fall war, wurden nicht parametrische Tests, wie die Spearman Rangkorrelation und der Mann-Whitney Rangsummentest, angewendet.

### 2.2.2 Optische Mageninhaltsanalyse

Für die Analyse der Mageninhalte wurden hauptsächlich die Tiere verwendet, die im Rahmen des IBTS gefangen wurden (Abschn. 1.2.1). Um die Untersuchungszahl der selten gefangenen Tiere zu erhöhen, wurden allerdings zusätzlich Tiere (z.B. *T. sagittatus*, 7 Exemplare) verwendet, die bei den Sommerausfahrten des FK Solea gefangen wurden.

Zunächst wurde der herauspräparierte Magen (Abschn. 1.2.2) aus dem Alkohol in ein Petrischälchen mit Wasser überführt. Dann wurde die Magenwand mit Hilfe einer kleinen Schere aufgeschnitten und der Mageninhalt mit Hilfe einer Pinzette von der Magenwand gelöst. Nachdem die innere Magenwand mit Wasser aus einer Spritzflasche abgespült wurde, wurde der Mageninhalt unter einem Binokular (Stemi SV 11 Zeiss, Oberkochen, Deutschland) analysiert und bestimmbares Material aussortiert. Sofern sich viel Kleinmaterial, wie ein undefinierbarer Magenbrei, im Magen befand, wurde der Mageninhalt, nach der ersten Betrachtung aussortiert, und über eine Gaze (0,25 mm Maschenweite) gespült und nochmals betrachtet. Da für die Bestimmung der Fische die Wirbel möglichst sauber sein müssen, wurden Wirbel, an denen noch Fleischreste hingen,

in warmen Wasser mit „alkalischem Spülmittel“ oder in Kalilauge, je nach Verschmutzungsgrad, eingelegt, um so das Fleisch abzulösen. Insgesamt wurden auf die Art und Weise 1.719 Mageninhalte untersucht.

Die Wirbelreste und Otolithen wurden anhand von Bestimmungsliteratur (Watt et al., 1997; Leopold, 2001; Svetocheva et al., 2007) identifiziert und die Fischgrößen anhand der in der Literatur beschriebenen Formeln berechnet.

Die gefundenen Tintenfischschnäbel wurden mit Hilfe von Clarke (1986) bestimmt.

Zur Erleichterung der Bestimmungen wurde zudem eine Vergleichssammlung angelegt, indem die Schnäbel der Tintenfische, die Otolithen und die Wirbelsäule der beim IBTS gefangenen Fische herauspräpariert wurden.

Für die Bewertung der Mageninhalte wurde der „Numerical Importance“ (NI) Index verwendet. Dieser errechnet sich aus der Häufigkeit eines Futterorganismus relativ zu allen gefundenen Futterorganismen (Rocha et al., 1994). Um die Nahrungszusammensetzung der verschiedenen RFA zu vergleichen wurde das Programm Primer 6.1.13 (Primer-E Ltd, Luton, UK) verwendet. Für die weiteren statistischen Auswertungen wurde SigmaStat 3.1, SigmaPlot 11.0 (Systat Software Inc., Point Richmond, CA) sowie R-Statistic 2.9.2 (R Development Core Team, 2009) verwendet.

Um zu erfahren, inwiefern gefundene Beutegruppen selektiv gefressen wurden, oder ob die Tintenfische unselektiv jagen wurde der Ivlev (1961) Selektions-Index ( $E$ ) auf Niveau der RFAs berechnet:

$$\text{Ivlev Selektions-Index: } E = (r_i - p_i)(r_i + p_i)^{-1}$$

Dabei ist  $r_i$  die im Magen einer Tintenfischart gefundene relative Abundanz der Beuteart  $i$  in einer RFA und  $p_i$  die relative Abundanz der Beuteart  $i$  in der gleichen RFA.  $E$  liegt im Bereich zwischen -1 und +1, dabei bedeuten negative Werte eine Unzugänglichkeit oder Vermeidung der Art, wohingegen positive Werte eine positive Selektion dieser Art bedeuten. Werte im Bereich um Null bedeuten, dass die Tiere nicht selektiv fressen.

Für die Berechnung des Selektions-Index wurden ausschließlich die Fischgrößen verwendet, die von den Tintenfischen auch gefressen wurden (Abschn. 2.3). Dabei wurde der Anteil der unidentifizierten Fische für die Berechnung herausgenommen und die

Anteile der identifizierten Fische neu berechnet. Für die Abundanz der Beutefische ( $p_i$ ) wurden die Fangdaten der Fische des IBTS aller beteiligten Schiffe vom ICES genutzt. Die verwendeten Fischlängen wurden vor der Berechnung mit Access 2003 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) aussortiert.

### **2.2.3 Messung der stabilen Isotope**

Nach den morphologischen Vermessungen und der Magenentnahme wurde den Tieren ein Stück Mantel (etwa 4 cm<sup>2</sup>) abgeschnitten und bis zur weiteren Bearbeitung für die Messung der stabilen Isotope bei etwa minus 20° C eingefrosten. Für die Isotopen Messung wurden die Mantelstücke später in einem Trockenschrank bei 60° C über 24 Stunden getrocknet, ehe sie anschließend in einer Schwingmühle MM2 aus Edelstahl (Retsch, Haan, Deutschland) gemahlen und somit pulverisiert wurden. Schließlich wurde für die Messung im Winter 2008 (84 Proben) je 0,1 mg für die Kohlenstoffmessung und 0,5 mg für die Stickstoffmessung des pulverisierten Mantels pro Probe eingewogen (Ultrafeinwaage SC2, Sartorius AG, Göttingen, Deutschland) und in Zinkkartuschen 5 x 9 (HEKAtech GmbH, Wegberg, Deutschland) verschlossen. Diese wurden dann in einem Massenspektrometer (Carlo Erba 1108 - ThermoFinnigan Delta C) des Instituts für Bodenkunde in Kiel, welches nach dem „continuous flow“ Prinzip funktioniert, gemessen. Aufgrund örtlicher Probleme wurden alle anderen Mantelproben (440 Proben) in der „UC Davis Stable Isotope Facility“ in Kalifornien gemessen. Dabei wurde ein PDZ Europa ANCA-GSL Elementar-Analysator gekoppelt an einem PDZ Europa 20-20 Massenspektrometer (Sercon Ltd., Cheshire, UK) verwendet. Für die Analyse wurde 1 mg der Mantelproben eingewogen und in 5 x 9 Zinkkartuschen (HEKAtech GmbH, Wegberg, Deutschland) verpackt. Für die Messungen der Beutefische wurde Muskelgewebe unter einem Binokular Stemi S11 (Zeiss, Jena, Deutschland) aus den Tieren präpariert, wie oben beschrieben getrocknet, pulverisiert, eingewogen und ebenfalls zur „UC Davis Stable Isotope Facility“ geschickt, wo dann die stabilen Isotope gemessen wurden.

Um eine Basislinie für die einzelnen Untersuchungsgebiete zu bekommen, wurden Seston-Proben gemessen. Aus technischen Gründen konnte dies allerdings nicht am „UC

Davis“ unternommen werden. Daher wurden diese zum einem am Leibniz-Institut für Meereswissenschaften in Kiel und am Museum für Naturkunde in Berlin analysiert (insgesamt 42 Proben). Um das Seston messen zu können, wurden Wasserproben aus den Wasserschöpfern der CTD-Sonde (Sea-Bird 911+, Sea-Bird Electronics, Inc. Washington, USA) mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe PLASTIBRAND® (Brand, Wertheim, Deutschland) auf einen geglühten Glasfaserfilter GF6 (Whatman GmbH, Dassel, Deutschland) filtriert und noch auf dem Schiff gefrostet. Anschließend wurden die Filter in Zinnkartuschen 10 x 10 (HEKAtech GmbH, Wegberg Deutschland) verpackt und gemessen. Die genaue Anzahl gemessener Isotopenproben ist im Anhang Tab. A3, A4 & A5 angegeben.

Alle oben beschriebenen Analyseverfahren werden nach internationalen Standards durchgeführt (Sulzman, 2008), so dass die Ergebnisse miteinander verglichen werden können.

#### **2.2.4 Berechnung der Trophieebenen**

Die Trophieebene (oder auch das Trophielevel) ist die Kennzeichnung für eine bestimmte Ebene (oder ein bestimmtes Level) einer linearen Nahrungskette im Ökosystem. Bezüglich einzelner Arten spricht man manchmal auch von Nahrungskettengliedern.

Um die Trophieebene eines Organismus bestimmen zu können, muss einerseits die Nahrungszusammensetzung und andererseits die Trophieebene der Nahrung bekannt sein. Die trophische Ebene wird dann wie folgt berechnet:

$$\text{Trophieebene} = 1 + \text{mittlere Trophieebene der Beute}$$

Nach einer Konvention in den 1960er Jahren wird den Primärproduzenten und Detritus (einschließlich assoziierter Bakterien) eine definitorische Trophieebene von 1 (Mathews, 1993) zugeschrieben.

Um die Trophieebene der Tintenfische bestimmen zu können, wurde in dieser Arbeit die Zusammensetzung der stabilen Isotope des Sestons analysiert (siehe Abschnitt 2.2.3). Mit Hilfe der allgemeinen Lehrmeinung, dass der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert mit Zunahme einer

Trophieebene um 3,4 ‰ ( $\pm 1,1$ ) zunimmt konnte das Trophielevel berechnet werden. Dazu wurde der gemessene Stickstoffisotopenwert des Sestons (Basislinie Trophieebene 1) aus der jeweiligen RFA von dem Stickstoffisotopenwert des Tintenfisches aus der jeweiligen RFA subtrahiert. Das Ergebnis wurde anschließend durch 3,4 dividiert, und mit 1 (Trophieebene vom Seston) addiert.

### 2.2.5 Möglicher Einfluss zweier Tintenfischarten im Nahrungsnetz

Aufgrund der schnellen Verdauung der Weichteile von z. B. Tintenfischen sind die Hartteile, wie Knochenreste oder Otolithen anderer Beutetiere übervertreten, so dass der Mageninhalt nicht quantitativ bestimmt werden kann (siehe hierzu 2.3.1). Daher bieten die gefundenen Mageninhalte keine Angaben über die Quantität der Beutezusammensetzung, so dass der Einfluss der beiden häufigsten Tintenfische im Nahrungsnetz der Nordsee mit Hilfe von Konsumptionsraten abgeschätzt wurde.

Die Bestimmung der Konsumptionsrate für die Langflossenkalmare *L. forbesi* und *A. subulata* folgte in Anlehnung an die Arbeit von Hunsicker & Essington (2008).

Zunächst wurde mit Hilfe der gewonnenen morphologischen Daten aus dem ersten Kapitel für die Arten *A. subulata* und *L. forbesi* eine Gewichts-Längenbeziehung berechnet (Kapitel 1, Abb. 1.7 & 1.12). Den in 5 mm Einheiten eingeteilten Längensklassen der beiden Arten konnte somit ein mittleres Gewicht zugeordnet werden.

Für die Berechnung der Konsumption wurde folgendes Energiebilanz-Modell verwendet:

$$K = SW + AV + KW + MR \quad (\text{Formel 1})$$

Dabei ist K die Konsumptionsrate, SW das somatische Wachstum, AV der Assimilationsverlust, KW das Wachstum der Gonaden und MR die Metabolismusrate (alles in  $\text{J g}^{-1} \text{Tag}^{-1}$ ). Unter der Annahme, dass *L. forbesi* und *A. subulata* semelpar (nur einmal laichend) sind (Holme, 1974; Rodhouse et al., 1988), wurde das Wachstum der Gonaden mit dem somatischen Wachstum gemeinsam als Gesamtwachstum (GW) zusammengefasst. Als Assimilationsverlust bezeichnet man den Energieverlust durch Verdauung, Exkretion und Bewegung. Da diese Parameter für Loliginidae nicht bekannt

sind, wurde die berechnete Konsumptionsrate mit einem bekannten Assimilationseffizienten (AE) verrechnet.

Dadurch ergab sich folgende Formel zur Berechnung der Konsumptionsrate:

$$AE \cdot K = GW + MR \quad (\text{Formel 2})$$

Als AE wurde die von Wallace et al. (1981) veröffentlichte Absorptionseffizienz von *Illex illecebrosus* (0,86), zusammen mit dem Energieverlust für die Bewegung von 10 %, veröffentlicht durch Wells & Clarke (1996), gewählt.

Als tägliche Zuwachsrate wurde die von Forsythe & Hanlon (1989) publizierte Rate gewählt. Sie beträgt in den ersten 90 Entwicklungstagen 5,8 %, danach 2 %. Zur Kontrolle der Zuwachsrate wurde das Gewicht eines geschlüpften *L. forbesi*, 0,5 mg (Forsythe & Hanlon, 1989), mit Hilfe der ermittelten Längengewichtsbeziehung aus Kapitel 1 in eine DML von 3,06 mm umgerechnet. Diese DML entspricht auch der publizierten DML für geschlüpfte *L. forbesi* (Forsythe & Hanlon, 1989). Nach 90 Tagen und einer Zuwachsrate von 5,8 Prozent erreichen die Tiere eine DML von 22 mm und ein Gewicht von 799 mg. Mit einer anschließenden Zuwachsrate von 2 % erreichen die Tiere nach 15 Monaten (455 Tagen) eine DML von 363 mm und ein Gewicht von 1100,89 g. Die von mir beobachtete maximale DML von 520 mm würde demnach nach 500 Tagen erreicht werden. Diese Berechnungen stimmen mit diskutierten Lebenserwartungen von 12 bis 18 Monaten überein (Holme, 1974; Hanlon et al., 1989; Lum-Kong et al., 1992; Boyle & Pierce, 1994; Guerra & Rocha, 1994; Pierce et al., 1994a; Boyle et al., 1995; Collins et al., 1995, 1999; Rocha & Guerra, 1999).

Die Zuwachsrate wurde über die von Croxall & Prince (1982) ermittelte Energiedichte (ED) für *Loligo vulgaris* ( $3620 \text{ J g}^{-1}$ ) von Gramm in Joule umgewandelt. Die massenspezifische Metabolismusrate (MR) wurde aus der Veröffentlichung von Hunsicker & Essington (2008) übernommen und stammt ursprünglich aus verschiedenen Publikationen über Loliginidae und wird folgend als Standardmetabolismusrate (SMR) bezeichnet. Auch diese Werte wurden in  $\text{J g}^{-1} \text{ Tag}^{-1}$  umgewandelt. Dazu wurde ein Kalorien-Koeffizient (KK) von Webber & O`Dor (1986) verwendet.

Da die Metabolismusrate bei Aktivität steigt, wurde die SMR mit einem ebenfalls von O`Dor (1982) veröffentlichten Wert multipliziert, um so die aktive Metabolismusrate (AMR) zu erlangen.

Anschließend wurde die berechnete tägliche Energiemenge der Tintenfische in Gramm umgerechnet. Dazu wurde die Energiemenge durch die Energiedichte der Beutetiere dividiert.

Für die Fischbeute wurde eine mittlere Energiedichte von  $4694 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$  gewählt. Diese setzt sich aus den von Pederson & Hislop (2001) publizierten Daten und den Ergebnissen der Mageninhaltsuntersuchungen zusammen.

Für die Crustaceenbeute wurde eine gemittelte Energiedichte von  $4021 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$  angenommen (Anderson, 2001), während für Tintenfischbeute eine Energiedichte von  $3620 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$  (Croxall & Anderson, 1982) gewählt wurde.

Abschließend erhält man die tägliche Konsumptionsrate in Gramm pro Beuteklasse und Längenklasse der Tintenfische.

Um nun den Einfluss der Tintenfische im Nahrungsnetz abschätzen zu können, wurden zunächst die Ergebnisse der Längenklassenverteilung (Kapitel 1) und die Ergebnisse der Berechnung der Populationsgröße (Kapitel 1) zusammengefasst.

Hierbei wurde das prozentuale Auftreten einer Längenklasse der im Winter und Sommer gefangenen Tiere mit der interpolierten Populationsgröße im Winter und Sommer verrechnet, wodurch ein Wert pro Längenklasse erlangt wurde, der auf der Gesamtpopulation im Winter und Sommer basiert.

Durch die Verknüpfung mit den Ergebnissen der Mageninhaltsanalyse konnte dann der Einfluss der beiden Tintenfischarten auf die verschiedenen Beuteklassen, bzw. -arten abgeschätzt werden.

Dazu wurden ebenfalls die erzielten Ergebnisse aus den Mageninhaltsuntersuchungen verwendet, in dem der prozentuale Anteil jeder Beuteklasse (Crustacea, Pisces, Cephalopoda und Polychaeta) pro Längenklasse bestimmt wurde.

## 2.3 Ergebnisse

### 2.3.1 *Alloteuthis subulata*

Von insgesamt 7.716 im Sommer bearbeiteten Tieren konnten 7.606 Magenfüllgrade bestimmt werden. Im Winter konnten von 7.246 bearbeiteten Tieren bei 6.621 der Magenfüllgrad untersucht werden (Tab. 2.1).

**Tabelle 2.1**

*Alloteuthis subulata*. Anzahl und prozentualer Anteil identifizierter Magenfüllgrade (MFG) während der einzelnen Ausfahrten und Gesamt für Sommer und Winter.

Sommer	MFG	2007		2008		2009		Gesamt	
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
	0	1.955	76,22%	1.878	74,64%	1.994	78,97%	5.827	76,61%
	1	486	18,95%	211	8,39%	215	8,51%	912	11,99%
	2	100	3,90%	194	7,71%	166	6,57%	460	6,05%
	3	20	0,78%	165	6,56%	100	3,96%	285	3,75%
	4	4	0,16%	68	2,70%	50	1,98%	122	1,60%
Winter	MFG	2008		2009		2010		Gesamt	
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
	0	2.017	76,23%	1.705	82,29%	1.596	83,87%	5.318	80,32%
	1	384	14,51%	215	10,38%	170	8,93%	769	11,61%
	2	147	5,56%	100	4,83%	74	3,89%	321	4,85%
	3	79	2,99%	39	1,88%	46	2,42%	164	2,48%
	4	19	0,72%	13	0,63%	17	0,89%	49	0,74%

Die berechneten prozentualen Anteile der einzelnen Magenfüllgrade pro Ausfahrt in Tabelle 2.1 zeigen keine deutlichen Unterschiede, weder im Vergleich der Jahre, noch zwischen den verschiedenen Jahreszeiten. Allerdings unterschieden sich die Anteile der Magenfüllgrade im Sommer 2008 von denen im Sommer 2007 und 2009 ( $p \leq 0,001$ ), sowie die im Winter 2008 von denen im Winter 2009 und 2010 ( $p \leq 0,001$ ) signifikant voneinander.

Davon abgesehen ist bei allen Ausfahrten der gleiche Trend zu beobachten. Unabhängig von den einzelnen Ausfahrten und den Jahreszeiten lag der Anteil der leeren Mägen

(MFG = 0) zwischen 75 % und 84 %, folglich betrug der Anteil der Tiere mit Mageninhalten zwischen 25 % und 16 %.

Eine genauere Betrachtung der gefüllten Mägen zeigte, dass komplett gefüllte Mägen (Füllgrad 4) bei gerade mal ein bis drei Prozent der Tiere gefunden werden konnten. Der Anteil des Magenfüllgrad 1 macht mit etwa 12 % im Sommer und im Winter den größten Anteil gefüllter Mägen aus.

Für den folgenden Vergleich der Geschlechter und juvenilen Tiere untereinander wurden die einzelnen Jahre zusammengefasst (Tab. 2.2). Demnach hatten im Sommer 87 % und im Winter 86 % der juvenilen Tiere einen leeren Magen. Während sechs bis sieben Prozent der untersuchten Tiere einen Magenfüllgrad von eins aufwiesen (Sommer bzw. Winter), hatten sowohl im Sommer als auch im Winter weniger als ein Prozent einen komplett gefüllten Magen.

**Tabelle 2.2**

*Alloteuthis subulata*. Anzahl und prozentualer Anteil der verschiedenen Magenfüllgrade (MFG) aufgeteilt in juvenile, männliche und weibliche Tieren in Abhängigkeit von der Jahreszeit.

	MFG	juvenil		Männchen		Weibchen	
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Sommer	0	756	87,20%	2907	82,87%	2164	66,98%
	1	56	6,46%	369	10,52%	487	15,07%
	2	36	4,15%	146	4,16%	278	8,60%
	3	16	1,85%	68	1,94%	201	6,22%
	4	3	0,35%	18	0,51%	101	3,13%
Winter	0	192	86,10%	2724	80,83%	2405	78,88%
	1	15	6,73%	387	11,48%	368	12,07%
	2	6	2,69%	153	4,54%	166	5,44%
	3	8	3,59%	83	2,46%	84	2,76%
	4	2	0,90%	23	0,68%	26	0,85%

Sowohl im Sommer als auch im Winter war der Anteil an leeren Mägen bei den weiblichen Tieren im Vergleich zu den anderen Gruppen am geringsten (67 % und 79 %) und folglich der Anteil gefüllter Mägen am größten. Etwa 83 % bzw. 81 % der Männchen und etwa 87 % und 86 % der juvenilen Tiere hatten im Sommer bzw. Winter nichts im Magen. Ein durchgeführter Signifikanz-Test zeigt, dass sich der prozentuale Anteil der Magenfüllgrade der weiblichen Tiere im Sommer von allen anderen im Sommer signifikant ( $p < 0,001$ ) unterschied, wohingegen sonst sowohl im Winter als auch im

Sommer keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zwischen den Geschlechtern und juvenilen Tieren zu beobachten war.

Im Vergleich der Jahreszeiten konnte festgestellt werden, dass die Mägen der Weibchen im Sommer signifikant ( $p < 0,001$ ) voller waren als im Winter, wohingegen es bei den juvenilen Tieren ( $p = 0,618$ ) und Männchen ( $p = 0,055$ ) keine Unterschiede gab.

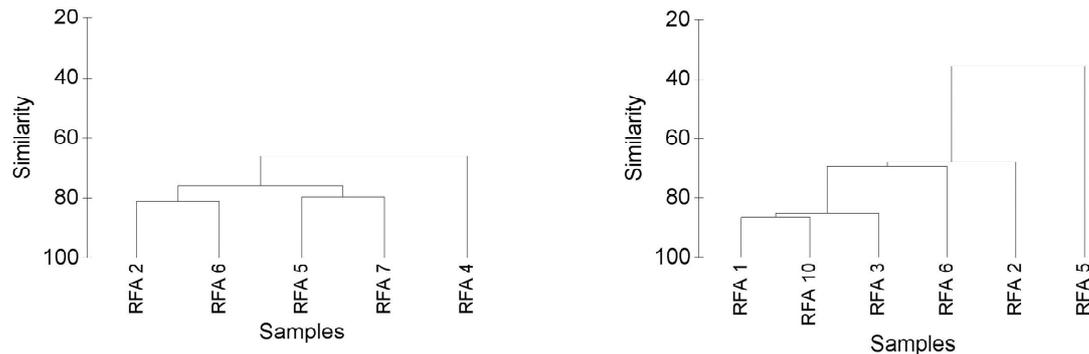
Aus der Tabelle 2.3 ist ersichtlich, dass sich das Beutespektrum regional und saisonal unterschied. In den Sommermonaten wurden hauptsächlich mit Fisch und Crustaceen gefüllte Mägen gefunden. Dabei war der Anteil der Mägen, die Fische enthielten, bis auf den in der RFA 7 etwas größer. Die meisten Tintenfische wurden in der RFA 2 gefressen. Polychaeten, mit einem Anteil von null (RFA 4 und 5) bis sechs Prozent (RFA 2), machten nur einen geringen Anteil des Beutespektrum aus. Vernachlässigt man regionale Aspekte zeigt sich, dass in mehr als der Hälfte der Mägen Fisch gefunden wurde (51 %), gefolgt von Crustaceen (32 %), Cephalopoden (9 %) und Polychaeten (1 %).

**Tabelle 2.3**

*Alloteuthis subulata*. Prozentualer Anteil der Beutetaxa und die Anzahl der Mägen mit den verschiedenen Beutetaxa sowie die Anzahl untersuchter Mägen in Abhängigkeit der RFA.

	RFA	1	2	3	4	5	6	7	10	Gesamt
Sommer	Anzahl untersuchter Mägen		13		3	50	152	33		251
	Anzahl Beutetaxa	0	16	0	3	73	211	49	0	352
	Pisces	-	43,8	-	33,3	45,2	58,3	32,7	-	51,1
	Crustacea	-	25,0	-	33,3	42,5	26,5	40,8	-	31,8
	Cephalopoda	-	18,8	-	0,0	4,1	9,5	10,2	-	8,8
	Nematoda	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0
	Polychaeta	-	6,3	-	0,0	0,0	0,5	4,1	-	1,1
	Sand	-	6,3	-	0,0	0,0	2,4	10,2	-	3,1
	unid.	-	0,0	-	33,3	8,2	2,8	2,0	-	4,0
	Winter	Anzahl untersuchter Mägen	152	163	147	0	2	5	0	15
Anzahl Beutetaxa		180	222	167	0	2	6	0	16	593
Pisces		36,1	7,7	34,1	-	50,0	16,7	-	37,5	24,8
Crustacea		40,0	38,3	34,1	-	0,0	50,0	-	43,8	37,8
Cephalopoda		11,7	9,5	6,0	-	0,0	0,0	-	0,0	8,8
Nematoda		1,7	1,8	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	1,2
Polychaeta		3,3	20,7	5,4	-	0,0	0,0	-	6,3	10,5
Sand		2,2	10,8	13,2	-	0,0	16,7	-	6,3	8,8
unid.		5,0	11,3	7,2	-	50,0	16,7	-	6,3	8,3

Vergleicht man die RFAs im Sommer untereinander so ähnelten sich die Gebiete zwei und sechs (klare Dominanz von Fischbeute) sowie fünf und sieben (Dominanz von Fisch und Crustacea) am stärksten (Tab. 2.3; Abb. 2.1). Die Beutezusammensetzung in Gebiet 4 unterscheidet sich klar von den anderen Arealen, was auf den höheren Anteil unbestimmter Beute zurückzuführen ist.



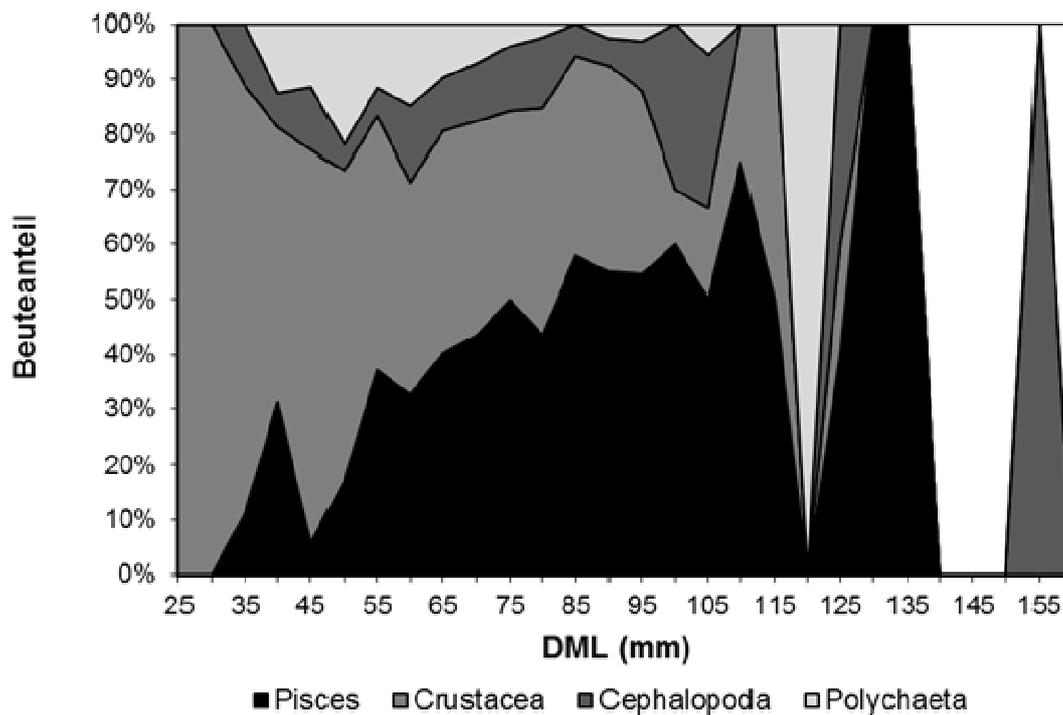
**Abbildung 2.1**

*Alloteuthis subulata*. Bray-Curtis-Similarity-Test zum Vergleich der RFAs auf Grundlage der gefundenen Mageninhalte anteilig in Prozent im Sommer (links) und Winter (rechts).

Im Gegensatz zum Sommer, in dem Fische in den meisten Mägen gefunden wurden, bestand die Beute im Winter hauptsächlich aus Crustaceen (38 % der Mägen), gefolgt von Pisces (25 % Mägen), Polychaeten (11 % der Mägen) und Cephalopoda (9 % der Mägen) (Tab. 2.3). Ein Vergleich der Mageninhalte aus den einzelnen Gebieten zeigt, dass sich die RFAs 1, 10 und 3 sehr stark ähnelten. In allen drei Gebieten war eine klare Dominanz von Crustaceen und Fischen als Beutetaxa zu erkennen. Die RFAs 2 und 6 unterschieden sich dahingegen von der anderen Gruppe, da der Anteil der Mägen, die Fische enthielten, geringer war. Hierbei war in der RFA 6 der Anteil Mägen mit unidentifizierbarer Beute und in RFA 2 der Anteil mit Polychaeten wesentlich ausgeprägter. Die RFA 5 unterschied sich am deutlichsten von sämtlichen anderen, da dort die Mägen lediglich Crustaceen und unidentifizierbare Beute enthielten (Abb. 2.1). Schlussendlich kann festgestellt werden, dass im Sommer der Anteil an Fischen in den Mägen deutlich höher war als im Winter, wo Crustaceen als Mageninhalt dominierten.

Es besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der DML und der gefressenen Beute: Mit zunehmender DML stieg der Anteil an gefressenen Fischen gegenüber gefressenen Crustaceen an (Abb. 2.2).

Ein durchgeführter Signifikanztest bestätigt den beobachteten Trend (Tab. 2.4). Tiere, die Polychaeten gefressen hatten, hatten eine mittlere DML von 59 mm ( $\pm 14$  mm) und waren somit signifikant die kleinsten Tiere. *A. subulata*, die Crustaceen erbeutet hatten, waren mit einer durchschnittlichen DML von 64 mm ( $\pm 17$  mm) signifikant größer als die Tiere, die Polychaeten gefressen hatten, aber signifikant kleiner als die Tiere, die sich von Cephalopoda (mittlere DML: 72 mm;  $\pm 20$  mm) und Fischen (mittlere DML: 74 mm;  $\pm 17$  mm) ernährt hatten. Dabei unterschieden sich die Größen der letzten beiden Gruppen nicht signifikant.



**Abbildung 2.2**  
*Alloteuthis subulata*. Zusammenhang zwischen Anteil der Beutetaxa und dorsaler Mantellänge.

**Tabelle 2.4**

*Alloteuthis subulata*. Zusammenhang zwischen dorsaler Mantellänge (mm) und den identifizierten Beutetaxa.

Beutetaxa	Anzahl	DML Median (mm)	DML Minimum (mm)	DML Maximum (mm)
Polychaeta	66	56	38	120
Crustacea	336	63	25	122
Cephalopoda	83	70	35	151
Pisces	327	73	31	134

Vergleich der DML	Signifikanz	P-Wert
Polychaeta vs. Crustacea	*	<0.05
Polychaeta vs. Cephalopoda	***	<0.001
Polychaeta vs. Pisces	***	<0.001
Crustacea vs. Cephalopoda	*	<0.05
Crustacea vs. Pisces	***	<0.001
Cephalopoda vs. Pisces	n.s.	>0.05

Nicht nur der Anteil an Fischen in der Beute unterschied sich zwischen den Jahreszeiten, sondern auch die Zusammensetzung der gefundenen Fische wies Unterschiede auf (Tab. 2.5). In 84 % der Mägen im Sommer und 54 % der Mägen im Winter, die Fische enthielten, waren Gobiidae vorhanden. Unterschiede zwischen den beiden Jahreszeiten waren der Anteil der Mägen, die nicht betimmbare Fische enthielten (Sommer: 13 %; Winter: 41 %), der Anteil der Mägen mit Sandaalen (Ammodytidae), der im Winter mit fünf Prozent höher war als im Sommer (1 %) sowie der Anteil der Heringsartigen (Clupeidae), die im Winter nicht gefressen wurden, im Sommer dagegen mit einem Anteil von einem Prozent in den Mägen vertreten waren.

**Tabelle 2.5**

*Alloteuthis subulata*. Anteil der Fischgruppen am Gesamtanteil der Fischbeute in Abhängigkeit der Jahreszeit und RFA.

	RFA	1	2	3	4	5	6	7	10	Gesamt
Sommer	Anzahl in Mägen	-	7	-	1	34	131	17		190
	Anteil in Prozent									
	Gobiidae	-	85,7	-	100,0	73,5	87,0	82,4	-	84,2
	unid. Pisces	-	14,3	-	0,0	26,5	9,2	11,8	-	12,6
	Ammodytidae	-	0,0	-	0,0	0,0	1,5	0,0	-	1,1
	Clupeidae	-	0,0	-	0,0	0,0	0,8	5,9	-	1,1
	Gadidae	-	0,0	-	0,0	0,0	1,5	0,0	-	1,1

Fortsetzung Tabelle 2.5

	RFA	1	2	3	4	5	6	7	10	Gesamt
Winter	Anzahl in Mägen	63	16	60		1	1		7	148
	Anteil in Prozent									
	Gobiidae	49,2	68,8	53,3	-	0,0	100,0	-	71,4	54,1
	unid. Pisces	49,2	31,3	35,0	-	100,0	0,0	-	28,6	40,5
	Ammodytidae	0,0	0,0	11,7	-	0,0	0,0	-	0,0	4,7
	Clupeidae	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
	Gadidae	1,6	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,7

Im Sommer ähnelte sich die Zusammensetzung der Fischbeute in den einzelnen RFAs mehr als im Winter, der berechnete Similarity-Wert liegt nicht unter 80 (Tab. 2.5; Abb. 2.3). Im Winter hingegen gab es größere Unterschiede zwischen den einzelnen Gebieten und der Zusammensetzung der Fischbeute. Die durchgeführte Clusteranalyse zeigt eindeutig, dass sich die RFA 2 von der RFA 10 nur minimal unterschied. Die Fischbeute beider Gebiete wies etwa zwei Drittel Gobiidae und ein Drittel nicht identifizierte Fische auf. Sie ähnelten sich mit den RFAs 1 und 3, bei denen die Zusammensetzung zwar von Gobiidae dominiert wurde aber der Anteil unidentifizierter Fische größer war. In der RFA 6 konnten dagegen nur Gobiidae, in der RFA 5 ausschließlich nicht bestimmbare Fische als Fischbeute festgestellt werden.

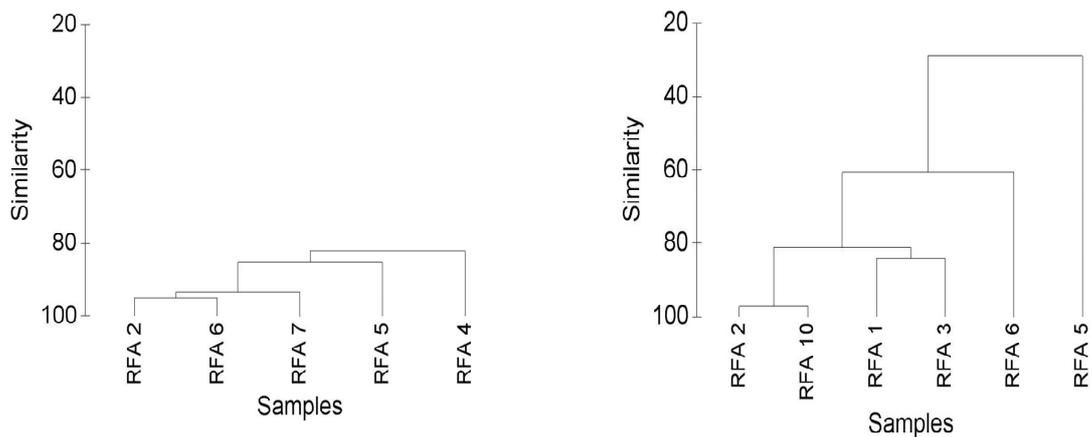


Abbildung 2.3

*Alloteuthis subulata*. Bray-Curtis-Similarity-Test zum Vergleich der RFAs auf Grundlage der gefundenen Fischbeute anteilig in Prozent im Sommer (links) und Winter (rechts).

Mit Hilfe verschiedenster Regressionsgleichungen (Abschn. 2.2.2), mit denen man von der Otolithen- oder Wirbelgröße die minimale und maximale Länge der gefressenen

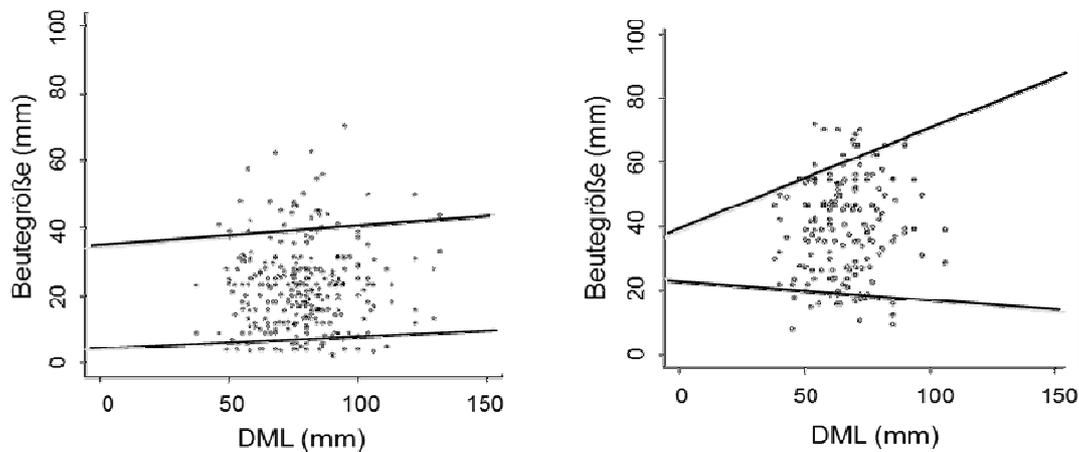
Fische berechnen kann, konnte festgestellt werden, dass die erbeuteten Fische im Winter signifikant länger waren als im Sommer ( $p < 0,0001$ ).

Die durchschnittliche Minimalgröße der Fische, die im Sommer erbeutet wurden, betrug 14 mm ( $\pm 8$  mm), während die maximale mittlere Länge bei 30 mm ( $\pm 11$  mm) lag. Dabei war der größte gefressene Fisch im Sommer eine Grundel von sieben Zentimeter Länge. Im Winter hingegen betrug das Mittel der Minimalgröße 31 mm ( $\pm 11$  mm) und das der Maximalgröße 50 mm ( $\pm 13$  mm). Der größte gefressene Fisch hatte dabei eine Länge von 72 mm und war ebenfalls wie schon im Sommer eine Grundel.

Um zu erkennen, inwiefern die DML einen Einfluss auf die gefressenen Beutfische hat, wurden die berechneten minimalen und maximalen Größen der gefressenen Fische gegen die DML als Quantil-Regression aufgetragen (Abb. 2.4).

Dabei ist ersichtlich, dass im Sommer sowohl die Linie des 10er als auch des 90er Quantil ansteigen. Demnach nahm die Beutegröße mit zunehmender DML zu. So fraßen *A. subulata* mit einer dorsalen Mantellänge von etwa 50 mm Fische von einer Größe zwischen 3 mm und 38 mm, wohingegen die Tintenfische mit 100 mm DML hauptsächlich Fische zwischen 7 mm und 40 mm fraßen. Ein durchgeführter Signifikanztest zeigt, dass sich die Beute der Tintenfische mit einer DML zwischen 37 mm und 66 mm im Vergleich zur Beute von *A. subulata* mit einer DML zwischen 67 mm und 132 mm nicht signifikant unterschied.

Im Gegensatz zur Linie des 90er Quantil, die auch im Winter mit zunehmender DML ansteigt, sinkt die Linie des 10er Quantil zu dieser Jahreszeit mit zunehmender DML. *A. subulata* mit einer DML von 50 mm fraßen folglich Fische mit einer Größe zwischen 20 mm und 53 mm, Tiere mit 100 mm DML dagegen Fische zwischen 18 mm und 70 mm. Ein durchgeführter t-Test, bei dem die Beutegröße der kleineren (DML zwischen 38 mm und 53 mm) *A. subulata* mit der der größeren Tiere (DML zwischen 54 mm und 106 mm) verglichen wurde, ergab, dass die Beute der „kleineren“ *A. subulata* signifikant ( $p = 0,039$ ) kleiner als die der „größeren“ war.



**Abbildung 2.4**

*Alloteuthis subulata*. Zusammenhang zwischen dorsaler Mantellänge (DML, mm) und minimaler und maximaler errechneter Beutegröße (mm) im Sommer (links) und im Winter (rechts). Die untere graue Linie zeigt das 10er, die obere das 90er Quantil.

Inwiefern die Beutezusammensetzung eine Präferenz widerspiegelt, und die Tiere spezifisch jagen, oder ob nur das gefressen wurde, was am häufigsten vorhanden war, wurde mit dem Ivlev Selektions-Index berechnet (Tab. 2.6). Für die Berechnung wurden aufgrund der Ergebnisse zuvor nur Fische  $\leq$  vier Zentimeter berücksichtigt. Insgesamt konnten im Sommer in der Nordsee 17 potenzielle Beutefischarten festgestellt werden. Lediglich vier von ihnen wiesen einen positiven Selektions-Index auf (Ammodytidae, Clupeidae, Gadidae, Gobiidae) und unterlagen somit einem erhöhten Fraßdruck. Die restlichen Taxa, mit Ausnahme von *T. trachurus* in der RFA 6, dessen Index neutral war, wiesen einen negativen Selektions-Index auf, so dass diese Tiere nicht überwältigt werden können oder sogar gemieden werden.

**Tabelle 2.6**

*Alloteuthis subulata*. Berechneter Selektions-Index nach Ivlev (1961) für die verschiedenen Fische ( $\leq 4$  cm) der einzelnen Roundfishareas im Sommer.

RFA	2	4	5	6	7
<i>Agonus cataphractus</i> (Steinpicker)		-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
Ammodytidae (Sandaalartige)				1,00	
<i>Clupea harengus</i> (Hering)			-1,00		
Clupeidae (Heringsartige)				0,54	1,00
<i>Enchelyopus cimbrius</i> (Vierbärtelige Seequappe)	-1,00				
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Grauer Knurrhahn)					-1,00
Gadidae (Dorschartige)				0,94	

**Fortsetzung Tabelle 2.6**

RFA	2	4	5	6	7
Gobiidae (Grundelartige)	1,00	0,67	0,04	0,01	1,00
<i>Hippoglossoides platessoides</i> (Doggerscharbe)	-1,00	-1,00			-1,00
<i>Limanda limanda</i> (Kliesche)			-1,00	-1,00	-1,00
<i>Maurolicus mueller</i> (Lachshering) <i>i</i>					-1,00
<i>Merlangius merlangus</i> (Wittling)	-1,00		-1,00	-1,00	-1,00
Pomatoschistus		-1,00		-1,00	
<i>Sprattus sprattus</i> (Sprotte)			-1,00	-1,00	
<i>Trachurus trachurus</i> (Stöcker)			-1,00	-0,15	-1,00
<i>Trisopterus esmarkii</i> (Stintdorsch)	-1,00				
<i>Trisopterus minutus</i> (Zwergdorsch)			-1,00		

In den RFAs, in denen *A. subulata* im Winter vorkam, konnten 32 potentielle Beutefischarten ( $\leq 6$  cm) bestimmt werden, von denen nur die Gobiidae und die Ammodytidae einen positiven Selektions-Index aufwiesen und somit einem erhöhten Prädationsdruck unterlagen. Die Indizes aller anderen Taxa waren negativ (Tab. 2.7).

**Tabelle 2.7**

*Alloteuthis subulata*. Berechneter Selektions-Index nach Ivlev (1961) für die verschiedenen Fische ( $\leq 6$  cm) der einzelnen Roundfishareas im Winter.

RFA	1	2	3	7
<i>Agonus cataphractus</i> (Steinpicker)	-1,00		-1,00	-1,00
<i>Ammodytes marinus</i> (Kleiner Sandaal)			-1,00	-1,00
<i>Ammodytes tobianus</i> (Tobiasfisch)				-1,00
Ammodytidae (Sandaalartige)			0,91	
<i>Aphia minuta</i> (Glasgrundel)			-1,00	
<i>Argentina sphyraena</i> (Glasauge)	-1,00	-1,00	-1,00	
<i>Arnoglossus laterna</i> (Lammzunge)		-1,00		-1,00
<i>Buglossidium luteum</i> (Zwergzunge)				-1,00
<i>Callionymus lyra</i> (Gestreifter Leierfisch)	-1,00			-1,00
<i>Callionymus maculatus</i> (Gefleckter Leierfisch)	-1,00		-1,00	
<i>Crystallogobius linearis</i> (Kristallgrundel)	-1,00		-1,00	
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Grauer Knurrhahn)			-1,00	
<i>Gadiculus argenteus</i> (Silberdorsch)	-1,00		-1,00	
Gadidae (Dorschartige)	-0,75	-1,00	-1,00	-1,00
Gobiidae (Grundelartige)	0,92	0,84	0,50	0,83
<i>Helicolenus dactylopterus</i> (Blaumäulchen)	-1,00			
<i>Hippoglossoides platessoides</i> (Doggerscharbe)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i> (Flügelbutt)				-1,00
<i>Limanda limanda</i> (Kliesche)	-1,00		-1,00	-1,00
<i>Maurolicus muelleri</i> (Lachshering)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Merlangius merlangus</i> (Wittling)		-1,00	-1,00	-1,00
<i>Merluccius merluccius</i> (Seehecht)	-1,00	-1,00	-1,00	

Fortsetzung Tabelle 2.7

RFA	1	2	3	7
<i>Microstomus kitt</i> (Rotzunge)			-1,00	
<i>Pomatoschistus</i>		-1,00	-1,00	
<i>Pomatoschistus microps</i> (Strandgrundel)	-1,00		-1,00	
<i>Pomatoschistus minutus</i> (Sandgrundel)	-1,00	-1,00	-1,00	
<i>Pomatoschistus pictus</i> (Fleckengrundel)			-1,00	
<i>Sprattus sprattus</i> (Sprotte)			-1,00	-1,00
<i>Triglops pingeli</i>	-1,00			
<i>Trisopterus esmarkii</i> (Stintdorsch)	-1,00			
<i>Trisopterus minutus</i> (Zwergdorsch)	-1,00		-1,00	
<i>Zeugopterus norvegicus</i> (Zwergbutt)			-1,00	

Zusätzlich zu den optischen Mageninhaltsuntersuchungen wurde die Zusammensetzung der stabilen Isotope ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) der Kalmare gemessen. Im Sommer 2008 hatten die Tiere der „Größenklasse 30 mm“ aus der RFA 6 einen kleineren  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert ( $p=0,026$ ) und einen größeren  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert als die der „Größenklasse 90 mm“ ( $p=0,029$ ) aus der gleichen RFA. Dagegen konnte im Sommer 2009 kein Unterschied zwischen der „Größenklasse 30 mm“ und „Größenklasse 90 mm“ in der RFA 6, sowie kein Unterschied zwischen der „Größenklasse 90 mm“ aus der RFA 6 und RFA 7 festgestellt werden. Des Weiteren konnte kein signifikanter Unterschied der Isotopenwerte zwischen den Tieren im Sommer 2008 und 2009 aus der RFA 6 erkannt werden (Tab. 2.8).

Tabelle 2.8

*Alloteuthis subulata*. Gemitteltetes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Sommer 2008 und 2009.

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Sommer 2008		Mittelwert $\delta$ $\text{C}^{13}$ Sommer 2008	
	6	7	6	7
<i>A.sub</i> 30mm	16,83 $\pm 0,43$		-19,31 $\pm 0,71$	
<i>A.sub</i> 60mm	16,11 -		-19,03 -	
<i>A.sub</i> 90mm	16,14 $\pm 0,61$		-18,53 $\pm 0,58$	
	2009		2009	
<i>A.sub</i> 30mm	16,50 $\pm 0,58$		-18,58 $\pm 0,56$	
<i>A.sub</i> 90mm	15,98 $\pm 0,71$	16,00 $\pm 0,59$	-18,98 $\pm 0,32$	-19,23 $\pm 0,23$

Im Winter 2008 konnten innerhalb der gleichen Größenklassen signifikante Unterschiede im Isotopenverhältnis zwischen den einzelnen RFAs beobachtet werden. So hatten die Tiere in der RFA 10 ein signifikant höheres Stickstoffverhältnis ( $p = 0,007$ ) und ein signifikant kleineres Kohlenstoffverhältnis ( $p = 0,001$ ) als die gleichgroßen Tiere aus den RFAs 1 und 2 (Tab. 2.9).

Die Isotopenverhältnisse der Tiere der „Größenklasse 90 mm“ unterschieden sich dagegen nicht in den verschiedenen RFAs. Innerhalb der RFA 1 unterschieden sich die Tiere der „Größenklassen 30 mm und 90 mm“ lediglich im Kohlenstoffverhältnis ( $p = 0,011$ ), wobei die Tintenfische der „Größenklasse 30 mm“ ein geringeres Verhältnis hatten als die größeren 90 mm Tiere. Gleichgroße *A. subulata* aus der RFA 1 und 2 unterschieden sich weder im Stickstoff- noch im Kohlenstoffverhältnis.

Auch im Winter 2009 war ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Größenklassen innerhalb der RFAs zu beobachten. So besaßen die Tiere der „Größenklasse 30 mm“ in der RFA 1 und RFA 2 einen geringeren Stickstoffisotopenwert als die Tiere der „Größenklasse 90 mm“ ( $p \leq 0,011$  bzw.  $p \leq 0,034$ ). Dagegen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Größenklassen in der RFA 3 festgestellt werden.

Zwischen den verschiedenen RFAs und den gleichen Größenklassen konnte festgestellt werden, dass sich nur die  $\delta^{13}\text{C}$ -Kohlenstoffwerte zwischen der RFA 1 und RFA 3 bei den Tieren der „Größenklasse 90 mm“ unterschieden ( $p = 0,015$ ). Dagegen unterschieden sich die  $\delta^{15}\text{N}$ -Stickstoffwerte der „Größenklasse 30 mm“ der RFA 1 von der RFA 3 ( $p = 0,031$ ), sowie die Werte der „Größenklasse 60 mm“ der RFA 6 von der RFA 10 ( $p \leq 0,001$ ) signifikant.

**Tabelle 2.9**

*Alloteuthis subulata*. Gemittelttes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$ Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$ Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Winter 2008 und 2009.

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Winter 2008					Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Winter 2008				
	1	2	3	6	10	1	2	3	6	10
<i>A.sub</i> 30mm	12,61 $\pm 0,86$	12,77 $\pm 1,09$			14,07 $\pm 0,98$	-19,47 $\pm 0,33$	-19,29 $\pm 0,26$			-18,23 $\pm 0,45$
<i>A.sub</i> 60mm	12,76 $\pm 0,38$					-19,54 $\pm 0,29$				
<i>A.sub</i> 90mm	13,17 $\pm 0,68$	13,57 $\pm 0,58$			14,23 $\pm 1,38$	-18,96 $\pm 0,38$	-19,15 $\pm 0,35$			-18,46 $\pm 0,01$
	2009					2009				
<i>A.sub</i> 30mm	13,36 $\pm 0,56$	13,93 $\pm 0,88$	14,18 $\pm 0,51$			-19,56 $\pm 0,21$	-19,33 $\pm 0,51$	-19,00 $\pm 0,58$		
<i>A.sub</i> 60mm				17,74 $\pm 0,34$	15,41 $\pm 0,88$				-18,08 $\pm 0,59$	-17,83 $\pm 0,22$
<i>A.sub</i> 90mm	14,08 $\pm 0,59$	15,20 $\pm 1,3$	14,11 $\pm 0,47$			-19,37 $\pm 0,25$	-19,21 $\pm 0,50$	-18,85 $\pm 0,33$		
<i>A.sub</i> 120mm			14,10 $\pm 0,22$					-18,87 $\pm 0,29$		

### Fazit

Es kann zusammengefasst werden, dass die meisten untersuchten Tiere (80%) einen leeren Magen hatten. Allerdings befand sich bei den weiblichen Exemplaren im Sommer öfter Futter im Magen als bei den männlichen Tieren. *A. subulata* ernährte sich hauptsächlich von Fischen, Crustaceen Cephalopoden und Polychaeten. Dabei bestand die Beute im Sommer zu 51 % aus Fischen, zu 32 % aus Crustaceen, und zu 9 % aus Tintenfischen. Im Winter hatten die Fische einen Anteil von 25 %, die Crustaceen 38 %, die Cephalopoden 9 % und die Polychaeten 11 % an der Beute. Daneben war die Beutezusammensetzung abhängig von der DML und der Herkunft der Tiere (RFAs); so erbeuteten die kleinsten Tiere vermehrt Polychaeten, wohingegen mit einer Zunahme der DML erst der Anteil der Crustaceen, später der Anteil der Fische und Cephalopoden zunahm. Dabei war der Anteil kommerziell wichtiger Nutzfischarten an der aufgenommenen Nahrung eher gering. Die Fischbeute bestand sowohl im Sommer als auch im Winter hauptsächlich aus Gobiidae (85 % bzw. 54 %). Zusätzlich wurden Gadidae, Clupeidea und Ammodytidae gefressen. Allerdings wiesen die meisten potentiellen Beutefische in der Nordsee einen

negativen Selektionsindex auf. Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass größere *A. subulata* auch größere Beutefische überwältigen können.

Die Isotopenmessungen zeigen, dass das Isotopenverhältnis tendenziell von der DML und der RFA abhängt.

### 2.3.2 *Loligo forbesi*

Im Sommer konnte bei 647 von 683, im Winter bei 1.939 von 1.955 untersuchten Tieren der Magenfüllgrad bestimmt werden (Tab. 2.10). Unabhängig vom Ausfahrtsjahr hatten im Sommer 35 % der untersuchten *L. forbesi* einen leeren Magen. Bei jeweils 27 % konnte ein Magenfüllgrad 1 und 2, bei 11 % ein Magenfüllgrad 3 und bei lediglich 3 % ein Magenfüllgrad von 4 bestimmt werden.

Ein Vergleich der Sommerausfahrten in Bezug auf die Magenfüllgrade zeigt, dass der Anteil der leeren Mägen 2009 signifikant ( $p = 0,001$ ) höher war als in den beiden anderen Jahren. Im Winter lag der Anteil leerer Mägen mit 62 % wesentlich höher als im Sommer. Einen Magenfüllgrad von 1 wiesen 19 % der Tiere auf, während die restlichen Magenfüllgrade 2, 3 und 4 lediglich neun, sieben bzw. drei Prozent ausmachten. Im Jahresvergleich ähnelten sich die prozentualen Anteile der jeweiligen Füllgrade mehr als im Sommer, so dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Jahren gab.

**Tabelle 2.10**

*Loligo forbesi*. Anzahl und prozentualer Anteil identifizierter Magenfüllgrade (MFG) während der einzelnen Ausfahrten und Gesamt für Sommer und Winter.

Sommer	MFG	2007		2008		2009		Gesamt		
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
	0	98	25,65%	42	32,31%	83	61,48%	223	34,47%	
	1	128	33,51%	20	15,38%	27	20,00%	175	27,05%	
	2	118	30,89%	32	24,62%	12	8,89%	162	25,04%	
	3	31	8,12%	30	23,08%	8	5,93%	69	10,66%	
	4	7	1,83%	6	4,62%	5	3,70%	18	2,78%	
Winter	MFG	2008		2009		2010		Gesamt		
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	
		0	220	62,15%	263	59,10%	726	63,68%	1209	62,35%
		1	72	20,34%	87	19,55%	202	17,72%	361	18,62%
		2	32	9,04%	45	10,11%	101	8,86%	178	9,18%
		3	25	7,06%	35	7,87%	66	5,79%	126	6,50%
	4	5	1,41%	15	3,37%	45	3,95%	65	3,35%	

Für den Vergleich der Magenfüllgrade unter dem Gesichtspunkt der Geschlechter und juvenilen Tieren wurden die einzelnen Jahre wie schon bei *A. subulata* zusammengefasst (Tab. 2.11). Sowohl im Sommer als auch im Winter unterschieden sich die prozentualen Anteile der Magenfüllgrade der juvenilen Tiere von denen der Männchen und Weibchen signifikant ( $p \leq 0,001$ ), wobei ihr Anteil an leeren Mägen weitaus höher war als bei den anderen beiden.

Betrachtet man den jahreszeitlichen Aspekt, so unterschieden sich die Ergebnisse der juvenilen, der Männchen und der Weibchen jeweils im Sommer von denen im Winter ( $p \leq 0,001$ ), dabei waren im Sommer mehr Mägen gefüllt als im Winter.

**Tabelle 2.11**

*Loligo forbesi*. Anzahl und prozentualer Anteil der verschiedenen Magenfüllgrade (MFG) aufgeteilt in juvenile, männliche und weibliche Tieren in Abhängigkeit von der Jahreszeit.

	MFG	juvenil		Männchen		Weibchen	
		Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Sommer	0	64	48,85%	101	30,15%	58	32,04%
	1	39	29,77%	90	26,87%	46	25,41%
	2	20	15,27%	94	28,06%	48	26,52%
	3	5	3,82%	41	12,24%	23	12,71%
	4	3	2,29%	9	2,69%	6	3,31%
Winter	0	487	84,26%	383	52,90%	339	53,22%
	1	43	7,44%	165	22,79%	153	24,02%
	2	28	4,84%	89	12,29%	61	9,58%
	3	17	2,94%	57	7,87%	52	8,16%
	4	3	0,52%	30	4,14%	32	5,02%

Im Sommer hatten 50 % der Tintenfische Crustaceen und 43 % Fische gefressen. Polychaeten waren in etwa vier Prozent der untersuchten Mägen vertreten und machten nur einen geringen Anteil aus, während die Funde von Nematoden (1 %) nicht als Beute angesehen werden können, sondern eher parasitär waren (Tab. 2.12).

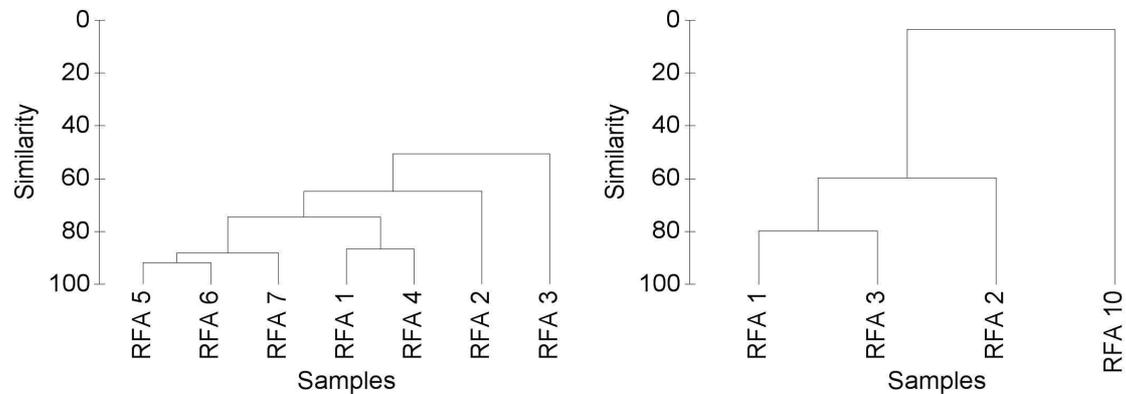
**Tabelle 2.12**

*Loligo forbesi*. Prozentualer Anteil der Beutetaxa und die Anzahl der Mägen mit den verschiedenen Beutetaxa sowie die Anzahl untersuchter Mägen in Abhängigkeit der RFA.

	RFA	1	2	3	4	5	6	7	10	Gesamt
Sommer	Anzahl untersuchter Mägen	8	67	1	9	2	114	52		253
	Anzahl Beutetaxa	9	93	1	10	2	172	68	0	355
	Pisces	66,7	23,7	100,0	70,0	50,0	51,7	41,2	-	43,4
	Crustacea	33,3	65,6	0,0	20,0	50,0	41,9	54,4	-	49,6
	Cephalopoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	-	0,3
	Nematoda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	0,0	-	1,4
	Polychaeta	0,0	9,7	0,0	0,0	0,0	2,3	1,5	-	3,9
	Sand	0,0	1,1	0,0	10,0	0,0	0,0	1,5	-	0,8
	unid.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,5	-	0,6
	Winter	Anzahl untersuchter Mägen	150	69	36	0	0	0	0	1
Anzahl Beutetaxa		181	88	42	0	0	0	0	1	312
Pisces		58,0	42,0	69,0	-	-	-	-	0,0	54,8
Crustacea		26,5	3,4	9,5	-	-	-	-	0,0	17,6
Cephalopoda		6,1	42,0	11,9	-	-	-	-	0,0	17,0
Nematoda		2,8	0,0	4,8	-	-	-	-	0,0	2,2
Polychaeta		1,1	5,7	2,4	-	-	-	-	0,0	2,6
Sand		1,1	3,4	0,0	-	-	-	-	0,0	1,6
unid.		4,4	3,4	2,4	-	-	-	-	100,0	4,2

Eine detaillierte Betrachtung der Ergebnisse in den einzelnen RFAs zeigt, dass die Tintenfische aus der RFA 5 und 6 in der Zusammensetzung der Beute fast identisch waren und der RFA 7 sehr stark ähnelten. Die Mageninhalte der Tintenfische aus den drei RFAs wurden von Fischen und Krebstieren relativ ausgeglichen geprägt. Die Beutezusammensetzung in der RFAs 1 und 4 ähnelten sich ebenfalls sehr stark, dabei fraßen zwei Drittel der Tintenfische in diesen Gebieten Fische und ein Drittel Krebstiere. Durch die höhere Anzahl an *L. forbesi*, die Fische gefressen hatten, ähnelten sich die fünf beschriebenen Gebiete untereinander mehr als mit der RFA 2, bei der ein Drittel der Tintenfische Fische und zwei Drittel Crustaceen erbeutet hatten.

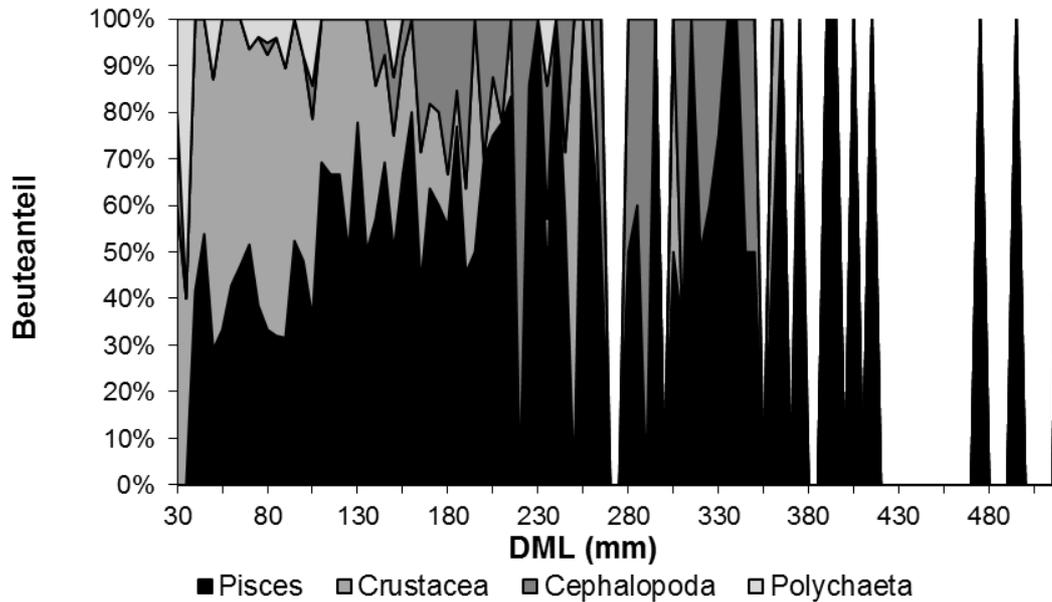
Die RFA 3 unterschied sich am stärksten von allen anderen Gebieten, da die Beute nur aus Fischen bestand (Tab. 2.12; Abb. 2.5).

**Abbildung 2.5**

*Loligo forbesi*. Bray-Curtis-Similarity-Test zum Vergleich der RFAs auf Grundlage der gefundenen Mageninhalte anteilig in Prozent im Sommer (links) und Winter (rechts).

Während im Sommer die meisten Tiere, wie bereits oben beschrieben, überwiegend Crustaceen und Pisces in einem relativ ausgeglichenen Verhältnis erbeuteten, fraßen die Tiere im Winter vornehmlich Pisces (55 %), Crustacea (18 %) und Cephalopoda (17 %). Damit erbeuteten mehr *L. forbesi* im Winter Fische und Tintenfische, die somit in ihrer Bedeutung als Nahrungskomponente zunahmen, während die Krebstiere in ihrer Relevanz abnahmen. Bei genauerer Betrachtung ist zu erkennen, dass sich die RFA 1 und 3 am ähnlichsten waren. In beiden Gebieten jagten die Tintenfische erfolgreich insbesondere Fische (58 % bzw. 69 %). Eine Ähnlichkeit von etwa 60 % bestand zur RFA 2, bei der jeweils 42 % der Loligos Tintenfische und Fische fraßen. Überhaupt keine Ähnlichkeit bestand zur RFA 10, da in dem Gebiet die Beute nicht bestimmt werden konnte (Tab. 2.12, Abb. 2.5).

Wie schon bei *A. subulata* veränderte sich der Anteil der Beutezusammensetzung mit Zunahme der dorsalen Mantellänge (Abb. 2.6). Dabei nahm der Anteil der Fische und Cephalopoda mit einem Zuwachs der dorsalen Mantellänge zu, während der Anteil der Crustacea und Polychaeten abnahm.



**Abbildung 2.6**  
*Loligo forbesi*. Zusammenhang zwischen Anteil der Beutetaxa und dorsaler Mantellänge.

Tiere, die sich von Polychaeten ernährten, hatten eine mittlere DML von 79 mm ( $\pm 45$  mm) und unterschieden sich nicht signifikant von den *L. forbesi*, die sich von Crustaceen ernährten, deren durchschnittliche DML 91 mm ( $\pm 49$  mm) betrug (Tab. 2.13).

**Tabelle 2.13**  
*Loligo forbesi*. Zusammenhang zwischen dorsaler Mantellänge und den identifizierten Beutetaxa.

Beutetaxa	Anzahl	DML Median (mm)	DML Minimum (mm)	DML Maximum (mm)
Polychaeta	22	75	30	231
Crustacea	231	79	28	360
Cephalopoda	54	203	30	375
Pisces	326	132	36	520

Vergleich der DML	P-Wert
Polychaeta vs. Crustacea	>0.05
Polychaeta vs. Cephalopoda	<0.001
Polychaeta vs. Pisces	<0.001
Crustacea vs. Cephalopoda	<0.001
Crustacea vs. Pisces	<0.001
Cephalopoda vs. Pisces	<0.001

Signifikant größer als die beiden Gruppen waren die Tiere, die Fische (mittlere DML: 152 mm; ± 90 mm) und Cephalopoden (mittlere DML: 219 mm; ± 71 mm) gefressen hatten, wobei die Tiere, die sich von Tintenfischen ernährten, signifikant die größten waren.

Im Sommer fraßen 59 % der Tiere Gobiidae. Ammodytidae und Gadidae folgten mit einem Anteil von 11 % bzw. 10 %. Clupeidae, Pleuronectidae, Bothidae und Crangidae wurden dagegen sehr selten gefressen. Es ist aber zu erkennen, dass die Fischbeute bei *L. forbesi* wesentlich heterogener war als bei *A. subulata*. Insgesamt konnten neun verschiedene Fischarten aus sieben verschiedenen Familien identifiziert werden (Tab. 2.14).

**Tabelle 2.14**

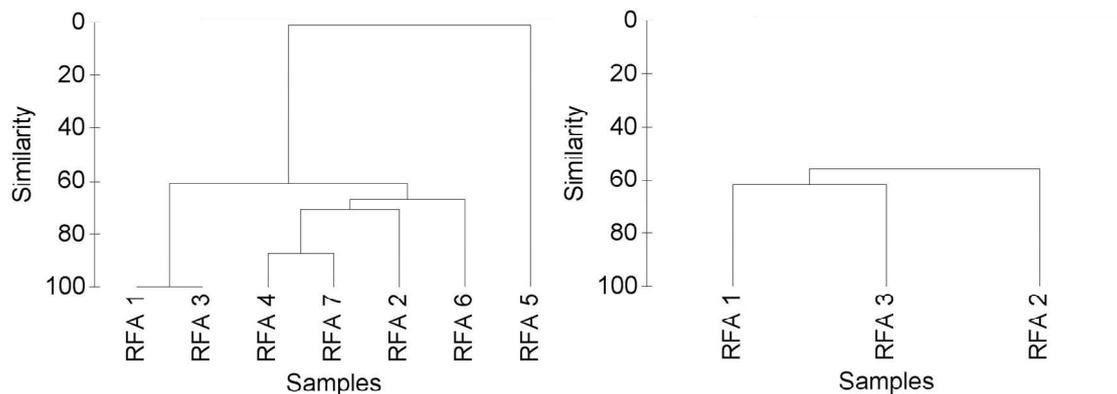
*Loligo forbesi*. Anteil der Fischbeute in Prozent im Sommer in Abhängigkeit der RFA.

	RFA	1	2	3	4	5	6	7	10	Gesamt
	Anzahl gefundener Beutetaxa	6	26	1	8	1	108	30	-	180
Ammodytidae	<i>Ammodytes tobianus</i>									
	<i>Ammodytes</i> sp.						18,5			11,1
	<b>Ammodytidae Gesamt</b>						<b>18,5</b>			<b>11,1</b>
Argentinidae	<i>Argentina sphyraena</i>									
	Argentinidae unid.									
	<b>Argentinidae Gesamt</b>									
Bothidae	<i>Scophthalmus rhombus</i>						<b>0,9</b>			<b>0,6</b>
Clupeidae	<i>Clupea harengus</i>						0,9			0,6
	<i>Sprattus sprattus</i>									
	Clupeidae unid.		3,8					1,9		1,7
	<b>Clupeidae Gesamt</b>		<b>3,8</b>				<b>2,8</b>			<b>2,2</b>
Callionymidae	<i>Callionymus maculatus</i>									
	<i>Callionymus lyra</i>									
	<i>Callionymus</i> sp.									
	<b>Callionymidae Gesamt</b>									
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>						<b>0,9</b>			<b>0,6</b>
Gobiidae	<i>Aphia minuta</i>									
	<i>Crystallogobius linearis</i>				12,5			13,3		2,8
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>									
	Gobiidae unid.	100,0	57,7	100,0	62,5		49,1	73,3		56,7
	<b>Gobiidae Gesamt</b>	<b>100,0</b>	<b>57,7</b>	<b>100,0</b>	<b>75,0</b>		<b>49,1</b>	<b>86,7</b>		<b>59,4</b>
Gadidae	<i>Gadiculus argenteus</i>									
	<i>Gadus morhua</i>									
	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>									
	<i>Merlangius merlangus</i>				12,5			7,4		5,0
	<i>Polachius polachius</i>									
	<i>Polachius virens</i>							0,9		0,6

Fortsetzung Tabelle 2.14

RFA	1	2	3	4	5	6	7	10	Gesamt
<i>Trisopterus esmarkii</i>						0,9			0,6
<i>Trisopterus</i> sp.		3,8			100,0	2,8			2,8
Gadidae unid.						0,9			0,6
<b>Gadidae Gesamt</b>		<b>3,8</b>		<b>12,5</b>	<b>100,0</b>	<b>13,0</b>			<b>9,4</b>
Pleuronectidae <i>Hippoglossus hippoglossus</i>		3,8							0,6
<i>Hippoglossoides platessoides</i>									
Pleuronectidae unid.									
<b>Pleuronectidae Gesamt</b>		<b>3,8</b>							<b>0,6</b>
Osmeridae <i>Mallotus villosus</i>									
Scombridae <i>Scomber scombrus</i>									
<b>Pisces unid.</b>		<b>30,8</b>		<b>12,5</b>		<b>14,8</b>	<b>13,3</b>		<b>16,1</b>

Betrachtet man das Dendrogramm für den Sommer in Abbildung 2.7, so nimmt der Anteil der Gobiidae von links nach rechts immer weiter ab. Während in den RFAs 1 und 3 nur Gobiidae gefressen wurden, wodurch beide Gebiete in Bezug auf die Beutezusammensetzung gleich waren, bestand die Nahrung von *L. forbesi* in der RFA 5 nur aus Gadidae, so dass keine Ähnlichkeit mit den anderen Gebieten besteht (Tab. 2.14; Abb. 2.7). Der Anteil der Gobiidae wurde in der RFA 2 durch Clupeidae, Gadidae und Pleuronectidae ersetzt. Die RFA 6 war das einzige Gebiet, in dem im Sommer Ammodytidae gefressen wurden. Zusätzlich konnten ebenfalls Clupeidae, Gobiidae und Gadidae, vor allem *M. merlangus*, in den Mägen der Tintenfische nachgewiesen werden.



**Abbildung 2.7**  
*Loligo forbesi*. Bray-Curtis-Similarity-Test zum Vergleich der RFAs auf Grundlage der gefundenen Fischbeute anteilig in Prozent im Sommer (links) und Winter (rechts).

Im Winter war die Fischbeute noch diverser als im Sommer. Es konnten 19 verschiedene Arten aus neun verschiedenen Familien in den Mägen bestimmt werden (Tab. 2.15).

Dabei waren die Gadidae mit 27 % am häufigsten vertreten. Die Ammodytidae und Gobiidae wurden im Winter mit sechs und neun Prozent wesentlich seltener gefressen als im Sommer.

Obwohl in der RFA 3 wesentlich mehr Ammodytidae und Gobiidae von den Tintenfischen gefressen wurden als in der RFA 1, wiesen die beiden Gebiete eine Ähnlichkeit von 62 % auf (Abb. 2.7). Die Anteile der Argentinidae, Clupeidae sowie der Gadidae ähnelten sich dabei sehr. Die Fischbeute aus der RFA 2 ähnelte den beiden zuvor beschriebenen Gebieten zu etwa 55 %. In diesen Gebieten fraßen mehr Tintenfische Gobiidae und weniger Clupeidae und Gadidae.

**Tabelle 2.15**

*Loligo forbesi*. Anteil der Fischbeute in Prozent im Winter in Abhängigkeit der RFA.

	RFA	1	2	3	4	5	6	7	10	Gesamt
	Anzahl gefundener Beutetaxa	112	40	32	-	-	-	-	-	184
Ammodytidae	<i>Ammodytes tobianus</i>		2,5							0,5
	<i>Ammodytes</i> sp.	2,7	5,0	15,6						5,4
	<b>Ammodytidae Gesamt</b>	<b>2,7</b>	<b>7,5</b>	<b>15,6</b>						<b>6,0</b>
Argentinidae	<i>Argentina sphyraena</i>	2,7								1,6
	Argentinidae unid.			3,1						0,5
	<b>Argentinidae Gesamt</b>	<b>2,7</b>		<b>3,1</b>						<b>2,2</b>
Bothidae	<i>Scophthalmus rhombus</i>									
Clupeidae	<i>Clupea harengus</i>	1,8		3,1						1,6
	<i>Sprattus sprattus</i>		2,5							0,5
	Clupeidae unid.	1,8								1,1
	<b>Clupeidae Gesamt</b>	<b>3,6</b>	<b>2,5</b>	<b>3,1</b>						<b>3,3</b>
Callionymidae	<i>Callionymus maculatus</i>		2,5							0,5
	<i>Callionymus lyra</i>		2,5							0,5
	<i>Callionymus</i> sp.	0,9								0,5
	<b>Callionymidae Gesamt</b>	<b>0,9</b>	<b>5,0</b>							<b>1,6</b>
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>									
Gobiidae	<i>Aphia minuta</i>		2,5							0,5
	<i>Crystallogobius linearis</i>									
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>		2,5							0,5
	Gobiidae unid.	2,7	17,5	12,5						7,6
	<b>Gobiidae Gesamt</b>	<b>2,7</b>	<b>22,5</b>	<b>12,5</b>						<b>8,7</b>
Gadidae	<i>Gadiculus argenteus</i>	3,6		3,1						2,7
	<i>Gadus morhua</i>	0,9								0,5
	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	0,9		3,1						1,1
	<i>Merlangius merlangus</i>	1,8	5,0	3,1						2,7
	<i>Polachius polachius</i>		2,5							0,5
	<i>Polachius virens</i>									
	<i>Trisopterus esmarkii</i>	6,3		9,4						5,4
	<i>Trisopterus</i> sp.	12,5	2,5	9,4						9,8

Fortsetzung Tabelle 2.15

RFA	1	2	3	4	5	6	7	10	Gesamt
Gadidae unid.	5,4	2,5							3,8
<b>Gadidae Gesamt</b>	<b>31,3</b>	<b>12,5</b>	<b>28,1</b>						<b>26,6</b>
Pleuronectidae <i>Hippoglossus hippoglossus</i>		2,5							0,5
<i>Hippoglossoides platessoides</i>		2,5							0,5
Pleuronectidae unid.			3,1						0,5
<b>Pleuronectidae Gesamt</b>		<b>5,0</b>	<b>3,1</b>						<b>1,6</b>
Osmeridae <i>Mallotus villosus</i>	<b>2,7</b>	<b>0,0</b>							<b>1,6</b>
Scombridae <i>Scomber scombrus</i>	<b>1,8</b>	<b>5,0</b>	<b>3,1</b>						<b>2,7</b>
<b>Pisces unid.</b>	<b>51,8</b>	<b>40,0</b>	<b>31,3</b>						<b>45,7</b>

Mit Hilfe verschiedenster Regressionsgleichungen (Kapitel 1.2.7) konnte anhand der im Magen gefundenen Otolithen und vorhandenen Wirbelresten die Länge der gefressenen Fische berechnet werden.

Demnach waren die Fische, die im Sommer gefressen wurden, signifikant kleiner als die Fische, die im Winter erbeutet wurden ( $p \leq 0,001$ ). Die mittlere Größe der „minimal“ berechneten Fischlänge, die im Winter gefressen wurden, betrug 100 mm ( $\pm 62$  mm), die der „maximal“ berechneten 123 mm ( $\pm 63$  mm). Im Sommer hingegen lag das Mittel der „minimal“ berechneten Fischlänge bei 22 mm ( $\pm 25$  mm) und das der „maximalen“ bei 42 mm ( $\pm 30$  mm). Dabei war der größte gefressene Fisch ein Sandaal mit einer berechneten Länge von 160 mm, wohingegen im Winter der größte Fisch, der in den Mageninhalten identifiziert werden konnte, ein Hering mit 327 mm war.

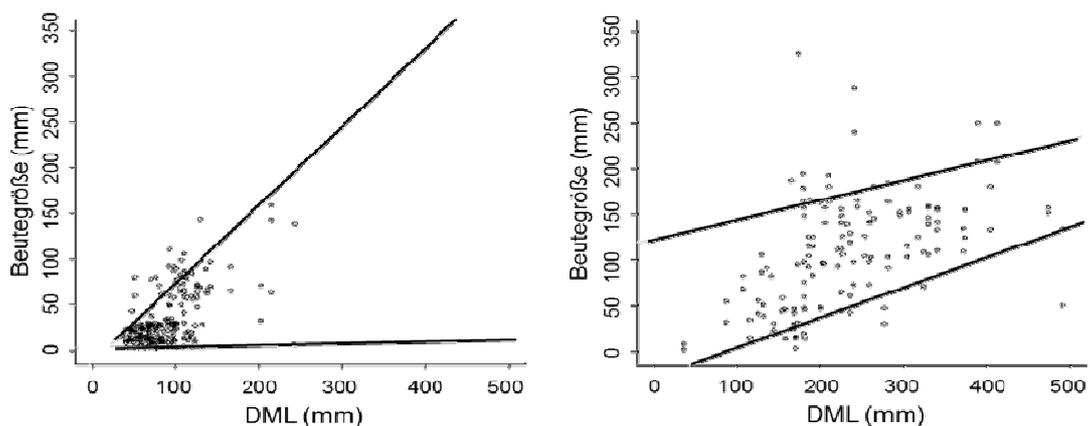


Abbildung 2.8

*Loligo forbesi*. Zusammenhang zwischen dorsaler Mantellänge (DML, mm) und minimaler und maximaler errechneter Beutegröße (mm) im Sommer (links) und im Winter (rechts). Die untere graue Linie zeigt das 10er, die obere das 90er Quantil.

Sowohl das 90er Quantil als auch das 10er Quantil steigt im Sommer und im Winter mit einer Zunahme der DML an (Abb. 2.8). Allerdings ist der Anstieg des 90er Quantile im Sommer steiler als im Winter, wohingegen das 10er Quantil im Winter steiler ist als das im Sommer. Zu guter letzt kann gesehen werden, dass mit vereinzelt Ausnahmen im Winter die erbeuteten Fische kleiner waren als die Tintenfische, die sie gefressen haben. Inwiefern die erbeuteten Fische selektiv gefressen wurden, konnte mit dem Ivlev (1961) Selektions-Index berechnet werden. Von den 64 potentiellen Beutefischarten ( $\leq 11$  cm), die im Sommer im gleichen Gebiet wie *L. forbesi* lebten, wiesen in Abhängigkeit der einzelnen RFAs gerade mal acht (Ammodytidae, Clupeidae, Gobiidae, *H. hippoglossus*, *P. virens*, *S. rhombus*, *T. esmarkii*, *Trisopterus* sp.) einen positiven und einer (*M. merlangus*) einen neutralen Selektions-Index auf (Tab. 2.16). Alle restlichen Taxa wiesen einen negativen Index auf, so dass diese Arten vermieden wurden oder unzugänglich waren.

**Tabelle 2.16**

*Loligo forbesi*. Berechneter Selektions-Index nach Ivlev (1961) für die verschiedenen Fische ( $\leq 11$  cm) der einzelnen Roundfishareas im Sommer.

RFA	1	2	3	4	5	6	7
<i>Agonus cataphractus</i> (Steinpicker)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Alosa fallax</i> (Finte)						-1,00	-1,00
<i>Amblyraja radiata</i> (Sternrochen)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00			
Ammodytidae (Sandallartige)						1,00	
<i>Ammodytes marinus</i> (Kleiner Sandaal)		-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Argentina silus</i> (Goldlachs)	-1,00						
<i>Argentina sphyraena</i> (Glasauge)	-1,00	-1,00	-1,00				-1,00
Argentinidae	-1,00	-1,00	-1,00				
<i>Arnoglossus laterna</i> (Lammzunge)		-1,00		-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Aspitrigla cuculus</i> (Seekuckuck)	-1,00						
<i>Buenia jeffreysi</i> (Jeffrey-Grundel)						-1,00	
<i>Buglossidium luteum</i> (Zwergzunge)		-1,00		-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Callionymus lyra</i> (Gestreifter Leierfisch)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Callionymus maculatus</i> (Gefleckter Leierfisch)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00		-1,00	-1,00
<i>Callionymus reticulatus</i> (Ornament-Leierfisch)	-1,00	-1,00	-1,00				
<i>Capros aper</i> (Eberfisch)	-1,00						
<i>Clupea harengus</i> (Hering)		-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-0,82	-1,00
Clupeidae (Heringsartige)		0,94	-1,00	-1,00	-1,00	-0,78	-1,00
Cottidae (Groppenartige)	-1,00						
<i>Cyclopterus lumpus</i> (Seehase)	-1,00						
<i>Echiichthys vipera</i> (Viperqueise)				-1,00	-1,00	-1,00	
<i>Enchelyopus cimbrius</i> (Vierbärtelige Seequappe)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Sardelle)					-1,00	-1,00	

Fortsetzung Tabelle 2.16

RFA	1	2	3	4	5	6	7
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Grauer Knurrhahn)	-1,00		-1,00		-1,00	-1,00	-1,00
<i>Gadiculus argenteus</i> (Silberdorsch)	-1,00		-1,00				-1,00
<i>Gadus morhua</i> (Kabeljau)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00		-1,00	-1,00
<i>Glyptocephalus cynoglossus</i> (Hundszunge)	-1,00						
Gobiidae (Grundelartige)	1,00	1,00	1,00	0,99	-1,00	0,96	1,00
<i>Helicolenus dactylopterus</i> (Blaumäulchen)	-1,00						
<i>Hippoglossoides platessoides</i> (Doggerscharbe)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00			-1,00
<i>Hippoglossus hippoglossus</i> (Heilbutt)		1,00					
<i>Hyperoplus lanceolatus</i> (Großer Sandaal)		-1,00					-1,00
<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i> (Flügelbutt)					-1,00	-1,00	
<i>Limanda limanda</i> (Kliesche)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Lophius budegassa</i> (Schwarzer Seeteufel)			-1,00				
<i>Lophius piscatorius</i> (Seeteufel)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00			
<i>Maurollicus muelleri</i> (Lachshering)	-1,00		-1,00				-1,00
<i>Melanogrammus aeglefinus</i> (Schellfisch)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00			-1,00
<i>Merlangius merlangus</i> (Wittling)	-1,00	-1,00	-1,00	-0,17	-1,00	-0,26	-1,00
<i>Merluccius merluccius</i> (Seehecht)	-1,00		-1,00				
<i>Microchirus variegatus</i> (Streifenzunge)	-1,00		-1,00	-1,00			
<i>Micromesistius poutassou</i> (Blauer Wittling)	-1,00		-1,00				
<i>Microstomus kitt</i> (Echte Rotzunge)	-1,00	-1,00	-1,00		-1,00	-1,00	
<i>Mullus barbatus</i> (Rotbarbe)					-1,00	-1,00	
<i>Mullus surmuletus</i> (Streifenbarbe)						-1,00	-1,00
<i>Myoxocephalus scorpius</i> (Seeskorpion)					-1,00		
<i>Phycis blennoides</i> (Gabeldorsch)	-1,00						
<i>Platichthys flesus</i> (Flunder)			-1,00				
<i>Pollachius virens</i> (Köhler)						1,00	
<i>Pomatoschistus</i> sp.				-1,00		-1,00	
<i>Pomatoschistus minutus</i> (Sandgrundel)						-1,00	
<i>Raniceps raninus</i> (Froschdorsch)					-1,00		
<i>Scomber scombrus</i> (Makrele)					-1,00	-1,00	
<i>Scophthalmus rhombus</i> (Glattbutt)						1,00	
<i>Scyliorhinus canicula</i> (Kleingefleckter Katzenhai)					-1,00		
<i>Solea vulgaris</i> (Seezunge)					-1,00	-1,00	
<i>Sprattus sprattus</i> (Sprotte)			-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Trachinus vipera</i> (Viperqueise)		-1,00		-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Trachurus trachurus</i> (Stöcker)	-1,00				-1,00	-0,81	-1,00
<i>Trisopterus esmarkii</i> (Stintdorsch)	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,64	-1,00
<i>Trisopterus luscus</i> (Franzosendorsch)					-1,00	-1,00	
<i>Trisopterus minutus</i> (Zwergdorsch)	-1,00		-1,00		-1,00	-1,00	
<i>Trisopterus</i> sp.		1,00			1,00	1,00	
<i>Zeugopterus norvegicus</i> (Zwergbutt)	-1,00						

Im Winter konnten potentielle 44 Fischbeutetaxa ( $\leq 20$  cm) in den Gebieten, in denen *L. forbesi* lebte, identifiziert werden. Im Gegensatz zum Sommer wiesen im Winter wesentlich mehr Taxa einen positiven Selektions-Index auf. So besaßen insgesamt 17 Taxa, je nach RFA, einen positiven Index. Vor allem Ammodytidae, *G. argenteus*,

Gobiidae, *H. hippoglossus*, *M. villosus*, *M. merlangus*, Pleuronectiformes und *S scombrus* wiesen fast ausschließlich einen positiven Index auf (Tab. 2.17), so dass davon ausgegangen werden kann, dass auf diese Taxa ein erhöhter Fraßdruck herrschte.

**Tabelle 2.17**

*Loligo forbesi*. Berechneter Selektions-Index nach Ivlev (1961) für die verschiedenen Fische ( $\leq 20$  cm) der einzelnen Roundfishareas im Winter.

RFA	1	2	3
<i>Agonus cataphractus</i> (Steinpicker)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Ammodytes</i> sp. (Sandaalartige)	1,00	0,50	1,00
<i>Ammodytes marinus</i> (Kleiner Sandaal)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Ammodytes tobianus</i> (Tobiasfisch)		0,11	
<i>Argentina silus</i> (Goldlachs)	-1,00	-1,00	
<i>Argentina sphyraena</i> (Glasauge)	0,85	-1,00	-1,00
Argentinidae	-1,00	-1,00	0,87
<i>Arnoglossus laterna</i> (Lammzunge)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Aspitrigla cuculus</i> (Seekuckuck)	-1,00		-1,00
<i>Callionymus lyra</i> (Gestreifter Leierfisch)	-1,00	1,00	-1,00
<i>Callionymus maculatus</i> (Gefleckter Leierfisch)	-1,00	0,98	-1,00
<i>Callionymus</i> sp.	0,96	-1,00	-1,00
<i>Clupea harengus</i> (Hering)	0,95	-1,00	0,19
Clupeidae (Heringsartige)	0,98	-1,00	-1,00
<i>Engraulis encrasicolus</i> (Sardelle)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Eutrigla gurnardus</i> (Grauer Knurrhahn)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Gadiculus argenteus</i> (Silberdorsch)	0,98		0,99
<i>Gadus morhua</i> (Kabeljau)	1,00	-1,00	-1,00
Gobiidae (Grundelartige)	1,00	1,00	1,00
<i>Hippoglossoides platessoides</i> (Doggerscharbe)	-1,00	0,10	-1,00
<i>Hippoglossus hippoglossus</i> (Heilbutt)		1,00	
<i>Limanda limanda</i> (Kliesche)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Mallotus villosus</i> (Lodde)	1,00		
<i>Maurolicus muelleri</i> (Lachshering)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Melanogrammus aeglefinus</i> (Schellfisch)	0,03	-1,00	-0,45
<i>Merlangius merlangus</i> (Wittling)	0,93	0,62	-0,31
<i>Merluccius merluccius</i> (Seehecht)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Micromesistius poutassou</i> (Blauer Wittling)	-1,00		-1,00
<i>Microstomus kitt</i> (Echte Rotzunge)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Mullus surmuletus</i> (Streifenbarbe)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Myoxocephalus scorpius</i> (Seeskorpion)		-1,00	-1,00
Pleuronectiformes			1,00
<i>Pollachius pollachius</i> (Pollack)		1,00	
<i>Pollachius virens</i> (Köhler)	-1,00		-1,00
<i>Pomatoschistus</i> sp.		-1,00	-1,00
<i>Pomatoschistus microps</i> (Strandgrundel)	-1,00		-1,00
<i>Sardina pilchardus</i> (Sardine)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Scomber scombrus</i> (Makrele)	0,88	0,98	0,70
<i>Sprattus sprattus</i> (Sprotte)	-1,00	0,21	-1,00

Fortsetzung Tabelle 2.17

RFA	1	2	3
<i>Trachinus vipera</i> (Viperqueise)		-1,00	
<i>Trachurus trachurus</i> (Stöcker)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Trisopterus esmarkii</i> (Stintdorsch)	-0,73	-1,00	-0,65
<i>Trisopterus minutus</i> (Zwergdorsch)	-1,00	-1,00	-1,00
<i>Trisopterus</i> sp.	-0,38	-0,49	-0,42

In den meisten Mägen konnten die gefressenen Tintenfische anhand der Hautreste, Gladiusreste und dem zweigeteilten Glaskörper des Auges nachgewiesen werden. Schnäbel, mit deren Hilfe die gefressenen Tintenfische genauer identifiziert werden können, waren nur sehr selten unter den Mageninhalten vertreten. Wie bereits die Tabelle 2.12 zeigt, war der Anteil der Tintenfische in den Mägen aus den im Winter in der RFA 2 gefischten Tieren am größten. Daher ist es nicht überraschend, dass nur im Winter und fast ausschließlich in den Mägen aus der RFA 2 Schnäbel gefunden wurden, die für die Artbestimmung und Größenberechnung verwendet werden konnten. Am häufigsten konnte *L. forbesi* identifiziert werden, so dass Kannibalismus zwischen den Tieren nachgewiesenermaßen existiert (Tab. 2.18). Die zweithäufigste Tintenfischart war *A. subulata* gefolgt von *L. vulgaris*, *S. atlantica* und *S. oweniana*. Wie schon bei den Fischen beobachtet werden konnte, stieg mit Zunahme der DML von *L. forbesi* auch die Größe der Tintenfischbeute.

Tabelle 2.18

*Loligo forbesi*. Zusammenhang zwischen der dorsalen Mantellänge (DML, mm) von *L. forbesi* und der berechneten dorsalen Mantellänge (DML, mm) der Tintenfischbeute im Winter.

Jahr	RFA	DML	Loligonidae DML (mm)	<i>A. subulata</i> DML (mm)	<i>L. forbesi</i> DML (mm)	<i>L. vulgaris</i> DML (mm)	<i>S. atlantica</i> DML (mm)	<i>S. oweniana</i> DML (mm)
2008	2	175			34			
2008	2	176				34		
2008	2	176			42			25
2008	2	190			29			
2008	2	200			21 - 25			
2008	2	232			17	25		
2009	1	141					22	
2009	2	180			50			
2009	2	190		60				
2009	2	206			25 - 34			
2009	2	225			34			
2009	2	262		26	42			
2009	2	277			25			

Fortsetzung Tabelle 2.18

Jahr	RFA	DML	Loliginidae DML (mm)	<i>A. subulata</i> DML (mm)	<i>L. forbesi</i> DML (mm)	<i>L. vulgaris</i> DML (mm)	<i>S. atlantica</i> DML (mm)	<i>S. owenina</i> DML (mm)
2009	2	286			25			
2009	2	326		26	59			
2010	2	177		49				
2010	2	178	50					
2010	2	341		83				

Zusätzlich zu den optischen Mageninhaltsuntersuchungen wurde die Zusammensetzung der stabilen Isotope ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) von *L. forbesi* gemessen. Da im Sommer 2008 von nur einem Exemplar der „Größenklasse 90 mm“ aus der RFA 2 die stabilen Isotope gemessen werden konnten, konnte kein statistischer Vergleich durchgeführt werden. In der RFA 2 unterschieden sich die Tiere der „Größenklasse 30 mm“ von denen der „Größenklasse 200 mm“ signifikant sowohl im Kohlenstoff- ( $p \leq 0,001$ ) als auch im Stickstoffisotopenwert ( $p = 0,014$ ). Dabei besaßen die kleineren Tiere bei beiden Isotopenmessungen einen geringeren Wert. Zusätzlich unterschieden sich die Tiere der „Größenklasse 60 mm“ aus der RFA 2 von den gleichgroßen Tieren aus der RFA 6 signifikant im Stickstoffisotopenwert, wobei die Tiere aus der RFA 2 mit 10,40 ‰ ( $\pm 0,22$ ) einen geringeren Wert als die Tiere aus der RFA 6 mit 12,01 ‰ ( $\pm 1,80$ ) besaßen (Tab. 2.19).

Im Sommer 2009 konnten die Tiere der „Größenklasse 60 mm“ aus sämtlichen RFAs miteinander verglichen werden. Mit Ausnahme der RFA 1, die sich nicht von der RFA 7 im  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert, und der RFA 6, die sich nicht von der RFA 7 im  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert unterschied, unterschieden sich die restlichen Werte der verschiedenen RFAs sowohl im  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoff- als auch im  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert signifikant voneinander. So hatten die Tiere aus der RFA 6 und 7 den höchsten  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert, gefolgt von der RFA 2 und der RFA 1. Den niedrigsten Kohlenstoffwert besaßen die Tiere aus der RFA 2, gefolgt von den Tieren aus den RFAs 1 und 7. Den höchsten Wert hatten die Tiere aus der RFA 6.

Die Tiere der „Größenklasse 60 mm“ aus der RFA 2 und der RFA 6 aus dem Jahr 2008 besaßen zudem einen signifikant kleineren  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert als die gleichgroßen Tiere aus der RFA 2 und RFA 6 aus dem Jahr 2009, wohingegen sich die Tiere im  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert nicht unterschieden.

**Tabelle 2.19**

*Loligo forbesi*. Gemittelttes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$ Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$ Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Sommer 2008 und 2009

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Sommer 2008				Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Sommer 2008			
	1	2	6	7	1	2	6	7
<i>L. for</i> 60mm		10,40 $\pm 0,44$	12,06 $\pm 1,80$			-19,71 $\pm 0,18$	-19,47 $\pm 0,26$	
<i>L. for</i> 90mm		9,98 -				-19,72 -		
<i>L. for</i> >200mm			15,06 $\pm 0,47$				-18,38 $\pm 0,27$	
	2009				2009			
<i>L. for</i> 60mm	10,82 $\pm 0,40$	11,30 $\pm 0,29$	15,68 $\pm 1,35$	14,59 $\pm 0,86$	-19,70 $\pm 0,36$	-20,32 $\pm 0,15$	-19,11 $\pm 0,52$	-19,64 $\pm 0,32$

Die Tiere der verschiedenen Größenklassen der RFA 1 aus dem Winter 2008 unterschieden sich im Kohlenstoffwert nicht voneinander und auch im Stickstoffwert konnte lediglich ein signifikanter Unterschied zwischen den Tieren der „Größenklasse 90 mm“ und den Tieren der „Größenklasse 200 mm“ festgestellt werden. Zudem unterschieden sich die Tiere der „Größenklasse 200 mm“ aus der RFA 1 nicht von denen aus der RFA 2.

Die verschieden großen Tiere aus der RFA 1 im Winter 2009 unterschieden sich nicht im  $\delta^{13}\text{C}$ Kohlenstoff- und  $\delta^{15}\text{N}$ Stickstoffwert (Tab. 2.20). Dagegen besaßen die kleinen Tiere (30 mm Größenklasse) der RFA 2 einen signifikant größeren  $\delta^{13}\text{C}$ Kohlenstoffwert als die großen (> 200 mm Größenklasse) aus der gleichen RFA, wohingegen die  $\delta^{15}\text{N}$ Stickstoffwerte keinen Unterschied aufwiesen.

Sowohl die Tiere der „Größenklasse 30 mm“ aus der RFA 1 und RFA 2, als auch die Tiere der „Größenklasse 200 mm“ aus den RFAs 1, 2 und 3 unterschieden sich in ihrer Isotopenzusammensetzung nicht voneinander.

Der Vergleich zwischen den Tieren aus der „Größenklasse 60 mm“ aus der RFA 1 aus dem Winter 2008 mit den gleichgroßen Tieren aus der gleichen RFA aus dem Winter 2009 zeigte keinen Unterschied im  $\delta^{13}\text{C}$ Kohlenstoffwert, wohingegen die Tiere aus dem Winter 2008 einen signifikant geringeren Stickstoffwert hatten als die Tiere aus dem Jahr 2009.

**Tabelle 2.20**

*Loligo forbesi*. Gemitteltetes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$ -Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$ -Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Winter 2008 und 2009

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Winter 2008			Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Winter 2008		
	1	2	3	1	2	3
<i>L. for</i> 30mm	11,56 $\pm 0,99$			-19,32 $\pm 0,26$		
<i>L. for</i> 90mm	10,58 $\pm 0,54$			-19,13 $\pm 0,59$		
<i>L. for</i> 150mm	11,01 -	11,69 -		-19,63 -	-19,69 -	
<i>L. for</i> >200mm	12,77 $\pm 1,20$	13,40 $\pm 1,79$		-19,02 $\pm 0,49$	-19,09 $\pm 0,66$	
	2009			2009		
<i>L. for</i> 30mm	13,28 $\pm 0,35$	13,97 $\pm 0,93$		-19,73 $\pm 0,28$	-19,42 $\pm 0,28$	
<i>L. for</i> 60mm	13,16 $\pm 0,25$			-19,72 $\pm 0,24$		
<i>L. for</i> 150mm	11,17			-19,14		
<i>L. for</i> >200mm	13,87 $\pm 1,03$	14,26 $\pm 1,07$	14,47 $\pm 0,74$	-19,71 $\pm 0,47$	-20,05 $\pm 0,32$	-19,60 $\pm 0,45$

Zusammengefasst hatten im Sommer 35 % und im Winter 62 % der untersuchten *L. forbesi* einen leeren Magen. Die identifizierte Beute bestand sowohl im Sommer als auch im Winter hauptsächlich aus Fischen, Krebstieren und Tintenfischen, wobei die Zusammensetzung abhängig von der DML und den verschiedenen RFAs war. Dabei nahm der Anteil der Fische und Tintenfische an der Beute mit einer Zunahme der DML zu, wohingegen der Anteil der Crustaceen abnahm. Im Vergleich zu *A. subulata* war die Fischbeute wesentlich diverser. So konnten bis zu 19 verschiedene Fischarten in den Mägen identifiziert werden. Auch kommerziell wichtige Nutzfischarten wie *G. morhua* oder *C. harengus* wurden als Beute identifiziert. Der größte erbeutete Fisch, der bestimmt werden konnte, war ein Hering von 327 mm Länge. Auch bei *L. forbesi* konnte gezeigt werden, dass größere Exemplare auch tendenziell größere Fische fressen. Zusätzlich konnte Kannibalismus nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Isotopenmessung zeigen, dass das Verhältnis der Isotopen tendenziell von der RFA und der DML abhängt.

### 2.3.3 *Loligo vulgaris*

Im Sommer konnte der Magenfüllgrad von zehn *L. vulgaris* bestimmt werden, wohingegen im Winter der Magenfüllgrad von 72 Tieren bestimmt werden konnte. Aufgrund der geringen Datenmenge werden die Ergebnisse nur in Abhängigkeit der Jahreszeit betrachtet und nicht in Bezug auf die einzelnen Ausfahrten und RFAs.

Im Sommer waren neun von zehn Mägen leer (MFG: 0) und nur ein Magen bis zu 25 % (MFG: 1) gefüllt. Im Winter waren dagegen von den 72 untersuchten Mägen 58 Mägen gefüllt. Dabei wiesen die meisten Mägen einen Füllgrad von 1 und 2 auf (Tab. 2.21).

**Tabelle 2.21**

*Loligo vulgaris*. Anzahl und prozentualer Anteil der verschiedenen Magenfüllgrade (MFG) im Sommer und Winter.

	MFG	Anzahl	Prozent
Sommer	0	9	90,00
	1	1	10,00
	2	0	0,00
	3	0	0,00
	4	0	0,00
Winter	0	14	19,44
	1	22	30,56
	2	19	26,39
	3	10	13,89
	4	7	9,72

Somit konnten die Mageninhalte von 59 *L. vulgaris* genauer untersucht werden. Davon waren 58 Tiere aus dem Winter und nur einer aus dem Sommer. Das einzelne Exemplar im Sommer hatte eine DML von 42 mm und Crustaceen im Magen.

Im Winter bestand der Anteil der Beute zu 75 % aus Fischen, gefolgt von Tintenfischen und Crustaceen (Tab. 2.22). Dabei lag der Mittelwert der DML der 51 Tiere, die Fische gefressen hatten, bei 204 mm ( $\pm 68$  mm), der sechs Tiere, die Tintenfische gefressen hatten, bei 219 mm ( $\pm 41$  mm) und des einen, der Crustacearesten im Magen hatte, bei 161 mm. Somit kann, wie schon zuvor bei *L. forbesi*, der Trend beobachtet werden, dass die größeren Tiere mehr Fisch und Tintenfisch fraßen und sich die kleineren Exemplare eher von Crustacea ernährten.

**Tabelle 2.22**

*Loligo vulgaris*. Prozentualer Anteil der Beutetaxa und die Anzahl untersuchter Mägen im Winter.

Anzahl untersuchter Mägen		58
Beute	Anzahl	Anteil in Prozent
Pisces	51	75,00
Crustacea	1	1,47
Cephalopoda	6	8,82
Nematoda	1	1,47
Polychaeta	0	0
Sand	4	5,88
unid.	5	7,35

Die Fischbeute bestand zu 53 % aus Fischen, die nicht genauer bestimmt werden konnten, gefolgt von 25 % Sprotten und 11 % weiterer Clupeidae, die ebenfalls nicht genauer bestimmt werden konnten (Tab. 2.23). Der Anteil der Sandaale betrug sieben Prozent während der Anteil der Gobiidae, *M. merlangus* und *C. mustela* mit jeweils etwa zwei Prozent verhältnismäßig gering war. Der größte Fisch war ein Sandaal mit einer Länge von 230 mm, der von einem *L. vulgaris* mit einer DML von 250 mm gefressen wurde.

**Tabelle 2.23**

*Loligo vulgaris*. Anzahl und prozentualer Anteil der gefundenen Fischtaxa im Winter.

	Anzahl	Anteil
Ammodytidae	4	7,02
Gobiidae	1	1,75
<i>Sprattus sprattus</i>	14	24,56
Clupeidae	6	10,53
<i>Merlangius merlangus</i>	1	1,75
<i>Ciliata mustela</i>	1	1,75
Pisces unid.	30	52,63

Von *L. vulgaris* wurden nur die stabilen Isotope von den Tieren aus dem Winter gemessen. Aufgrund der geringen Fangzahlen und der daraus folgenden geringen Anzahl gemessener stabiler Isotope kann im Winter nur ein Vergleich zwischen den Tieren > 200 mm aus der RFA 2 und RFA 10 stattfinden. Dabei besaßen die Tiere aus der RFA 2 einen geringeren  $\delta^{15}$ Stickstoffwert als die Tiere in der RFA 10, wogegen sich die  $\delta^{13}$ Kohlenstoffwerte nicht signifikant voneinander unterschieden. Der höchste  $\delta^{15}$ Stickstoffwert (16,28 ‰) wurde bei einem Tier mit einer DML von 90 mm in der RFA

6 im Winter 2009 gemessen. Die beiden Tiere mit einer DML von > 200 mm aus der RFA 2 und RFA 3 besaßen einen geringeren Wert als das kleinere Tier (Tab. 2.24).

**Tabelle 2.24**

*Loligo vulgaris*. Gemitteltetes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$ Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$ Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Winter 2008 und 2009

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Winter 2008					Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Winter 2008				
	1	2	3	6	10	1	2	3	6	10
<i>L. vul</i> 150mm	14,14					-18,16				
	-					-				
<i>L. vul</i> >200mm	13,26		14,77			-18,94		-18,45		
	$\pm 0,38$		$\pm 0,62$			$\pm 0,14$		$\pm 0,41$		
	2009					2009				
<i>L. vul</i> 90mm	16,28					-18,82				
	-					-				
<i>L. vul</i> 150mm	15,10	15,39				-19,61	-19,27			
	-					-				
<i>L. vul</i> >200mm	14,97		15,338			-19,94		-18,89		
	-		-			-		-		

Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass im Sommer die meisten untersuchten Tiere einen leeren Magen aufwiesen (90 %), wohingegen im Winter lediglich 19 % einen leeren Magen hatten. Etwa 75 % der Tiere hatten Fischreste im Magen, wobei der Anteil von *S. sprattus* am größten war. Der größte erbeutete Fisch war allerdings ein Sandaal mit einer Länge von 230 mm. Zusätzlich konnten Crustaceen und Cephalopden als Nahrung identifiziert werden.

### 2.3.4 *Todaropsis eblanae*

Aufgrund der geringen Probenzahl wurde auf einen Vergleich der RFAs und der einzelnen Ausfahrten verzichtet, und die jeweiligen Jahreszeiten zusammengefasst. Im Sommer konnte bei 79 *T. eblanae* ein Magenfüllgrad bestimmt werden. Darunter waren 28 leere Mägen, 23 mit einem Füllgrad von 1, 18 Mägen waren bis zu 50 % (MFG: 2) gefüllt, sieben bis zu zwei Dritteln (MFG: 3) und drei Mägen wiesen den Füllgrad 4 auf. Die Magenfüllgrade aus dem Sommer unterschieden sich signifikant ( $p = 0,001$ ) von denen im Winter (Tab. 2.25).

Im Winter war der Anteil der leeren Mägen wesentlich höher als im Sommer. Mit 58 % waren mehr Mägen leer als gefüllt. Ein Viertel der Mägen war bis zu 25 % gefüllt. Die restlichen 17 % der Mägen verteilen sich auf die Magenfüllgrade 2 bis 4.

**Tabelle 2.25**

*Todaropsis eblanae*. Anzahl und prozentualer Anteil der verschiedenen Magenfüllgrade (MFG) im Sommer und Winter.

	MFG	Anzahl	Prozent
Sommer	0	28	35,44
	1	23	29,11
	2	18	22,78
	3	7	8,86
	4	3	3,80
Winter	0	70	57,85
	1	30	24,79
	2	10	8,26
	3	5	4,13
	4	6	4,96

Sowohl im Sommer als auch im Winter wurden am häufigsten Fische (57 % bzw. 40 %) in den Mägen von *T. eblanae* gefunden (Tab. 2.26). Im Sommer wurden Nematoden am zweithäufigste in den Mägen gefunden Diese sind wohl eher als Parasiten zu betrachten. Zum dritthäufigsten Mageninhalt gehörten unidentifizierte Überreste, gefolgt von Crustaceen und Cephalopoden. Im Winter waren die Cephalopoden mit 31 % in den untersuchten Mageninhalten häufiger vertreten als im Sommer und waren somit das zweithäufigste Beutetaxon. Ihnen folgen die unidentifizierten Überreste und Crustaceen zusammen mit den Nematoden, die wie schon zuvor erwähnt, eher als Parasiten denn als Beute betrachtet werden können.

**Tabelle 2.26**

*Todaropsis eblanae*. Prozentualer Anteil und Anzahl der Beutetaxa sowie die Anzahl der untersuchten Mägen.

Sommer	Anzahl untersuchter Mägen		47
	Beutetaxa	Anzahl	
	Pisces	35	56,45
	Crustacea	3	4,84
	Cephalopoda	2	3,23
	Nematoda	10	16,13
	Polychaeta	0	0,00
	Sand	3	4,84
	unid.	9	14,52

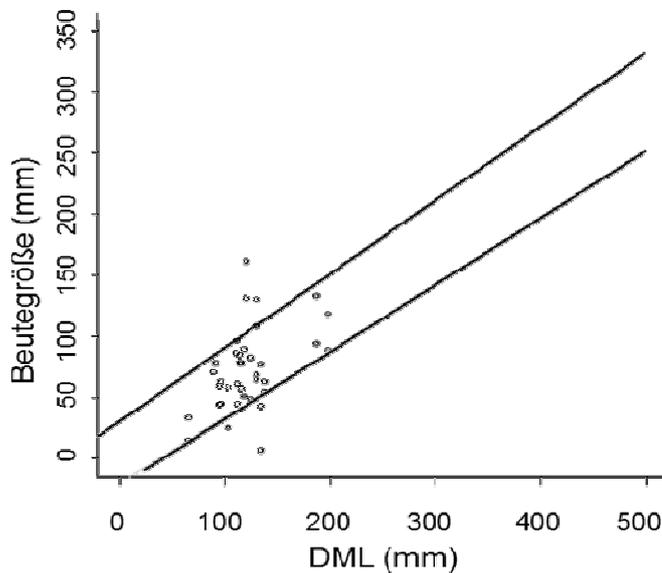
<b>Fortsetzung Tabelle 2.26</b>			
Winter	Anzahl untersuchter Mägen		44
	Beutetaxa	Anzahl	Prozentualer Anteil
	Pisces	21	40,38
	Crustacea	2	3,85
	Cephalopoda	16	30,77
	Nematoda	2	3,85
	Polychaeta	0	0,00
	Sand	0	0,00
	unid.	11	21,15

Die mittlere DML der Tiere, die sich von Crustaceen ernährt hatten, betrug 102 mm ( $\pm 24$  mm;  $n = 5$ ), die der *T. eblanae*, die Fische gefressen hatten, 112 mm ( $\pm 37$  mm;  $n = 55$ ) und die der Tiere, die Cephalopoden erbeutet hatten, betrug 73 mm ( $\pm 30$  mm;  $n = 18$ ). Eine durchgeführte ANOVA mit anschließendem Holm-Sidak Test zeigte auf, dass sich nur die mittlere DML zwischen den Fisch- und Tintenfischfressern signifikant unterschied.

Im Sommer war die Fischbeute wesentlich heterogener, wobei Gadidae mit 32 % am häufigsten gefressen wurden (Tab. 2.27). Grundeln mit 14 % folgten auf Platz 2. Im Winter war ebenfalls der Anteil der Gadidae unter der identifizierten Fischbeute mit 19 % am größten, allerdings konnten 71 % der Fischbeute nicht genauer identifiziert werden. Die Gobiidae waren zu dieser Jahreszeit mit einem Anteil von fünf Prozent vertreten.

**Tabelle 2.27**  
*Todaropsis eblanae*. Anzahl und prozentualer Anteil der gefundenen Fischtaxa im Sommer und Winter.

Fischtaxa	Sommer		Winter	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
<i>Crystallogobius linearis</i>	1	2,70		
Gobiidae unid.	4	10,81	1	4,76
Ammodytidae unid.	1	2,70		
<i>Clupea harengus</i>	1	2,70		
Clupeidae unid.	1	2,70		
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	1	2,70		
<i>Merlangius merlangus</i>	2	5,41		
<i>Trisopterus</i> sp.	4	10,81	3	14,29
<i>Trisopterus esmarkii</i>	4	10,81		
Gadidae unid.	1	2,70	1	4,76
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	1	2,70		
<i>Argentina sphyraena</i>		0,00	1	4,76
Pisces unid.	16	43,24	15	71,43



**Abbildung 2.9**

*Todaropsis eblanae*. Zusammenhang zwischen dorsaler Mantellänge und minimaler und maximaler errechneter Beutegröße. Die untere graue Linie zeigt das 10er, die obere das 90er Quantil.

Unabhängig von der Jahreszeit wurde die Fischbeute mit zunehmender DML von *T. eblanae* ebenfalls größer. Betrachtet man das 90er Quantil so ist die Fischbeute immer kleiner als die DML des Tintenfisches (Abb. 2.9). Allerdings zeigen die Einzeldaten, dass dem nicht immer so ist. So wurde der größte Fisch, *C. harengus*, mit einer Länge zwischen 131 und 161 mm von einem *T. eblanae* gefangen, der eine DML von 120 mm aufwies.

Leider bestanden die gefundenen Überreste der gefressenen Tintenfische nur aus Teilen, wie dem Gladius, Fleischresten, Schnabelstücken, Statolithen und Glaskörpern, aufgrund derer keine genaueren Aussagen über die Arten getroffen werden können.

Ergänzend zu den optischen Mageninhaltsuntersuchungen wurde die Isotopenzusammensetzung ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) von *T. eblanae* analysiert. Die im Sommer 2008 aus der RFA 2 gemessenen Tiere (DML: 150 mm) besaßen einen signifikant kleineren Stickstoffisotopenwert ( $p = 0,002$ ) und signifikant größeren Kohlenstoffisotopenwert

( $p \leq 0,001$ ) als die gleichgroßen Tiere aus der gleichen RFA im Sommer 2009 (Tab. 2.28).

Ein Vergleich der beiden verschiedenen Größen der Tiere aus der RFA 4 im Sommer 2008 zeigt, dass sich die Tiere mit einer DML von 90 mm nicht von denen mit einer DML von 150 mm unterscheiden. Allerdings unterscheiden sich die Werte der Kohlenstoffisotope der Tiere mit einer DML von 150 mm aus der RFA 3 von den gleichgroßen aus der RFA 2 im Sommer 2009 ( $p = 0,042$ ). Alle weiteren Tiere der „Größenklasse 150 mm“ aus den verschiedenen RFAs im Sommer 2009 unterschieden sich weder im Kohlenstoffverhältnis noch im Stickstoffverhältnis.

**Tabelle 2.28**

*Todaropsis eblanae*. Gemitteltetes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$ - und  $\delta^{13}\text{C}$ -Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Sommer 2008 und 2009

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Sommer 2008				Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Sommer 2008			
	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>T. ebl</i> 150mm	12,45 $\pm 0,88$				-19,03 $\pm 0,36$			
	2009				2009			
<i>T. ebl</i> 90mm	13,09 -		13,55 -	13,69 $\pm 0,33$	-18,93 -		-18,71 -	-18,95 $\pm 0,85$
<i>T. ebl</i> 150mm	13,10 $\pm 0,71$	14,04 $\pm 0,79$	14,24 $\pm 0,75$	13,44 $\pm 0,53$	-19,71 $\pm 0,81$	-20,37 $\pm 0,45$	-18,67 $\pm 1,12$	-19,87 $\pm 0,53$

Die Tiere der „Größenklasse 60 mm“ und „Größenklasse 90 mm“ aus der RFA 2 aus dem Winter 2008 unterschieden sich weder im  $\delta^{15}\text{N}$ - noch im  $\delta^{13}\text{C}$ -Kohlenstoffwert (Tab. 2.29). Auch zwischen den RFAs 1 und 2 konnte bei den Tieren mit einer DML von 90 mm im Winter 2008 keine Unterschiede in den bei ihnen gemessenen Isotopenverhältnissen festgestellt werden.

Im Winter 2009 konnte ebenfalls kein Unterschied der Isotopenwerte zwischen den beiden gemessenen Größenklassen (60 mm und 90 mm) in der RFA 1 festgehalten werden. Zudem konnte kein Unterschied zwischen den Tieren mit einer DML von 60 mm der RFA 1 und der RFA 2 festgestellt werden. Dagegen konnte im Vergleich der Tiere mit einer DML von 90 mm aus der RFA 1 aus dem Winter 2008 und 2009 ein Unterschied im  $\delta^{15}\text{N}$ -Stickstoffwert festgestellt werden, denn die Tiere aus dem Winter

2008 besaßen einen geringeren Stickstoffwert als die Tiere aus dem Winter 2009. Die  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwerte unterschieden sich dagegen nicht. Bei der „Größenklasse 60 mm“ der RFA 2 unterschieden sich hingegen die  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwerte zwischen den beiden Jahren, aber nicht die  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwerte.

**Tabelle 2.29**

*Todaropsis eblanae*. Gemittelttes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Winter 2008 und 2009

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Winter 2008		Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Winter 2008	
	1	2	1	2
<i>T. ebl</i> 60mm		12,93 $\pm 1,22$		-19,19 $\pm 0,24$
<i>T. ebl</i> 90mm	11,14 $\pm 0,32$	13,05 $\pm 0,53$	-20,15 $\pm 0,78$	-19,01 $\pm 0,27$
<i>T. ebl</i> >200mm	11,14	-	-19,23	-
	2009		2009	
<i>T. ebl</i> 60mm	12,99 $\pm 0,90$	13,66 $\pm 0,93$	-19,83 $\pm 0,42$	-19,56 $\pm 0,23$
<i>T. ebl</i> 90mm	12,84 $\pm 0,43$	14,04 -	-19,94 $\pm 0,30$	-19,65 -
<i>T. ebl</i> 150mm	13,53	-	-19,11	-

Zusammenfassend hatten im Sommer 35 % und im Winter 58 % der untersuchten Exemplare einen leeren Magen. In den restlichen Mägen konnten Fische, Crustaceen und Cephalopoden festgestellt werden. Dabei wurde die Beutezusammensetzung im Sommer klar von Fischen dominiert (57 %), wohingegen im Winter der Anteil von Fischen (40 %) und Tintenfischen (31 %) ausgeglichener war. Bei *T. eblanae* konnte kein Zusammenhang zwischen der DML und der Beutezusammensetzung festgestellt werden. Allerdings konnte gezeigt werden, dass die erbeuteten Fische mit einer Zunahme der DML größer wurden. Der größte identifizierte Fisch war ein *C. harengus* mit einer Länge zwischen 135 mm und 165 mm. Auch weitere kommerziell wichtige Nutzfischarten konnten als Beute von *T. eblanae* nachgewiesen werden.

Die erzielten Ergebnisse der Isotopenmessungen weisen eine tendenzielle Abhängigkeit von den verschiedenen RFAs und der DML auf. Demnach hatten größere Tiere einen höheren  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert.

### 2.3.5 *Illex coindetii*

Bei allen 95 untersuchten *I. coindetii* konnte der Magenfüllgrad bestimmt werden. Trotzdem sind die Datensätze für eine Analyse in Abhängigkeit der RFAs oder einzelnen Ausfahrten zu gering um statistische Aussagen treffen zu können. Daher werden, wie schon zuvor, die Ergebnisse nur unter jahreszeitlichem Aspekt betrachtet.

Von den zehn untersuchten Tieren im Sommer hatten vier Tiere einen leeren Magen, zwei besaßen einen Füllgrad von 2 und jeweils ein Exemplar hatte einen Füllgrad von 1 beziehungsweise 4 (Tab. 2.30).

Im Winter hatten 62 % der untersuchten Tiere einen leeren Magen, ein Viertel der Tiere wiesen einen Magenfüllgrad von 1, fünf Prozent der Tiere einen Magenfüllgrad von 2 und acht Prozent der Tiere einen Magenfüllgrad 3 auf.

**Tabelle 2.30**

*Illex coindetii*. Anzahl und prozentualer Anteil der verschiedenen Magenfüllgrade (MFG) im Sommer und Winter.

	MFG	Anzahl	Prozent
Sommer	0	4	40,00
	1	2	20,00
	2	2	20,00
	3	1	10,00
	4	1	10,00
Winter	0	53	62,35
	1	21	24,71
	2	4	4,71
	3	7	8,24
	4	0	0,00

Im Sommer bestand die Beute zu 38 % aus Fischen, gefolgt von Crustaceen mit 25 % (Tab. 2.31). Tintenfische und unidentifizierte Beute machten jeweils 13 % aus. Nematoden mit ebenfalls 13 % werden, wie schon zuvor bei *T. eblanae*, als Parasiten betrachtet.

Im Winter lag der Anteil der Fische und Tintenfische jeweils bei 28 %, gefolgt von den Crustaceen mit 18 %. Jeweils 13 % machten unidentifizierbare Beute und Sand im Magen aus, wobei letzteres ebenfalls, wie die Nematoden, kein Bestandteil der Beute ist, aber einen Hinweis auf eine mögliche benthische Ernährungsweise geben kann.

Die Tintenfische, die sich von Fischen ernährten, waren mit einer mittleren DML von 100 mm ( $\pm$  39 mm) am größten. Mit einer durchschnittlichen DML von 97 mm ( $\pm$  70 mm) folgten die *I. coindetii*, die Tintenfische gefressen hatten, während die, die Crustaceen erbeutet hatten, eine mittlere DML von 88 mm ( $\pm$  34 mm) besaßen und die kleinsten Tiere waren. Ein signifikanter Unterschied der DMLs ( $p = 0,468$ ) konnte allerdings nicht festgestellt werden.

**Tabelle 2.31**

*Illex coindetii*. Prozentualer Anteil und Anzahl der Beutetaxa sowie die Anzahl der untersuchten Mägen.

Sommer	Anzahl untersuchter Mägen		6
	Beutetaxa	Anzahl	prozentualer Anteil
	Pisces	3	37,50
	Crustacea	2	25,00
	Cephalopoda	1	12,50
	Nematoda	1	12,50
	Polychaeta	0	0,00
	Sand	0	0,00
	unid.	1	12,50

Winter	Anzahl untersuchter Mägen		28
	Beutetaxa	Anzahl	prozentualer Anteil
	Pisces	11	28,21
	Crustacea	7	17,95
	Cephalopoda	11	28,21
	Nematoda	0	0,00
	Polychaeta	0	0,00
	Sand	5	12,82
	unid.	5	12,82

Im Sommer konnten drei Fischtaxa identifiziert werden. In jeweils einem Magen konnten Gobiidae, *S. sprattus* oder *Trisopterus* sp. nachgewiesen werden (Tab. 2.32).

**Tabelle 2.32**

*Illex coindetii*. Anzahl und prozentualer Anteil der gefundenen Fischtaxa im Sommer und Winter.

Fischtaxa	Sommer		Winter	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Gobiidae	1	33,33	1	9,09
<i>Sprattus sprattus</i>	1	33,33		
<i>Trisopterus</i> sp.	1	33,33		
Pisces unid.			10	90,91

Bei den zwölf *I. coindetii*, die Tintenfische gefressen hatten, konnten zwei Schnäbel zur genaueren Identifikation der gefangenen Tintenfischbeute herangeführt werden. Dabei konnte festgestellt werden, dass ein *I. coindetii* mit einer DML von 312 mm einen *L. forbesi* mit einer DML von 42 mm und ein *I. coindetii* mit einer DML von 98 mm eine *S. atlantica* (DML: 16 mm) gefressen hatte.

Zusätzlich zu den optischen Mageninhaltsanalysen wurden die stabilen Isotope von *I. coindetii* gemessen. Da die Probenanzahl von *I. coindetii* zu gering war um einen Vergleich zwischen den Jahren 2008 und 2009 zu unternehmen, wurden die Isotopenproben aus den Jahren zusammengefasst und nur in Bezug auf die Jahreszeit, Größe und RFA verglichen (Tab. 2.33). Aufgrund der geringen Fangzahl und der daraus resultierenden geringen Replikatzahl können nur die Tiere mit einer DML von 60 mm aus der RFA 2 im Winter mit den Tieren mit einer DML von 90 mm aus der gleichen RFA zur gleichen Jahreszeit statistisch verglichen werden. Dabei traten weder im  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert noch im  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert signifikante Unterschiede auf ( $p = 0,06$ ;  $p = 0,1893$ ). Generell wichen die Werte in den verschiedenen RFAs voneinander ab. Den geringsten  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert hatte ein Tier mit einer DML von  $> 200$  mm aus der RFA 1 im Winter, wohingegen den größten  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert ein Tier mit einer DML von 150 mm aus der RFA 6 im Sommer besaß. Letzteres hatte ebenfalls den höchsten  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert.

**Tabelle 2.33**

*Illex coindetii*. Gemitteltetes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Sommer und Winter

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Sommer						Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Sommer					
	1	2	3	4	6	7	1	2	3	4	6	7
<i>I. coi.</i> 90mm	11,91						-20,76					
	-						-					
<i>I. coi.</i> 150mm	13,18 16,06 12,13						-19,05 -18,62 -20,83					
	$\pm 0,27 \pm 0,16$ -						$\pm 0,12 \pm 0,27$ -					
<i>I. coi.</i> >200mm	14,02						-18,15					
	-						-					

Fortsetzung Tabelle 2.33

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Sommer						Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Sommer					
	1	2	3	4	6	7	1	2	3	4	6	7
<i>I. coi.</i> 30mm		11,04						-19,93				
<i>I. coi.</i> 60mm		11,78	13,70					-19,83	-18,55			
<i>I. coi.</i> 90mm	11,27	12,63					-19,12	-19,60				
<i>I. coi.</i> >200mm		9,46						-19,90				
		-						-				

Abschließend lässt sich festhalten, dass im Sommer 40 % und im Winter 60 % der untersuchten Tiere einen leeren Magen aufwiesen. Im Sommer bestand die Beute hauptsächlich aus Fischen, gefolgt von Crustaceen und Cephalopoden, im Winter sind dagegen die Anteile von Fischen und Tintenfischen gleich. Unter der Fischbeute konnten Sprotte, Stintdorsch und Grundeln festgestellt werden, wohingegen unter der Tintenfischbeute *L. forbesi* und *S. atlantica* identifiziert werden konnte.

Die Resultate der Isotopenmessungen lassen wie schon zuvor eine tendenzielle Abhängigkeit von den verschiedenen RFAs und DML vermuten.

### 2.3.6 *Todarodes sagittatus*

Von den 47 gefangenen Tieren konnte bei 45 Tieren der Magenfüllgrad bestimmt werden. Wie schon zuvor bei den anderen Ommastrephidae werden die Ergebnisse der Magenfüllgrade und auch die weiteren Analysen weder auf dem Niveau der RFAs noch auf dem der einzelnen Ausfahrten betrachtet, lediglich die beiden Jahreszeiten werden für einen Vergleich herangezogen.

Im Sommer wurden nur Tiere mit einem Füllgrad 1 und 3 gefunden (Tab. 2.34). Dabei war der Magenfüllgrad 1 mit 83 % wesentlich häufiger vertreten als der Magenfüllgrad 3 mit 17 %. Im Winter wurden neun Tiere (23 %), die einen leeren Magen hatten, gefangen. Die Magenfüllgrade 1 und 2 waren mit jeweils 21 % (8 Exemplare) häufiger als der Füllgrad 3 (3 Tiere, 8 %) vertreten. Mägen des Füllgrads 4 waren mit 28 % (4 Tiere) am häufigsten vorzufinden.

**Tabelle 2.34**

*Todarodes sagittatus*. Anzahl und prozentualer Anteil der verschiedenen Magenfüllgrade (MFG) im Sommer und Winter.

Sommer	MFG	Anzahl	Prozent
	0	0	0,00
	1	5	83,33
	2	0	0,00
	3	1	16,67
	4	0	0,00
<hr/>			
Winter	0	9	23,08
	1	8	20,51
	2	8	20,51
	3	3	7,69
	4	11	28,21

Im Sommer wurden in drei von fünf untersuchten Tintenfischmägen Fischreste identifiziert, während in einem Magen Cephalopoda und in einem weiteren Magen unidentifizierbare Überreste gefunden werden konnten (Tab. 2.35).

Im Winter hingegen war der Anteil der Tintenfische, die Pisces und Cephalopoda gefressen hatten, nahezu ausgeglichen (38 % bzw. 36 %). Knappe 12 % hatten sich von Crustacea und weitere sieben Prozent von unidentifizierbare Beute ernährt. Die Nematoden, die in sieben Prozent der Tintenfischmägen auftraten, sind als Parasiten und nicht als Beute zu betrachten.

**Tabelle 2.35**

*Todarodes sagittatus*. Prozentualer Anteil und Anzahl der Beutetaxa sowie die Anzahl der untersuchten Mägen.

Sommer	Anzahl untersuchter Mägen	5	
	Beutetaxa	Anzahl	Prozent
	Pisces	3	60,00
	Crustacea		
	Cephalopoda	1	20,00
	Nematoda		
	Polychaeta		
	Sand		
	unid.	1	20,00

**Fortsetzung Tabelle 2.35**

Winter	Anzahl untersuchter Mägen	29	
		Anzahl	Prozent
	Beutetaxa		
	Pisces	16	38,10
	Crustacea	5	11,90
	Cephalopoda	15	35,71
	Nematoda	3	7,14
	Polychaeta		
	Sand		
	unid.	3	7,14

Tiere, die sich von Fischen ernährten, waren mit einer mittleren DML von 304 mm ( $\pm 68$  mm) etwas größer als die, die Tintenfische gefressen hatten und deren mittlere DML 301 mm ( $\pm 38$  mm) betrug. Einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen konnte allerdings nicht festgestellt werden. Jedoch unterschieden sich beide von den Tieren, die Crustacea gefressen hatten (mittlere DML: 241 mm;  $\pm 40$  mm), da sie signifikant größer waren ( $p = 0,017$ ).

Aus dem Sommer konnte von den Fischresten nur ein Taxon genauer bestimmt und der Familie der Gobiidae zugeordnet werden (Tab. 2.36). Aus dem Winter konnten wesentlich mehr Fischtaxa bestimmt werden. So waren Gobiidae (6,25 %), Ammodytidae (6,25 %), *M. poutassou* (6,25 %), *C. harengus* (12,5 %) und *Trisopterus* sp. (18,75 %) vertreten. Die Hälfte der gefressenen Fische (50 %) konnte nicht genauer identifiziert werden.

**Tabelle 2.36**

*Todarodes sagittatus*. Anzahl und prozentualer Anteil der gefundenen Fischtaxa im Sommer und Winter.

Fischtaxa	Sommer		Winter	
	Anzahl	Prozent	Anzahl	Prozent
Gobiidae	1	33,33	1	6,25
Ammodytidae			1	6,25
<i>Clupea harengus</i>			2	12,5
<i>Trisopterus</i> sp.			3	18,75
<i>Micromesistius poutassou</i>			1	6,25
Pisces unid	2	66,66	8	50,00

Der größte Fisch, ein Hering mit einer Länge zwischen 318 mm und 354 mm, wurde von einem *T. sagittatus* mit einer DML von 490 mm gefressen. Die Länge aller gefressenen Fische war kleiner als die DML der Jäger (Tab. 2.37).

**Tabelle 2.37**

*Todarodes sagittatus*. Erbeutete Fischgrößen in Abhängigkeit der Jahreszeit und dorsaler Mantellänge.

Jahr	Jahreszeit	DML	Fischtaxa	min. Länge (mm)	max. Länge (mm)
2008	Sommer	203	Gobiidae	20	39
2009	Winter	170	<i>Trisopterus</i> sp.	42	59
2009	Winter	254	Gobiidae	18	52
2009	Winter	360	<i>Trisopterus</i> sp.	137	160
2010	Winter	305	<i>M. poutassou</i>	224	227
2010	Winter	309	<i>Ammodytes</i> sp.	137	169
2010	Winter	313	<i>C. harengus</i>	192	192
2010	Winter	320	<i>Trisopterus</i> sp.	161	163
2010	Winter	490	<i>C. harengus</i>	318	354

Mit Hilfe der gefundenen Schnäbel konnten sechs Tintenfische und Ihre DML berechnet werden. Dabei waren die Arten *L. forbesi* und *S. atlantica* jeweils zweimal vertreten, die Arten *A. subulata* und *S. oweniana* jeweils einmal. Die DML der gefressenen Tintenfische lag zwischen 16 mm und 38 mm (Tab. 2.38).

**Tabelle 2.38**

*Todarodes sagittatus*. Erbeutete Tintenfischgröße in Abhängigkeit der Jahreszeit und dorsaler Mantellänge (DML).

Jahr	Jahreszeit	DML (mm)	Tintenfischbeute
2009	Winter	268	<i>A. subulata</i> DML: 38 mm
2009	Winter	267	<i>S. oweniana</i> DML: 25 mm
2010	Winter	270	<i>L. forbesi</i> DML: 25 mm
2010	Winter	339	<i>L. forbesi</i> DML: 25 mm
2010	Winter	350	<i>S. atlantica</i> DML: 16 mm
2010	Winter	309	<i>S. atlantica</i> DML: 16 mm

Auch bei *T. sagittatus* wurde die Zusammensetzung der stabilen Isotopen ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) gemessen. Allerdings war die Probenanzahl der Isotopen zu gering, um die Tiere in einem jahreszeitlichen Vergleich zu analysieren, so dass die untersuchten Tiere aus den Jahren 2008 und 2009 zusammengefasst wurden. Ein statistischer Vergleich zwischen den Tieren mit einer DML > 200 mm aus der RFA 1 aus dem Sommer und Winter zeigt, dass sich weder die  $\delta^{15}\text{C}$ -Stickstoff- noch die  $\delta^{13}\text{C}$ -Kohlenstoffwerte signifikant unterschieden (Tab. 2.39).

**Tabelle 2.39**

*Todarodes sagittatus*. Gemittelttes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$ -Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$ -Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Sommer und Winter

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Sommer			Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Sommer		
	1	3	4	1	3	4
<i>T. sag.</i> >200mm	11,16 $\pm 0,46$		11,90 -	-19,69 $\pm 0,17$		-19,60 -
	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Winter			Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Winter		
<i>T. sag.</i> 150mm	10,94			-19,56		
<i>T. sag.</i> >200mm	11,14 $\pm 0,63$	11,06 -		-19,83 $\pm 0,37$		-19,64 -

Generell lagen die Isotopen-Messwerte der Tiere sehr dicht beisammen und wichen im Stickstoffwert im Mittel um maximal 0,84 ‰ und im Kohlenstoffwert im Mittel um maximal 0,23 ‰ voneinander ab.

Zusammenfassend hatten im Sommer alle untersuchten Tiere einen gefüllten Magen, dagegen hatten im Winter 23 % einen leeren Magen. Der Hauptbestandteil der Beute setzte sich aus Fischen und Tintenfischen zusammen, wohingegen der Anteil der Crustaceen geringer war. Unter den erbeuteten Fischen waren kommerzielle Nutzfischarten der Taxa Clupeidae und Gadidae vertreten. Unter den gefressenen Tintenfischen konnten Sepiolidea und Loliginidea festgestellt werden. Der längste gefressene Fisch war ein Hering zwischen 318 mm und 354 mm.

### 2.3.7 *Sepiola atlantica*

Von den 48 im Sommer gefangenen *S. atlantica* konnte bei 47 Exemplaren ein Magenfüllgrad definiert werden. Im Winter war es bei 117 von 129 Tieren möglich den Magenfüllgrad zu bestimmen. Während im Sommer 92 % der Tiere einen leeren Magen hatten, waren es im Winter mit 76 % etwas weniger. Etwa vier Prozent hatten im Sommer einen Magenfüllgrad von 1, zwei Prozent hatten jeweils einen Füllgrad von 2 oder 4.

Im Winter hatten knappe acht Prozent einen Magen, der bis zu einem Viertel gefüllt war, neun Prozent einen Füllgrad von 2 und weitere vier Prozent einen Füllgrad von 3. Die

fehlenden drei Prozent machte der Magenfüllgrad 4 aus. Ein durchgeführter Mann-Whitney Rangsummentest zeigt, dass die Mägen im Winter signifikant ( $p = 0,024$ ) gefüllter waren als im Sommer (Tab. 2.40).

**Tabelle 2.40**

*Sepiola atlantica*. Anzahl und prozentualer Anteil der verschiedenen Magenfüllgrade (MFG) im Sommer und Winter.

Sommer	MFG	Anzahl	Prozent
	0	43	91,49
	1	2	4,26
	2	1	2,13
	3	0	0,00
	4	1	2,13
<hr/>			
Winter	0	89	76,07
	1	9	7,69
	2	10	8,55
	3	5	4,27
	4	4	3,42

Im Sommer beinhalteten alle drei untersuchten Mägen Crustaceen. Im Winter konnten ebenfalls nur Crustaceen als Beute identifiziert werden, die einen Anteil von 71 % der Mägen einnehmen. Zusätzlich enthielten 11 % der Mägen unbestimmbare Beute und 18 % der untersuchten Mägen wiesen Sand auf, den sie wohl beim Erbeuten aufnahmen (Tab. 2.41).

**Tabelle 2.41**

*Sepiola atlantica*. Prozentualer Anteil und Anzahl der Beutetaxa sowie die Anzahl der untersuchten Mägen.

Sommer	Anzahl untersuchter Mägen	3	
	Beutetaxa	Anzahl	Prozent
	Pisces		
	Crustacea	3	100,00
	Cephalopoda		
	Polycheata		
	Sand		
	unid.		
<hr/>			
Winter	Anzahl untersuchter Mägen	23	
	Beutetaxa	Anzahl	Prozent
	Pisces		
	Crustacea	20	71,43
	Cephalopoda		
	Polycheata		
	Sand	5	17,86
	unid.	3	10,71

Aufgrund ihrer Größe konnten bei *S. atlantica* nur die stabilen Isotope der Größenklasse mit einer DML von 15 mm gemessen werden. Folglich wurden die Isotope nur in Bezug auf die unterschiedlichen Jahre, Quartale und RFAs hin untersucht (Tab. 2.42). So konnte zwischen den RFAs 3 und 4 im Sommer 2008 kein Unterschied im  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert ( $p = 0,66$ ) und im  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert ( $p = 0,302$ ) festgestellt werden.

Während im Winter 2008 der  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert der RFA 1 signifikant kleiner war als der Wert der RFA 3 ( $p = 0,018$ ), unterschieden sich die  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwerte der beiden RFAs nicht ( $p = 0,073$ ). Im Winter 2009 dagegen waren sowohl die  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwerte ( $p = 0,808$ ) als auch die  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwerte ( $p = 0,208$ ) der verschiedenen RFAs gleich.

**Tabelle 2.42**

*Sepiola atlantica*. Gemittelttes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffisotope (‰)  
± Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Sommer 2008 und Winter 2008 & 2009

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Sommer				Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Sommer			
	1	2	3	4	1	2	3	4
	2009				2009			
<i>S. atl.</i> 15mm			11,52 ±0,41	11,87 ±0,47			-19,20 ±0,41	-19,81 ±0,11
	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Winter				Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Winter			
	2008				2008			
<i>S. atl.</i> 15mm	10,57 ±0,31		11,41 ±0,61		-20,14 ±0,56		-18,84 ±0,54	
	2009				2009			
<i>S. atl.</i> 15mm	12,11 ±0,41	11,87 ±0,15	11,82 ±0,29		-19,91 ±0,27	-19,93 ±0,33	-19,99 ±0,17	

Ein Vergleich der Winter 2008 und 2009 zeigt, dass der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert der RFA 1 im Winter 2009 signifikant größer war als im Winter 2008 ( $p \leq 0,001$ ), wohingegen die  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwerte in der RFA 1 ( $p = 0,400$ ) keinen Unterschied aufwiesen.

Vergleicht man die Werte der drei verschiedenen Ausfahrten aus der RFA 3 so waren die  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwerte aus dem Winter 2009 signifikant kleiner als die Werte aus dem Winter 2008 und dem Sommer 2008, währenddessen sich die  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwerte der drei Ausfahrten nicht unterschieden.

### 2.3.8 *Sepietta oweniana*

Da *S. oweniana* nur im Winter gefangen wurde, ist kein jahreszeitlicher Vergleich möglich. Im Winter konnte bei allen bearbeiteten 65 Tieren ein Magenfüllgrad bestimmt werden. Allerdings ist die Anzahl zu gering um, einen ausfahrtsbezogenen oder gebietsbezogenen Vergleich durchzuführen.

Die meisten Tiere (74 %) hatten einen leeren Magen. Mit etwa 12 % folgte der Magenfüllgrad 1. Der Füllgrad 2 war mit knappen fünf Prozent vertreten, wohingegen der Füllgrad 3 nur mit sechs Prozent vertreten war. Mägen, die fast bzw. komplett gefüllt waren, hatten einen Anteil von drei Prozent (Tab. 2.43).

**Tabelle 2.43**

*Sepietta oweniana*. Anzahl und prozentualer Anteil der verschiedenen Magenfüllgrade (MFG) im Winter.

MFG	Anzahl	Prozent
0	48	73,85
1	8	12,31
2	3	4,62
3	4	6,15
4	2	3,08

Im Gegensatz zu *S. atlantica* hatte *S. oweniana* Fisch- (26 %) und Cephalopodenreste (4 %) in ihren Mägen. Allerdings überwog der Anteil der Crustaceenreste mit 48 %. 17 % hatten Sand und weitere vier Prozent unbestimmbare Beute im Magen (Tab. 2.44).

**Tabelle 2.44**

*Sepietta oweniana*. Prozentualer Anteil und Anzahl der Beutetaxa sowie die Anzahl der untersuchten Mägen.

Anzahl untersuchter Mägen		15
Beutetaxa	Anzahl	Prozent
Pisces	6	26,09
Crustacea	11	47,83
Cephalopoda	1	4,35
Nematoda		
Polychaeta		
Sand	4	17,39
unid.	1	4,35

Von den sechs Mägen, die Fische enthielten, konnte nur die Familie der Gobiidae in einem von ihnen identifiziert werden. Die Länge der Tiere betrug dabei zwischen 11 und 41 mm. Alle anderen konnten nicht genauer bestimmt werden.

Die kleinen Tiere (DML: 15 mm) von *S. oweniana* hatten 2008 in der RFA 1 einen kleineren  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoff- ( $p \leq 0,001$ ) und  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert ( $p = 0,009$ ) als die größeren Tiere mit einer DML von 30 mm (Tab. 2.45). Zudem konnte festgestellt werden, dass sich die Tiere mit einer DML von 15 mm aus der RFA 1 von den gleichgroßen Tieren aus der RFA 6 unterschieden. Dabei hatten die Tiere aus der RFA 1 einen kleineren  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoff- ( $p \leq 0,001$ ) und  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert ( $p \leq 0,001$ ) als die Tiere aus der RFA 6. Ein Vergleich zwischen den Jahren 2008 und 2009 in der RFA 1 zeigt, dass die Exemplare mit einer DML von 30 mm aus dem Jahr 2008 einen höheren  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert ( $p = 0,046$ ) und einen niedrigeren  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert ( $p = 0,007$ ) hatten als die gleichgroßen Tiere aus 2009.

**Tabelle 2.45**

*Sepietta oweniana*. Gemitteltetes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus den verschiedenen RFAs im Winter 2008 und 2009

RFA	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Winter 2008			Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Winter 2008		
	1	2	6	1	2	6
<i>S. owe</i> 15mm	9,63 $\pm 0,50$		15,38 $\pm 0,38$	-19,73 $\pm 0,19$		-17,43 $\pm 0,48$
<i>S. owe</i> 30mm	11,21 $\pm 0,72$			-19,25 $\pm 0,34$		
	2009			2009		
<i>S. owe</i> 15mm		11,42			-20,05	
<i>S. owe</i> 30mm	12,24 $\pm 0,58$	12,02		-19,62 $\pm 0,33$	-19,42	

### 2.3.9 *Rossia macrosoma*

Im Sommer konnte nur ein Exemplar genauer betrachtet werden. Der Magen des Tieres war zwischen 50% und 75 % gefüllt. Allerdings konnte der Mageninhalt nicht genauer betrachtet werden.

Im Gegensatz zu allen anderen Sepiolidae war im Winter am häufigsten der Magenfüllgrad 1 (33 %) vertreten. Ihm folgten die leeren Mägen und der Magenfüllgrad

2 mit jeweils 24 %. Jeweils zehn Prozent machten die Magenfüllgrade 3 und 4 aus (Tab. 2.46).

**Tabelle 2.46**

*Rossia macrosoma*. Anzahl und prozentualer Anteil der verschiedenen Magenfüllgrade (MFG) im Winter.

MFG	Anzahl	Prozent
0	5	23,81
1	7	33,33
2	5	23,81
3	2	9,52
4	2	9,52

In 41 % der Mägen konnten Crustacea und in 18 % der Mägen Pisces nachgewiesen werden. Cephalopoda konnten nur in einem einzigen Magen identifiziert werden und machten somit nur einen geringen Anteil der Beute aus. Sand konnte in 23 % der Mägen gefunden werden, was auf eine benthische Ernährungsweise schließen lässt. Drei der 16 Mägen waren mit Beute gefüllt, die nicht genauer identifiziert werden konnte (Tab. 2.47).

**Tabelle 2.47**

*Rossia macrosoma*. Prozentualer Anteil und Anzahl der Beutetaxa sowie die Anzahl der untersuchten Mägen im Winter.

Anzahl untersuchter Mägen		16
Beutetaxa	Anzahl	Prozent
Pisces	4	18,18
Crustacea	9	40,91
Cephalopoda	1	4,55
Nematoda		
Polychaeta		
Sand	5	22,73
unid.	3	13,64

Von den vier Mägen mit Fischresten konnte bei dreien die Fischbeute nicht genauer bestimmt werden. Lediglich in einem Magen von einer *R. macrosoma* mit einer DML von 29 mm konnte die Fischbeute als Gobiidae identifiziert werden. Dabei konnte anhand der Wirbel die Länge der Gobiidae, die zwischen 33 mm und 43 mm betrug, berechnet werden. Somit war der gefressene Fisch länger als die DML des Tintenfischs.

Da *R. macrosoma* bis auf ein Exemplar nur im Winter gefangen wurde, konnte kein Vergleich der Isotopen innerhalb der Jahreszeiten durchgeführt werden. Zudem wurden alle untersuchten Tiere in der RFA 1 gefischt, so dass nur ein Größen- und Jahresvergleich unternommen werden konnte.

Dabei unterschieden sich die beiden Größenklassen, die im Winter 2008 gefischt wurden, nicht voneinander (Tab. 2.48). Allerdings hatten die kleineren Tiere (DML 30 mm) aus 2008 einen signifikant größeren  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert als die gleichgroßen Tiere aus dem Jahr 2009 ( $p = 0,005$ ), wobei der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert keinen Unterschied aufwies ( $p = 0,05$ ).

**Tabelle 2.48**

*Rossia macrosoma*. Gemitteltetes Verhältnis der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffisotope (‰)  $\pm$  Standardabweichung aus der RFA 1 im Winter 2008 und 2009

	Mittelwert $\delta^{15}\text{N}$ Winter 2008	Mittelwert $\delta^{13}\text{C}$ Winter 2008
RFA	1	1
<i>R. mac.</i> 30mm	9,68 $\pm 0,75$	-18,50 $\pm 0,30$
<i>R. mac.</i> 60mm	10,36 $\pm 1,09$	-18,41 $\pm 0,61$
	2009	2009
<i>R. mac.</i> 30mm	11,03 $\pm 0,71$	-19,37 $\pm 0,26$
<i>R. mac.</i> 60mm	13,40 -	-18,80 -

### 2.3.10 *Sepia elegans* & *Sepia officinalis*

Bei zwei untersuchten *S. elegans* konnte der Magenfüllgrad nicht bestimmt werden, wohingegen bei den anderen zwei ein Magenfüllgrad von 2 entdeckt werden konnte. Der Mageninhalt setzte sich bei einem Tier aus Crustaceenresten und Fischschuppen zusammen, im anderen Magen konnten nur Crustaceenreste bestimmt werden.

Von *S. elegans* konnte nur ein Tier bezüglich der Isotopenzusammensetzung mit einer DML von 42 mm untersucht werden. Der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert lag bei 8,88 ‰ und der  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert bei -17,37 ‰.

Bei allen vier untersuchten *S. officinalis* konnte ein Magenfüllgrad bestimmt werden. Zwei Tiere hatten einen leeren Magen und demzufolge einen Magenfüllgrad von 0. Ein Exemplar hatte einen Magenfüllgrad von 2 und war gefüllt mit Crustaceen, ein weiterer Magen hatte einen Füllgrad von 3, allerdings konnte bei diesem Tier der Mageninhalt nicht bestimmt werden.

Von *S. officinalis* konnten lediglich die stabilen Isotope von zwei Tieren im Winter 2008 gemessen werden. Das größere Tier der beiden, mit einer DML von 150 mm, aus der RFA 10 hatte einen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert von 12,85 ‰ und ein  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert von -18,55 ‰. Das kleinere Tier, mit einer DML von 85 mm, aus der RFA 2 hatte sowohl einen höheren  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert (13,01 ‰) als auch einen höheren  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert (-18,10 ‰).

### **2.3.11 *Eledone cirrhosa***

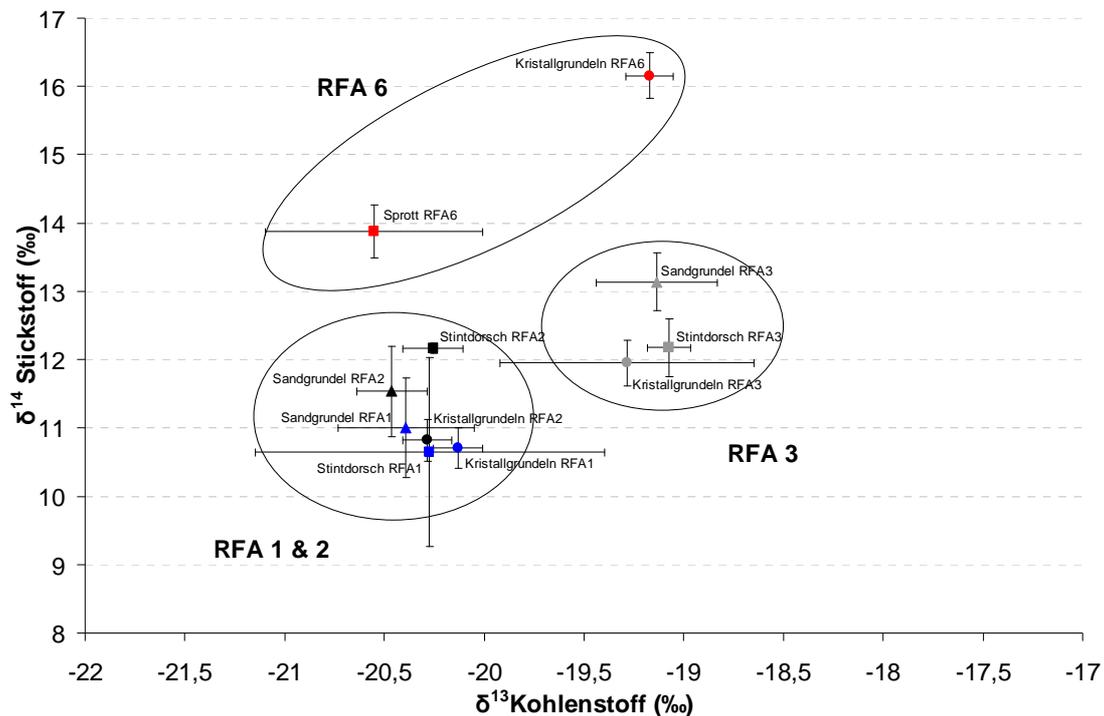
Von den 12 gefangenen Exemplaren konnte bei zehn der Magenfüllgrad bestimmt werden. Sieben von zehn Tiere hatten demnach einen leeren Magen, wohingegen die anderen drei Exemplare einen Magenfüllgrad 1 aufwiesen. Die Untersuchung der Mageninhalte zeigte, dass sich zwei Tiere von Crustaceen und ein Tier von Muscheln ernährten.

Von *E. cirrhosa* konnten die stabilen Isotope von vier Tieren gemessen werden. Drei der Tiere stammten aus der RFA 1 und wurden im Sommer 2009 gefangen. Alle drei Tiere wurden der „Größenklasse 30 mm“ zugeordnet und hatten einen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert zwischen 8,98 ‰ und 9,29 ‰, sowie einen  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert zwischen -19,42 ‰ und -19,21 ‰. Ein Exemplar mit einer DML von 85 mm wurde im Winter 2008 in der RFA 3 gefangen. Bei diesem Tier lag der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert bei 9,5 ‰ und der  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert bei -17,38 ‰.

### **2.3.12 Berechnung der Trophieebenen**

Um die Tiere ins Nahrungsnetz einordnen zu können und eine Basislinie zur Berechnung des Trophielevels zu definieren, wurden zusätzlich einige Beutefische und Sestonproben

hinsichtlich ihrer stabilen Isotopenzusammensetzung gemessen (Abb. 2.10; 2.11). Dazu wurden Kristall- und Sandgrundeln mit einer Größe von 20 – 30 mm bzw. 30 – 40 mm gewählt, da sie nur ein kleines Beutespektrum besitzen und, wie zuvor beschrieben, den größten Anteil der Tintenfischbeute ausmachten. Zusätzlich wurden Sprotten (60 mm) und Stintdorsche (90 mm) gemessen, da sie ebenfalls in den verschiedenen RFAs von den etwas größeren Tintenfischen gefressen wurden.



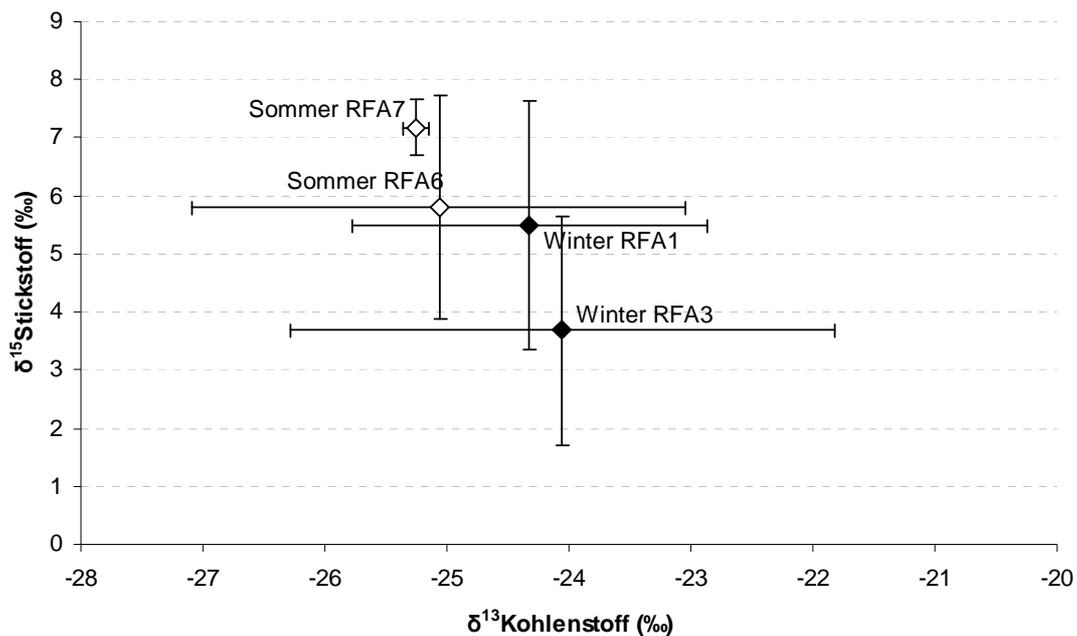
**Abbildung 2.10**

$\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwerte und  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert (Mittelwerte,  $\pm$  Standardabweichung) der Fischbeute aus den verschiedenen RFAs aus dem Winter 2009.

Es ist klar zu erkennen, dass sich die unterschiedlichen Fischarten aus einer RFA zusammen gruppieren (Abb. 2.10). Dabei bilden die Tiere aus den RFAs 1 und 2, die Tiere aus der RFA 3 und die Tiere aus der RFA 6 jeweils eine Gruppe. Die Tiere aus der RFA 6 besaßen dabei den höchsten  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert, wobei die  $\delta$  Werte des  $^{13}\text{C}$  Kohlenstoffs weit auseinander lagen. In der RFA 1 und 2 besaßen die Tiere einen ähnlichen  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert wie in der RFA 6, allerdings war der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert

wesentlich geringer. Die Tiere aus der RFA 3 lagen bezüglich des Stickstoffs zwischen den beiden anderen Gruppen.

Obwohl bei den Sestonproben ebenfalls der Trend zu beobachten ist, dass sich die Gebiete in der Zusammensetzung der stabilen Isotope differenzierten, konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Abb. 2.11).



**Abbildung 2.11**

Zusammensetzung der stabilen Isotope der Sestonproben (Mittelwert,  $\pm$ Standardabweichung) aus dem Winter und Sommer 2008.

Mit Hilfe der Sestonergebnisse können die Trophieebenen der Tintenfische aus dem Jahr 2008 aus den jeweiligen RFAs, in denen die Sestonproben entnommen werden konnten, berechnet werden (Tab. 2.49).

**Tabelle 2.49**

Berechnete Trophielevel der verschiedenen Cephalopodenarten auf Grundlage der Messungen der stabilen Isotope vom Seston im Jahr 2008; *Alloteuthis subulata*: *A. sub*, *Illex coindetii*: *I. coi*; *Loligo forbesi*: *L. for*, *Loligo vulgaris*: *L. vul*, *Rossio macrosoma*: *R. mac*, *Sepiola atlantica*: *S. atl*, *Sepietta oweniana*: *S. owe*, *Todaropsis eblanae*: *T. ebl*, *Todarodes sagittatus*: *T. sag*.

Quartal	RFA	DML (mm)	<i>A. sub</i>	<i>I. coi</i>	<i>L. for</i>	<i>L. vul</i>	<i>R. mac</i>	<i>S. atl</i>	<i>S. eles</i>	<i>S. off</i>	<i>S. owe</i>	<i>T. ebl</i>	<i>T. sag</i>	
Sommer	6	30	4,24 ±0,13											
		60	4,03	2,84										
		90	-	±0,53										
		>200	4,04 ±0,18											
					3,72 ±0,14									
Winter	1	15						2,49 ±0,09			2,21 ±0,15			
		30	3,09 ±0,25	2,78 ±0,29		2,23 ±0,22		2,00	-		2,68 ±0,21			
		60	3,14 ±0,11				2,43 ±0,32							
		90	3,26 ±0,20	2,70	2,50 ±0,16							2,66 ±0,09		
		150			2,62									
		>200		2,17	3,14 ±0,35							2,66	2,20	
	2	30	3,67 ±0,32											
		60		3,09									2,71 ±0,36	
		90	3,90 ±0,17							3,74			3,75 ±0,16	
		150			3,35	4,07								
		>200				-	-							
						3,85 ±0,53	3,81 ±0,11							

Generell ist in den meisten Fällen zu erkennen, dass das Trophielevel der Tintenfische mit Zunahme der DML steigt und in Abhängigkeit von der jeweiligen Art im Mittel zwischen 2,00 und 4,24 ( $\pm 0,13$ ) liegt. Dabei stehen die Kalmare tendenziell höher im Nahrungsnetz als die Sepiidae und Sepiolidae. In Abhängigkeit ihrer DML erreichen die

Loliginidae ein trophisches Level zwischen 2,50 ( $\pm 0,16$ ) und 4,24 ( $\pm 0,13$ ), die Ommastrephiden zwischen 2,17 und 3,75 ( $\pm 0,16$ ) und die Sepioliden zwischen 2,00 und 2,49 ( $\pm 0,09$ ).

### 2.3.13 Möglicher Einfluss zweier Tintenfischarten im Nahrungsnetz

Um den möglichen „Top-Down“-Effekt von *A. subulata* und *L. forbesi* berechnen zu können, wurde zuerst die tägliche Konsumptionsrate beider Arten berechnet. Dazu wurden die erzielten Ergebnisse aus dem ersten Teil dieser Arbeit mit Literaturdaten ergänzt und verrechnet. Mit den Ergebnissen aus dem zweiten Teil konnte dann der Fraßdruck auf die einzelnen Beuteklassen und Fischtaxa bestimmt werden.

#### 2.3.13.1 *Alloteuthis subulata*

In der Tabelle 2.50 sind die jeweiligen Längenklassen der Art *A. subulata* und der dazugehörige prozentuale Anteil der verschiedenen Beuteklassen dargestellt (siehe auch, Abb. 2.2).

**Tabelle 2.50**

*Alloteuthis subulata*. Größenklassen mit prozentualer Beuteklasse für die gesamte Nordsee im Sommer und Winter. Mit \* versehene Daten wurden abgeschätzt.

Größenklasse DML (mm)	Anteil der jeweiligen Beuteklasse (%)			
	Polychaeta	Crustacea	Cephalopoda	Pisces
0 - 5	0,00	0,00	0,00	0,00
6 - 10	0,00	0,00	0,00	0,00
11 - 15	0,00	100,00*	0,00	0,00
16 - 20	0,00	100,00*	0,00	0,00
21 - 25	0,00	100,00	0,00	0,00
26 - 30	0,00	100,00	0,00	0,00
31 - 35	0,00	77,78	11,11	11,11
36 - 40	12,50	50,00	6,25	31,25
41 - 45	11,43	71,43	11,43	5,71
46 - 50	21,88	56,25	4,69	17,19
51 - 55	11,54	46,15	5,13	37,18
56 - 60	14,85	38,61	13,86	32,67
61 - 65	9,72	40,28	9,72	40,28
66 - 70	7,06	38,82	10,59	43,53

**Fortsetzung Tabelle 2.50**

Größenklasse DML (mm)	Anteil der jeweiligen Beuteklasse (%)			
	Polychaeta	Crustacea	Cephalopoda	Pisces
71 - 75	3,95	34,21	11,84	50,00
76 - 80	2,35	41,18	12,94	43,53
81 - 85	0,00	36,23	5,80	57,97
86 - 90	2,50	37,50	5,00	55,00
91 - 95	3,03	33,33	9,09	54,55
96 - 100	0,00	10,00	30,00	60,00
101 - 105	5,56	16,67	27,78	50,00
106 - 110	0,00	25,00	0,00	75,00
111 - 115	0,00	50,00	0,00	50,00
116 - 120	100,00	0,00	0,00	0,00
121 - 125	0,00	20,00	40,00	40,00
126 - 130	0,00	0,00	0,00	100,00
131 - 135	0,00	0,00	0,00	100,00
136 - 140	0,00	0,00	0,00	100,00
141 - 145	0,00	0,00	50,00*	50,00*
146 - 150	0,00	0,00	50,00*	50,00*
151 - 155	0,00	0,00	100,00	0,00
156 - 160	0,00	0,00	50,00*	50,00*

Verrechnet man die prozentualen Anteile der einzelnen Beuteklassen der Mageninhaltsuntersuchung mit der Gesamtanzahl nach dem Kriging-Verfahren, so erhält man die Tabelle 2.51. Es ist zu erkennen, wie schon im Teil zuvor beschrieben, dass die größeren Tiere einen größeren Top-Down Einfluss auf die Fische und Tintenfische hatten.

**Tabelle 2.51**

*Alloteuthis subulata*. Gesamtanzahl der Tiere (in tausend) der gesamten Nordsee und entsprechender Beuteklasse nach dem Kriging-Verfahren im Sommer und Winter. Poly.: Polychaeta; Crust.: Crustacea; Ceph.:Cephalopoda.

Größenklasse DML (mm)	Sommer				Winter			
	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces
0 - 5	0	0	0	0	0	0	0	0
6 - 10	0	0	0	0	0	351	0	0
11 - 15	0	471	0	0	0	0	0	0
16 - 20	0	6.357	0	0	0	703	0	0
21 - 25	0	8.335	0	0	0	3.864	0	0
26 - 30	0	6.970	0	0	0	29.508	0	0
31 - 35	0	2.894	413	413	0	55.737	7.962	7.962
36 - 40	1.048	4.191	524	2.620	19.716	78.863	9.858	49.290

Fortsetzung Tabelle 2.51

Größenklasse DML (mm)	Sommer				Winter			
	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces
41 - 45	1.900	11.874	1.900	950	27.541	172.129	27.541	13.770
46 - 50	4.110	10.569	881	3.229	75.998	195.424	16.285	59.713
51 - 55	3.075	12.302	1.367	9.910	40.127	160.510	17.834	129.300
56 - 60	4.595	11.947	4.289	10.109	53.736	139.714	50.154	118.219
61 - 65	3.310	13.714	3.310	13.714	27.561	114.182	27.561	114.182
66 - 70	2.383	13.109	3.575	14.698	17.035	93.694	25.553	105.050
71 - 75	1.307	11.326	3.920	16.553	6.379	55.281	19.136	80.795
76 - 80	728	12.740	4.004	13.468	2.728	47.733	15.002	50.461
81 - 85	0	10.749	1.720	17.199	0	26.474	4.236	42.358
86 - 90	610	9.148	1.220	13.417	1.115	16.730	2.231	24.537
91 - 95	509	5.604	1.528	9.170	884	9.719	2.651	15.904
96 - 100	0	1.097	3.292	6.583	0	1.300	3.899	7.799
101 - 105	366	1.099	1.831	3.296	546	1.639	2.732	4.918
106 - 110	0	1.118	0	3.355	0	790	0	2.371
111 - 115	0	1.766	0	1.766	0	1.229	0	1.229
116 - 120	2.637	0	0	0	351	0	0	0
121 - 125	0	358	716	716	0	492	984	984
126 - 130	0	0	0	1.601	0	0	0	1.054
131 - 135	0	0	0	989	0	0	0	351
136 - 140	0	0	0	235	0	0	0	351
141 - 145	0	0	118	118	0	0	0	0
146 - 150	0	0	24	24	0	0	176	176
151 - 155	0	0	0	0	0	0	351	0
156 - 160	0	0	24	24	0	0	0	0
Gesamt	26.580	157.737	34.655	144.156	273.717	1.206.065	234.145	830.774

Mit den in der Tabelle 2.51 verwendeten Werten konnte die tägliche Konsumptionsrate der Gesamtanzahl von *A. subulata* berechnet werden. Demnach fressen im Sommer alle *A. subulata* in der gesamten Nordsee insgesamt 4.323 kg Polychaeta, 97.383 kg Crustacea, 31.167 kg Cephalopoda und 105.902 kg Pisces täglich. Im Winter dagegen ist der Fraßdruck ausgehend von *A. subulata* auf die einzelnen Beuteklassen wesentlich stärker, da auch die Gesamtanzahl an *A. subulata* wesentlich höher ist. So werden täglich 25.583 kg Polychaeta, 487.961 kg Crustacea, 123.323 kg Cephalopoda und 360.859 kg Pisces von *A. subulata* gefressen. Wie schon zuvor beschrieben unterliegen im Sommer die Fische dem größten Fraßdruck, gefolgt von den Crustaceen und Cephalopoden. Im Winter dagegen unterliegen die Crustaceen dem größten Fraßdruck und ihnen folgen die Fische und Polychaeten (Tab. 2.52). Hierbei wurde jeweils nur der prozentuale Anteil der jeweiligen Beuteklassen betrachtet.

**Tabelle 2.52**

*Alloteuthis subulata*. Tägliche Konsumptionsrate in kg für die nach dem Kriging-Verfahren interpolierte Gesamtanzahl von *A. subulata* für die einzelnen Beuteklassen, aufgeteilt in Größenklassen und Gesamt im Sommer und Winter. Poly.: Polychaeta; Crust.: Crustacea; Ceph.: Cephalopoda.

Größenklasse DML (mm)	Sommer				Winter			
	tägl. Konsumptionsrate in kg				tägl. Konsumptionsrate in kg			
	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces
0 – 5	0	0	0	0	0	0	0	0
6 – 10	0	0	0	0	0	9	0	0
11 – 15	0	27	0	0	0	0	0	0
16 – 20	0	599	0	0	0	51	0	0
21 – 25	0	1.140	0	0	0	411	0	0
26 – 30	0	1.284	0	0	0	4.239	0	0
31 – 35	0	684	108	84	0	10.280	1.631	1.258
36 – 40	73	1.225	170	656	1.079	18.021	2.502	9.649
41 – 45	160	4.183	743	287	1.818	47.451	8.433	3.252
46 – 50	409	4.395	407	1.150	5.929	63.656	5.892	16.662
51 – 55	356	5.939	733	4.099	3.638	60.761	7.499	41.929
56 – 60	609	6.607	2.635	4.789	5.585	60.636	24.178	43.951
61 – 65	497	8.590	2.303	7.359	3.247	56.175	15.061	48.121
66 – 70	401	9.213	2.791	8.848	2.254	51.754	15.678	49.708
71 – 75	245	8.857	3.406	11.089	940	34.004	13.075	42.573
76 – 80	151	11.009	3.843	9.969	444	32.465	11.333	29.399
81 – 85	0	10.200	1.813	13.980	0	19.785	3.516	27.117
86 – 90	151	9.480	1.404	11.910	218	13.663	2.024	17.166
91 – 95	137	6.311	1.912	8.847	188	8.631	2.615	12.099
96 – 100	0	1.337	4.456	6.873	0	1.250	4.165	6.424
101 – 105	115	1.443	2.672	3.709	136	1.700	3.147	4.369
106 – 110	0	1.578	0	4.055	0	881	0	2.263
111 – 115	0	2.667	0	2.285	0	1.468	0	1.257
116 – 120	1.018	0	0	0	107	0	0	0
121 – 125	0	614	1.365	1.052	0	668	1.483	1.144
126 – 130	0	0	0	2.500	0	0	0	1.302
131 – 135	0	0	0	1.636	0	0	0	460
136 – 140	0	0	0	412	0	0	0	487
141 – 145	0	0	282	217	0	0	0	0
146 – 150	0	0	59	46	0	0	351	271
151 – 155	0	0	0	0	0	0	738	0
156 – 160	0	0	65	51	0	0	0	0
Gesamt	4.323	97.383	31.167	105.902	25.583	487.961	123.323	360.859

Multipliziert man den prozentualen Anteil der einzelnen Fischtaxa, die gefunden wurden (Tab. 2.5), mit dem Anteil der Fische aus der Tabelle 2.52, so erhält man den Fraßdruck von *A. subulata* auf die einzelnen Fischtaxa (Tab. 2.53). Demnach werden Gobiidae sowohl im Sommer als auch im Winter mit 89.181 kg bzw. 195.059 kg täglich am

meisten gefressen. Clupeidae und Gadidae wurden dagegen im Sommer als auch im Winter mit unter 2.500 kg eher selten gefressen.

**Tabelle 2.53**

*Alloteuthis subulata*. Prozentualer Anteil der Fischtaxa und berechnete tägl. Konsumtion in kg der einzelnen Fischtaxa im Sommer und Winter.

Sommer	Fischtaxa	prozentualer Anteil	tägl. Konsumptionsrate (kg)
	Gobiidae	84,21	89.181
	unid. Pisces	12,63	13.377
	Ammodytidae	1,05	1.115
	Clupeidae	1,05	1.115
	Gadidae	1,05	1.115
<hr/>			
Winter			
	Gobiidae	54,05	195.059
	unid. Pisces	40,54	146.294
	Ammodytidae	4,73	17.068
	Clupeidae	0,00	0
	Gadidae	0,68	2.438

## Fazit

Schlussfolgernd lässt sich berichten, dass die Verrechnung mit der abgeschätzten Bestandsanzahl und den dazugehörigen DML-Längenklassen die Reihenfolge der Beutetaxa aus der Tab. 2.3, zu der ermittelt wurde mit welchem prozentualen Anteil die jeweilige Beuteklasse im Magen vertreten waren, nicht verändert hat. Zusätzlich wurde erkannt, dass *A. subulata* mit insgesamt abgeschätzten 105.903 kg Fisch, den sie im Januar/Februar täglich fressen, und 360.859 kg, welche sie im August täglich konsumieren, einen erheblichen Fraßdruck auf die Fischfauna ausgeübt haben. Allerdings war der Fraßdruck von *A. subulata* auf kommerziell wichtige Nutzfischarten im Verhältnis zu den anderen Arten eher gering. So wurden überwiegend Gobiidae gefressen, während die Gadidae und Clupeidae einen verhältnismäßig kleinen Anteil ausmachten. Den größten Fraßdruck, mit 487.961 kg täglich, übte *A. subulata* im Winter auf die Crustaceen aus.

### 2.3.13.2 *Loligo forbesi*

In der Tabelle 2.54 sind die jeweiligen Längenklassen von *L. forbesi* mit den prozentualen Anteilen der jeweiligen Beuteklasse dargestellt. Wie schon zuvor beschrieben, nimmt der Anteil der Fische und Tintenfische mit zunehmender DML zu. Verrechnet man den Anteil der Tintenfische mit der Gesamtanzahl der Tiere nach dem Kriging-Verfahren, so erhält man die Anzahl an Tieren, die sich von den jeweiligen Beuteklassen ernährt haben.

**Tabelle 2.54**

*Loligo forbesi*. Größenklassen mit prozentualer Beuteklasse für die gesamte Nordsee im Sommer und Winter. Mit \* versehene Daten wurden abgeschätzt.

Größenklasse DML (mm)	Anteil der jeweiligen Beuteklasse			
	Polychaeta	Crustacea	Cephalopoda	Pisces
0 - 10	0,00	0,00	0,00	0,00
11 - 20	10,00*	80,00*	10,00*	0,00
21 - 30	20,00	60,00	20,00	0,00
31 - 40	17,65	52,94	0,00	29,41
41 - 50	9,09	54,55	0,00	36,36
51 - 60	0,00	61,90	0,00	38,10
61 - 70	4,17	45,83	0,00	50,00
71 - 80	4,62	58,46	1,54	35,38
81 - 90	6,82	61,36	0,00	31,82
91 - 100	4,35	45,65	0,00	50,00
101 - 110	7,41	37,04	3,70	51,85
111 - 120	0,00	33,33	0,00	66,67
121 - 130	0,00	38,10	0,00	61,90
131 - 140	0,00	38,46	7,69	53,85
141 - 150	4,76	23,81	9,52	61,90
151 - 160	0,00	22,73	4,55	72,73
161 - 170	0,00	22,22	22,22	55,56
171 - 180	0,00	13,04	30,43	56,52
181 - 190	0,00	12,50	25,00	62,50
191 - 200	0,00	18,75	18,75	62,50
201 - 210	0,00	5,88	17,65	76,47
211 - 220	0,00	12,50	25,00	62,50
221 - 230	0,00	0,00	10,00	90,00
231 - 240	8,33	8,33	16,67	66,67
241 - 250	0,00	25,00	25,00	50,00
251 - 260	0,00	16,67	0,00	83,33
261 - 270	0,00	0,00	50,00	50,00
271 - 280	0,00	0,00	50,00	50,00
281 - 290	0,00	0,00	57,14	42,86

Fortsetzung Tabelle 2.54

Größenklasse DML (mm)	Anteil der jeweiligen Beuteklasse			
	Polychaeta	Crustacea	Cephalopoda	Pisces
291 - 300	0,00	0,00	0,00	100,00
301 - 310	0,00	20,00	40,00	40,00
311 - 320	0,00	0,00	33,33	66,67
321 - 330	0,00	0,00	33,33	66,67
331 - 340	0,00	0,00	0,00	100,00
341 - 350	0,00	0,00	50,00	50,00
351 - 360	0,00	50,00	0,00	50,00
361 - 370	0,00	0,00	0,00	100,00
371 - 380	0,00	0,00	33,33	66,67
381 - 390	0,00	0,00	0,00	100,00
391 - 400	0,00	0,00	0,00	100,00
401 - 410	0,00	0,00	0,00	100,00
411 - 420	0,00	0,00	0,00	100,00
421 - 430	0,00	0,00	0,00	0,00
431 - 440	0,00	0,00	0,00	0,00
441 - 450	0,00	0,00	0,00	0,00
451 - 460	0,00	0,00	0,00	0,00
461 - 470	0,00	0,00	0,00	0,00
471 - 480	0,00	0,00	0,00	100,00
481 - 490	0,00	0,00	0,00	0,00
491 - 500	0,00	0,00	0,00	100,00
501 - 510	0,00	0,00	0,00	0,00
511 - 520	0,00	0,00	0,00	100,00

Wie schon bei den prozentualen Anteilen beschrieben, nahm die Anzahl der Tintenfische, die sich von Fischen und Cephalopoden ernährten, mit zunehmender DML zu. Auch die Tatsache, dass im Winter mehr Tiere in der Nordsee vorkamen, spiegelt sich in der Tabelle 2.55 wider.

Tabelle 2.55

*Loligo forbesi*. Gesamtanzahl der Tiere (in tausend) der gesamten Nordsee und entsprechender Beuteklasse nach dem Kriging-Verfahren im Sommer und Winter. Poly.: Polychaeta; Crust.: Crustacea; Ceph.: Cephalopoda

Größenklasse DML (mm)	Sommer				Winter			
	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces
0 - 10	0	0	0	0	0	0	0	0
11 - 20	11	88	11	0	0	0	0	0
21 - 30	44	132	44	0	1.147	3.440	1.147	0
31 - 40	273	818	0	454	2.924	8.772	0	4.873
41 - 50	742	4.453	0	2.968	800	4.797	0	3.198

Fortsetzung Tabelle 2.55

Größenklasse DML (mm)	Sommer				Winter			
	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces
51 - 60	0	4.917	0	3.026	0	2.868	0	1.765
61 - 70	400	4.399	0	4.799	44	486	0	530
71 - 80	601	7.610	200	4.606	36	459	12	278
81 - 90	782	7.040	0	3.650	107	964	0	500
91 - 100	350	3.676	0	4.026	82	860	0	942
101 - 110	351	1.757	176	2.460	288	1.440	144	2.016
111 - 120	0	919	0	1.839	0	1.623	0	3.246
121 - 130	0	925	0	1.502	0	1.406	0	2.285
131 - 140	0	424	85	594	0	997	199	1.395
141 - 150	42	210	84	546	120	598	239	1.556
151 - 160	0	25	5	80	0	598	120	1.913
161 - 170	0	98	98	245	0	428	428	1.069
171 - 180	0	14	34	62	0	333	777	1.443
181 - 190	0	55	110	276	0	265	530	1.325
191 - 200	0	21	21	69	0	309	309	1.031
201 - 210	0	6	19	84	0	65	194	841
211 - 220	0	41	83	207	0	93	187	466
221 - 230	0	0	11	99	0	0	82	742
231 - 240	9	9	18	74	39	39	79	314
241 - 250	0	110	110	221	0	118	118	236
251 - 260	0	37	0	184	0	105	0	524
261 - 270	0	0	0	0	0	0	177	177
271 - 280	0	0	110	110	0	0	39	39
281 - 290	0	0	126	95	0	0	202	151
291 - 300	0	0	0	221	0	0	0	275
301 - 310	0	0	0	0	0	47	94	94
311 - 320	0	0	0	0	0	0	79	157
321 - 330	0	0	0	0	0	0	118	236
331 - 340	0	0	0	0	0	0	0	275
341 - 350	0	0	0	0	0	0	98	98
351 - 360	0	55	0	55	0	20	0	20
361 - 370	0	0	0	0	0	0	0	39
371 - 380	0	0	0	0	0	0	26	52
381 - 390	0	0	0	0	0	0	0	79
391 - 400	0	0	0	0	0	0	0	79
401 - 410	0	0	0	0	0	0	0	39
411 - 420	0	0	0	0	0	0	0	39
421 - 430	0	0	0	0	0	0	0	39
431 - 440	0	0	0	0	0	0	0	39
441 - 450	0	0	0	0	0	0	0	0
451 - 460	0	0	0	0	0	0	0	0
461 - 470	0	0	0	0	0	0	0	0
471 - 480	0	0	0	0	0	0	0	79
481 - 490	0	0	0	0	0	0	0	0

**Fortsetzung Tabelle 2.55**

Größenklasse DML (mm)	Sommer				Winter			
	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces
491 - 500	0	0	0	0	0	0	0	39
501 - 510	0	0	0	0	0	0	0	0
511 - 520	0	0	0	0	0	0	0	39
Gesamt	3.605	37.840	1.346	32.552	5.586	31.129	5.396	34.571

Den Berechnungen nach fraßen alle *L. forbesi* im gesamten Nordseegebiet im Sommer täglich 2.090 kg Polychaeta, 108.546 kg Crustacea, 27.288 kg Cephalopoda und 133.290 kg Pisces. Demnach bestand der größte Fraßdruck auf den Fischen, gefolgt von den Crustacea. Polychaeten nahmen einen kleineren Anteil ein (Tab. 2.56).

Im Winter wurde von allen in der Nordsee lebenden *L. forbesi* 1.246 kg Polychaeta, 84.082 kg Crustacea, 90.968 kg Cephalopoda und 294.731 kg Pisces gefressen. Demnach bestand, wie schon im Sommer, der größte Fraßdruck auf den Fischen. Während aber die Crustaceen im Sommer dem zweitgrößten Fraßdruck unterlagen, war es im Winter die Gruppe der Cephalopoda, gefolgt von den Crustacea. Polychaeta nahmen, wie schon im Sommer, nur einen geringen Anteil ein.

**Tabelle 2.56**

*Loligo forbesi*. Tägliche Konsumptionsrate in kg für die nach dem Kriging-Verfahren interpolierte Gesamtanzahl von *L. forbesi* für die einzelnen Beuteklassen, aufgeteilt in Größenklassen und Gesamt im Sommer und Winter. Poly.: Polychaeta; Crust.: Crustacea; Ceph.: Cephalopoda.

Größenklasse DML (mm)	Sommer				Winter			
	tägl. Konsumptionsrate in kg				tägl. Konsumptionsrate in kg			
	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces
0 - 10	0	0	0	0	0	0	0	0
11 - 20	0	7	1	0	0	0	0	0
21 - 30	2	26	9	0	41	519	192	0
31 - 40	27	335	0	159	225	2.813	0	1.339
41 - 50	128	3.195	0	1.824	108	2.706	0	1.545
51 - 60	0	5.527	0	2.914	0	2.542	0	1.340
61 - 70	157	7.191	0	6.720	14	628	0	587
71 - 80	324	17.156	501	8.895	16	820	24	425
81 - 90	560	21.031	0	9.342	61	2.287	0	1.016
91 - 100	322	14.109	0	13.237	60	2.629	0	2.466
101 - 110	405	8.450	939	10.134	265	5.523	613	6.623
111 - 120	0	5.429	0	9.302	0	7.659	0	13.121
121 - 130	0	6.593	0	9.177	0	8.025	0	11.171

Fortsetzung Tabelle 2.56

Größenklasse DML (mm)	Sommer				Winter			
	tägl. Konsumptionsrate in kg				tägl. Konsumptionsrate in kg			
	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces	Poly.	Crust.	Ceph.	Pisces
131 - 140	0	3.601	800	4.319	0	6.781	1.506	8.133
141 - 150	100	2.097	932	4.670	230	4.793	2.130	10.675
151 - 160	0	291	65	798	0	5.579	1.239	15.293
161 - 170	0	1.312	1.457	2.809	0	4.604	5.113	9.859
171 - 180	0	220	570	816	0	4.102	10.631	15.226
181 - 190	0	957	2.125	4.097	0	3.710	8.241	15.890
191 - 200	0	404	449	1.155	0	4.884	5.425	13.946
201 - 210	0	142	474	1.583	0	1.146	3.819	12.761
211 - 220	0	1.010	2.244	4.326	0	1.844	4.096	7.897
221 - 230	0	0	332	2.303	0	0	2.011	13.955
231 - 240	66	275	611	1.884	228	953	2.116	6.529
241 - 250	0	3.628	4.029	6.215	0	3.146	3.495	5.390
251 - 260	0	1.325	0	5.674	0	3.067	0	13.136
261 - 270	0	0	0	0	0	0	6.282	4.845
271 - 280	0	0	5.246	4.045	0	0	1.521	1.173
281 - 290	0	0	6.505	3.763	0	0	8.494	4.913
291 - 300	0	0	0	9.500	0	0	0	9.656
301 - 310	0	0	0	0	0	2.087	4.637	3.576
311 - 320	0	0	0	0	0	0	4.163	6.422
321 - 330	0	0	0	0	0	0	6.714	10.355
331 - 340	0	0	0	0	0	0	0	12.960
341 - 350	0	0	0	0	0	0	6.425	4.955
351 - 360	0	4.237	0	3.630	0	1.236	0	1.059
361 - 370	0	0	0	0	0	0	0	2.259
371 - 380	0	0	0	0	0	0	2.079	3.207
381 - 390	0	0	0	0	0	0	0	5.113
391 - 400	0	0	0	0	0	0	0	5.427
401 - 410	0	0	0	0	0	0	0	2.876
411 - 420	0	0	0	0	0	0	0	3.044
421 - 430	0	0	0	0	0	0	0	3.217
431 - 440	0	0	0	0	0	0	0	3.396
441 - 450	0	0	0	0	0	0	0	0
451 - 460	0	0	0	0	0	0	0	0
461 - 470	0	0	0	0	0	0	0	0
471 - 480	0	0	0	0	0	0	0	8.336
481 - 490	0	0	0	0	0	0	0	0
491 - 500	0	0	0	0	0	0	0	4.589
501 - 510	0	0	0	0	0	0	0	0
511 - 520	0	0	0	0	0	0	0	5.033
Gesamt	2.090	108.546	27.288	133.290	1.246	84.082	90.968	294.731

Betrachtet man den prozentualen Anteil der Fische, die gefressen wurden, und verrechnet ihn mit der Gesamtanzahl an Fischbeute, so erhält man die Tabelle 2.57. Daraus ist zu erkennen, dass im Sommer die kommerziellen Arten wie *C. harengus* (849 kg),

*M. merlangus* (7.075 kg), *P. virens* (849 kg) und auch *H. hippoglossus* (849 kg) zwar gefressen wurden, aber der Fraßdruck auf andere Fischarten wesentlich höher war. So beträgt die tägliche Konsumptionsrate für *C. linearis* beispielsweise 3.962 kg. Generell stehen die Ammyditidae (15.707 kg) und Gobiidae (84.055 kg) unter der größten „Top-Down“ Kontrolle.

Im Winter dagegen war der Anteil der kommerziell wichtigen Nutzfischarten höher. So wurden täglich 5.125 kg *C. harengus* und 1.601 kg *S. sprattus* gefressen. Auch unter den Gadidae, die mit Abstand am häufigsten gefressen wurden (85.198 kg tägl.), waren kommerziell wichtige Nutzfischarten wie *G. morhua* (1.601 kg), *M. aeglefinus* (3.563 kg), *M. merlangus* (8.648 kg) und *P. polachius* (1.601 kg) vertreten.

**Tabelle 2.57**

*Loligo forbesi*. Prozentualer Anteil der Fischtaxa und berechnete tägl. Konsumtion in kg der einzelnen Taxa im Sommer und Winter.

Familie	Art	Sommer		Winter	
		Anteil (%)	tägl. Konsumptionsrate (kg)	Anteil (%)	tägl. Konsumptionsrate (kg)
Ammodytidae	<i>Ammodytes tobianus</i>			0,5	1.474
	Ammodytes unid.	11,1	14.795	5,4	15.915
	<b>Ammodytidae Gesamt</b>	<b>11,1</b>	<b>14.795</b>	<b>6</b>	<b>17.684</b>
Argentinidae	<i>Argentina sphyraena</i>			1,6	4.716
	Argentinidae unid.			0,5	1.474
	<b>Argentinidae Gesamt</b>			<b>2,2</b>	<b>6.484</b>
Bothidae	<i>Scophthalmus rhombus</i>	0,6	800		
Clupeidae	<i>Clupea harengus</i>	0,6	800	1,6	4.716
	<i>Sprattus sprattus</i>			0,5	1.474
	Clupeidae unid.	1,7	2.266	1,1	3.242
	<b>Clupeidae Gesamt</b>	<b>2,2</b>	<b>2.932</b>	<b>3,3</b>	<b>9.726</b>
Callionymidae	<i>Callionymus maculatus</i>			0,5	1.474
	<i>Callionymus lyra</i>			0,5	1.474
	<i>Callionymus</i> sp.			0,5	1.474
	<b>Callionymidae Gesamt</b>			<b>1,6</b>	<b>4.716</b>
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	<b>0,6</b>	<b>800</b>		
Gobiidae	<i>Aphia minuta</i>			0,5	1.474
	<i>Crystallogobius linearis</i>	2,8	3.732		
	<i>Pomatoschistus lozanoi</i>			0,5	1.474
	Gobiidae unid.	56,7	75.576	7,6	22.400
	<b>Gobiidae Gesamt</b>	<b>59,4</b>	<b>79.174</b>	<b>8,7</b>	<b>25.642</b>
Gadidae	<i>Gadiculus argenteus</i>			2,7	7.958
	<i>Gadus morhua</i>			0,5	1.474
	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>			1,1	3.242
	<i>Merlangius merlangus</i>	5	6.665	2,7	7.958

Fortsetzung Tabelle 2.57

Familie	Art	Sommer		Winter	
		Anteil (%)	Konsumptionsrate (tägl. (kg))	Anteil (%)	Konsumptionsrate (tägl. (kg))
	<i>Polachius polachius</i>			0,5	1.474
	<i>Polachius virens</i>	0,6	800		
	<i>Trisopterus esmarkii</i>	0,6	800	5,4	15.915
	<i>Trisopterus</i> sp.	2,8	3.732	9,8	28.884
	Gadidae unid.	0,6	800	3,8	11.200
	<b>Gadidae Gesamt</b>	<b>9,4</b>	<b>12.529</b>	<b>26,6</b>	<b>78.398</b>
Pleuronectidae	<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	0,6	800	0,5	1.474
	<i>Hippoglossoides platessoides</i>			0,5	1.474
	Pleuronectidae unid.			0,5	1.474
	<b>Pleuronectidae Gesamt</b>	<b>0,6</b>	<b>800</b>	<b>1,6</b>	<b>4.716</b>
Osmeridae	<i>Mallotus villosus</i>			<b>1,6</b>	<b>4.716</b>
Scombridae	<i>Scomber scombrus</i>			<b>2,7</b>	<b>7.958</b>
	<b>Pisces unid.</b>	<b>16,1</b>	<b>21.460</b>	<b>45,7</b>	<b>134.692</b>

### Fazit

Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass, im Gegensatz zu den Ergebnissen bei *A. subulata*, die Verrechnung mit der abgeschätzten Bestandsgröße und den dazugehörigen Längen einen Unterschied in der Reihenfolge der Beuteklassen, im Vergleich zu den Ergebnissen aus der Tabelle 2.12, ergibt. So wurde zuvor nur auf Grundlage der Anteile der Mageninhaltsuntersuchung im Sommer festgestellt, dass am häufigsten Crustaceen, gefolgt von Pisces und Polychaeten gefressen wurden. In Abhängigkeit der Längensklassenverteilung und der abgeschätzten Bestandsgröße ändert sich diese Reihenfolge, da *L. forbesi* nun im Sommer am häufigsten Pisces (tägl. 133.290 kg), gefolgt von Crustaceen (tägl. 108.546 kg) und Cephalopoden (tägl. 27.288 kg) gefressen hat. Auch im Winter unterscheiden sich die Ergebnisse innerhalb dieses Vergleichs. So war der Anteil der im Magen enthaltenen Pisces am größten, gefolgt von den Crustaceen und Cephalopoden. Nach den hier errechneten Ergebnissen jedoch haben alle *L. forbesi* der Nordsee im Winter am häufigsten Fische (tägl. 294.731 kg), gefolgt von Tintenfischen (tägl. 90.968 kg) und Crustaceen (tägl. 84.082 kg) gefressen.

Während *A. subulata* kaum kommerziell wichtige Nutzfischarten gefressen hat, ernährte sich *L. forbesi* gerade im Winter von vielen Nutzfischarten. So wurden täglich über neun

Tonnen Clupeidae und über 78 Tonnen Gadidae gefressen, worunter die Arten *G. morhua*, *P. polachius*, *M. aeglefinus* und *M. merlangus* fallen.

## 2.4 Diskussion

### Nahrungsökologie der Nordsee-Tintenfische

Wie die Ergebnisse im ersten Kapitel zeigen, sind die Tintenfischbestände in den letzten Jahren nicht nur weltweit, sondern auch in der Nordsee angestiegen. Sowohl als Prädatoren als auch als Gejagte besitzen sie eine wichtige Position im Nahrungsnetz, und können dieses in alle Richtungen beeinflussen (Klages, 1996; Rodhouse & Nigmatullin, 1996; Caddy & Rodhouse, 1998; Santos & Haimovici, 1998; Piatkowski et al., 2001; Gasalla et al., 2010). Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit wurde daher mit Hilfe optischer Mageninhaltsanalysen und Messungen stabiler Isotope, der Einfluss der Tintenfische auf das Nahrungsnetz der Nordsee, insbesondere auf die Fischfauna untersucht.

#### 2.4.1 Allgemein

Der Vorteil der „klassischen“ Mageninhaltsuntersuchung gegenüber der „modernerer“ Methode der Messung stabiler Isotopen, ist die Möglichkeit der artgenauen Identifikation der Beute. Sie bietet daher die Chance das Beutespektrum der Tiere genau zu beschreiben. Allerdings entstehen durch die Fragmentierung der Beute durch den Schnabel der Tintenfische, die schnelle Verdauung und den Netzfraß Probleme bei der optischen Mageninhaltsuntersuchung (Pierce et al., 1994b). So können die Tintenfische durch den Netzfraß an Beute gelangen, die sie in der freien Natur nicht fangen könnten. Durch den Schnabel werden die meisten Bestimmungsmerkmale, vor allem die der Crustaceen, aber auch die der Fischwirbel beschädigt, wobei die starken Verdauungssäfte die restlichen Überbleibsel zersetzen. Zudem kann nicht unterschieden werden, ob die gefundenen Mageninhalte direkt zur Beute gehören, oder indirekt über die gefressene Beute in den Magen gelangt sind.

Hinzu kommt, wie bereits Pierce et al. (1994b) beschrieben, dass die artgenaue Bestimmung der Otolithen und Schnäbel von juvenilen Fischen und juvenilen

Tintenfischen aufgrund der noch nicht ausgeprägten morphologischen Merkmale, auf die sich die verfügbaren Bestimmungsschlüssel berufen, problematisch ist.

Dennoch konnten anhand der gefundenen Fischwirbel, -otolithen und Tintenfischschnäbel verschiedenste Arten identifiziert werden. Porteiro et al. (1990) konnten auf den Azoren zeigen, dass in Gefangenschaft gehaltene *L. forbesi* den Kopf kleiner Fische mit fressen, diesen aber bei größeren Tieren verschmähen. Dies könnte ebenfalls zu einer Unterbewertung größerer Fische führen. Beobachtungen aus dieser Studie zeigten, dass in den Mägen größerer Tintenfische oft nur große Gräten, aber keine Wirbel oder Otolithen gefunden wurden, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Köpfe ebenfalls verschmät wurden, und die maximal berechneten Längen der gefundenen Fischbeute pro Tintenfischart kleiner ist, als die in der Natur zu Erwartende.

Aufgrund der Zerkleinerung mit dem Schnabel und der Zersetzung durch die Verdauungssäfte war es nicht möglich, die Crustaceenreste auf Artniveau zu bestimmen (D. Brandis, T. Neudecker, H. Neumann, G. Pierce, pers. Mittlg.). Lediglich genetische Untersuchungen hätten eine exakte Bestimmung ermöglicht. Diese aber waren in dem finanziellen Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

Aufgrund der schnellen Verdauung der Weichteile von z. B. Tintenfischen sind die Hartteile, wie Knochenreste oder Otolithen anderer Beutetiere übervertreten, so dass der Mageninhalt nicht quantitativ bestimmt werden kann.

Daher wurde der prozentuale Anteil der gefundenen Beuteklassen anhand der Anzahl gefundener Beuteklassen in den Mägen berechnet. Um jedoch den Fraßdruck der Tiere auf die einzelnen Beute- oder Fischtaxa zu bestimmen, wurde die Konsumptionsrate berechnet und mit den zuvor erzielten Ergebnissen verrechnet.

Im Vergleich mit verschiedenen Arbeiten, in Bezug auf den prozentualen Anteil der gefundenen Beute der einzelnen Arten, ist zu beachten, dass manche Arbeiten Nematoden, die sicherlich nicht als Beute, sondern als Parasiten betrachtet werden sollten, aber auch Sand in die prozentuale Berechnung der Beuteanteile mit einbeziehen. In dieser Arbeit wurden diese Anteile ebenfalls mit eingerechnet, wodurch die Anteile der Mageninhalte einfacher aufgelistet und verglichen werden konnten, so dass die Bezeichnung „Anteil der Beutetaxa“ vorsichtig zu interpretieren ist, aber weiterhin verwendet wird.

Betrachtet man die Ergebnisse der Isotopenzusammensetzung der Tintenfische isoliert, so können auf den ersten Blick keine Tendenzen festgestellt werden. Selbst bestehende Lehrmeinungen, die besagen, dass der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert mit einer höheren Trophie ansteigt, konnten so nicht überall nachgewiesen werden. Denn demnach müssten die größeren Tintenfische, die nach den zuvor erzielten Ergebnissen in der Trophieebene höher stehen, auch einen höheren  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert aufweisen. Veröffentlichte Literaturdaten zeigen, dass mit einem Anstieg der DML ebenfalls die  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwerte ansteigen und sich somit das Trophielevel erhöht (Guerra et al., 2010). Betrachtet man allerdings die Jahre, Quartale und RFAs separat für die einzelnen Arten, so weisen die Ergebnisse der Isotopenmessung in den meisten Fällen den zu erwartenden Trend tatsächlich auf.

Mit Hilfe der Ergebnisse der Mageninhaltsuntersuchung und der zusätzlich gemessenen Fischbeute kann dieser anfangs beschriebene unerklärliche Zusammenhang zwischen den Jahren und RFAs folgend erklärt werden.

Die Isotopenzusammensetzungen der Tintenfische unterscheiden sich nicht immer signifikant in den verschiedenen RFAs und Jahren, dennoch scheinen sich die Basislinien in den verschiedenen Gebieten zu unterscheiden. Die Ergebnisse der gemessenen Fischbeute zeigen, dass sich die Isotopenzusammensetzung zwischen den einzelnen RFAs unterscheiden. Die Tatsache, dass sich die Isotopenzusammensetzung der Tintenfische aus den verschiedenen Gebieten nicht signifikant unterscheiden, könnte an dem breiten Beutespektrum der Tiere liegen. Tendenzen, wie sie bei den Fischen erkennbar sind, sind bei den Tintenfischen allerdings feststellbar. Der höchste gemessene  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert der Fische wurde im Winter 2009 in der RFA 6 von den Kristallgrundeln erreicht. Da die Ergebnisse der Mageninhaltsuntersuchung zeigen, dass sich *A. subulata* in der RFA 6 vor allem von Grundeln ernährten, ist es somit nicht verwunderlich, dass die Art zu dieser Zeit und in diesem Bereich einen dementsprechend hohen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert aufwies. Dieser ist sogar höher als der Wert der viel größeren *L. forbesi* aus der RFA 1. Die fraßen zwar in der RFA 1 größere Stintdorsche und andere Fische und müssten somit in der Trophie höher stehen, allerdings besaßen diese Fische einen geringeren  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert als die Kristallgrundeln aus der RFA 6, so dass folglich der  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert bei *L. forbesi* geringer war als der von *A. subulata*. Eine

Erklärung für dieses Phänomen, dass die Grundeln in der RFA 6 einen höheren Wert als die Stintdorsche in der RFA 1 besaßen, könnte zum einen die verschiedenen Wassermassen der einzelnen RFAs sein. Die Einteilung der verschiedenen RFAs wurde durch die unterschiedliche Wassermasse, Morphologie des Bodens und der daraus resultierenden Salinitäten, Temperaturen und entsprechend verschiedenen Faunen und Floren unterteilt (persönl. Mitteilung Gerd Wegner, 2009). Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass sich das Verhältnis der Isotopenzusammensetzung in den verschiedenen RFAs schon an der Basis des Nahrungsnetzes unterscheidet. Die im Winter und Sommer 2008 gemessenen Sestonproben weisen zwar keine signifikanten Unterschiede auf, was an der geringen Probenanzahl liegen könnte, allerdings können zumindest verschiedene Trends erkannt werden. Unterstützt wird diese These durch Ehrich et al. (2007), die in ihrer Arbeit die verschiedenen Wassermassen identifizieren. Leider erbrachte die Messung der stabilen Isotope vom Seston aus dem Sommer und Winter 2009 keine Ergebnisse, da die auf dem Schiff genommenen Wasserproben zu wenig Seston enthielten um zuverlässige Ergebnisse zu erlangen. Eine weitere Möglichkeit zur Erklärung der unterschiedlichen Verhältnisse der Isotopenzusammensetzung verschiedener RFAs könnte sein, dass sich die Beutetiere in den verschiedenen Gebieten unterschiedlich ernähren und somit unterschiedliche Verhältnisse der Isotopenzusammensetzungen aufweisen. Dass sich die Verhältnisse der stabilen Isotope in großskaligen Bereichen unterscheiden zeigten bereits mehrere Arbeiten (Hobson, 1999; Takai et al., 2000). Allerdings zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass sich die Zusammensetzung auch in einem relativ kleinen Bereich wie der Nordsee sehr stark unterscheiden kann.

Veröffentlichte Ergebnisse, wie die von Stowasser et al. (2004), in der sie verschiedene großräumige Gebiete wie den nördlichen Nordseebereich und weitere Bereiche westlich von Schottland zusammengefasst analysiert haben, können somit diskutiert werden. Für *L. forbesi* ermittelte sie einen durchschnittlichen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert zwischen 6,9 ‰ ( $\pm 0,9$ ) und 9,9 ‰ ( $\pm 0,9$ ) und einen mittleren  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert zwischen -14,1 ‰ ( $\pm 0,8$ ) und -17,5 ‰ ( $\pm 1,0$ ), die weit unter bzw. über den erzielten Ergebnissen der vorliegenden Arbeit liegen. Es ist jedoch zu beachten, dass aufgrund der zuvor beschriebenen Problematik, ein Vergleich der Ergebnisse beider Arbeiten fraglich ist.

Auch ein folgender direkter Vergleich mit anderen Regionen und Tieren ist aufgrund der unterschiedlichen Wassermassen problematisch. In neusten Untersuchungen von Martin et al. (2009) besitzt *L. vulgaris* aus Frankreich einen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert von etwa 15 ‰ und einen  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert von etwa -16 ‰, aus Spanien einen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert von 13,5 ‰ und einen  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert von -15,7 ‰ sowie aus Portugal einen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert von etwa 12 ‰ und einen  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert von etwa -15 ‰.

Mit einem  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert zwischen knapp neun und 16 ‰ können die Tiere als Top-Prädatoren identifiziert werden. Jennings et al. (2002) untersuchten verschiedene Fische aus der Nordsee in Bezug auf ihr  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffsignal. Dabei verwendeten sie Tiere, die 70 % ihrer maximalen Größe erreicht hatten. Vergleichend zu den Ergebnissen dieser Arbeit hatte bei ihnen der Dorsch einen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert von 16,6 ‰, die Atlantische Makrele einen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert 12,54 ‰ und der Hering einen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert von 11,68 ‰.

Zudem zeigen die Ergebnisse der Isotopenmessung eine relativ hohe Standardabweichung. Da die turnover-Zeit mit etwa 10 Tagen im Muskel langsamer ist als beispielsweise in der Leber, spiegeln die erhaltenen Isotopenverhältnisse die Zusammensetzung der Beuteorganismen über mehrere Tage wieder. Durch die gewonnene Erkenntnis, dass Tintenfische ein breites Nahrungsspektrum besitzen, können die großen Standardabweichungen durch die Nahrungszusammensetzung erklärt werden.

#### **2.4.2 *Alloteuthis subulata***

*A. subulata* ist im küstennahen Ökosystem ein bedeutender Räuber, der sich von kleinen Fischen ernährt und selbst als Nahrungsgrundlage für größere Prädatoren dient. In der irischen See ernährt er sich dabei hauptsächlich von kleinen Clupeiden und Crustaceen (Nyegaard 2001, zit. n. Hastie et al., 2009a). Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass die meisten untersuchten Mägen (etwa 80 %) von *A. subulata* leer waren. Bei der Arbeit von Schroeder (1999), der die Beifänge des IBTS aus dem Winter 1999 bearbeitete, hatten nur knapp drei Prozent der untersuchten *A. subulata* etwas im Magen. Eine mögliche Erklärung dafür könnte die Kombination aus einer schnellen Verdauung und dem Fraßverhalten sein. Die Fänge des IBTS finden nur tagsüber statt, so dass ein

nächtliches Fraßverhalten dazu führen könnte, dass die gefressene Beute tagsüber bereits verdaut ist. Anhaltspunkte dazu gibt Mangold-Wirz (1963, zit. n. Hastie et al., 2009a), indem sie schreibt, dass gerade junge *L. vulgaris* eine tägliche vertikale Wanderung zum Fressen vornehmen. Ein weiterer Punkt könnte sein, dass die Tiere beim Fang einem großen Stress ausgesetzt sind und, wie viele Fischarten, den Mageninhalt beim Hieven erbrechen.

Die Tatsache, dass die weiblichen Tiere vor allem im Sommer mehr gefüllte Mägen aufwiesen, könnte daran liegen, dass die Weibchen für die Bildung ihrer Gameten mehr Energie benötigen und dadurch eventuell mehr fressen. Viele der juvenilen Tiere hatten einen leeren Magen, was durch die Magengröße erklärbar sein könnte. Bei juvenilen *A. subulata* ist der Magen sehr klein, so dass die Tiere nicht viel aufnehmen können, und die Beute schnell verdaut ist. Hinzukommt, dass die Verdauung bei juvenilen Tintenfischen wesentlich kürzer ist als bei adulten (Yim, 1978; zit. n. Boucher-Rodoni et al., 1987).

Die Untersuchungen der Mageninhalte zeigen, dass diese Art sich hauptsächlich von Fischen, Crustaceen, Cephalopoden und Polychaeten ernährt und dabei die Zusammensetzung der Beute von der DML abhängig ist. So fressen die kleinsten untersuchten Tiere Polychaeten, etwas größere vermehrt Crustaceen und die größten Tiere Pisces und Cephalopoda. Pierce et al. (1994b) konnten ebenfalls eine Abhängigkeit zwischen DML und der erbeuteten Beuteklasse für *L. forbesi* feststellen. Steimer (1993) stellte fest, dass die Nahrungszusammensetzung von der Saison abhängig ist. So beschreibt er, dass die Beute im Frühjahr hauptsächlich aus Crustaceen besteht, wohingegen zwischen Mai und September mehr kleine Fische gefressen werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit zusammen mit den veröffentlichten Daten von Pierce et al. (1994b) zeigen auf, dass die Beutezusammensetzung nicht von der Saison abhängt, sondern von der Größe der Tintenfische, die allerdings saisonal variiert. Zusätzlich konnte in dieser Arbeit gezeigt werden, dass größere *A. subulata* auch größere Fische fressen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit konnten ferner darlegen, dass die Beute im Sommer aus 51 % Fischen, 32 % Krebstieren und zu 9 % aus Tintenfischen bestand, während im Winter der Anteil der Fische 25 %, der der Crustaceen 38 %, der der Polychaeten 11 % und der der Cephalopoden 9 % betrug. Steimer (1993) und Schroeder

(1999) beschreiben in ihren Arbeiten ähnliche Ergebnisse. So fand Steimer (1993) in 55 % der Mägen Crustaceen und in 45 % der Mägen Fische. Im Gegensatz zu Steimer (1993) fand Schroeder (1999) zusätzlich Tintenfische in den untersuchten Mägen. Allerdings sind in ihren Arbeiten keine Informationen zu Polychaeten als Beute, wie in der aktuellen Arbeit, zu finden.

Auch die Ergebnisse der erbeuteten Fischtaxa weisen Unterschiede auf. Steimer (1993) fand hauptsächlich Clupeidae (*C. harengus*), Pleuronectidae und Gadidae (*P. virens*), wohingegen Schroeder (1999) zu 85 % (13 Nachweise) Gobiidae und zu 15 % (zwei Nachweise) Clupeidae fand. In der vorliegenden Studie lag der Anteil der Gobiidae ebenfalls im Sommer bei 85 % im Winter hingegen bei 54 %. Des Weiteren konnten in dieser Arbeit nicht nur Gadidae und Clupeidae nachgewiesen werden, sondern zusätzlich Ammodytidae, sowie ein großer Teil unbestimmbarer Fische. Weshalb die Arbeiten Unterschiede aufweisen hat diverse Gründe. Zum einen konnten in dieser Arbeit wesentlich mehr Mägen untersucht werden als in den beiden anderen, was zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit führt weitere Beutetiere zu finden. Zum anderen zeigen die Ergebnisse von Wangvoralak (2009), dass sich die Tintenfische dem Nahrungsangebot anpassen und alles fressen, was sie überwältigen können (Pierce et al., 1994b). Daher können die Ergebnisse auf ein verändertes Nahrungsangebot zurückzuführen sein, und aufgrund der häufiger auftretenden Cephalopoden in der Nahrung die These unterstützt werden, dass der Tintenfischbestand in der Nordsee in den letzten Jahren angestiegen ist. Die zu diesem Thema berechneten Ivlev-Selektions-Indices zeigen, dass die meisten Fischarten, die in den jeweiligen RFAs während des IBTS gefangen wurden, einen negativen Index aufweisen, was bedeutet, dass diese Fische vermieden werden oder nicht erbeutet werden können. Dabei wurden die Fischdaten des ICES zuvor so gefiltert, dass nur die Fischdaten verwendet wurden, die von ihrer Größe in das Beuteschema der Tintenfische passen und somit überwältigt werden könnten. Aufgrund der erzielten Ergebnisse wurde für den Sommer eine Maximalgröße von 40 mm und für den Winter eine Maximalgröße von 60 mm verwendet. Allerdings muss davon ausgegangen werden, dass nicht alle untersuchten *A. subulata* die maximale Größe erfolgreich überwältigen können, da wie bereits beschrieben die erbeutete Fischgröße abhängig von der DML ist.

Aufgrund der eher kleinen Größe von *A. subulata* werden kleine Arten, wie die Gobiidae, die einen positiven Ivlev-Index aufweisen, tendenziell auch häufiger gefressen.

Wie bereits von Rocha et al. (1994) die saisonalen Unterschiede in der Nahrungszusammensetzung für *L. vulgaris* begründen, können auch in dieser Arbeit ermittelte regionale Unterschiede in der Beutezusammensetzung, mit der Verfügbarkeit der Beute erklärt werden.

Bei den Isotopenverhältnissen spiegelt sich das breite Beutespektrum durch die hohe Standardabweichung wider (siehe hierzu auch 2.4.1). Zudem ist, wie schon bei den Ergebnissen der Mageninhaltsanalyse, eine ontogenetische Veränderung der Nahrungszusammensetzung feststellbar. Größere Tiere besitzen demnach im Winter einen höheren  $\delta^{15}\text{Stickstoff}$ wert als die kleineren. Im Sommer allerdings konnte ein solcher Trend nicht beobachtet werden. Dies liegt daran, dass sich auch im Sommer Tiere bis zu einer DML von 122 mm von Crustaceen ernährt haben, wohingegen solche Tiere im Winter eine maximale DML von 104 mm aufwiesen. Somit ernährten sich im Sommer auch die größeren Tiere von Crustaceen, wodurch der  $\delta^{15}\text{Stickstoff}$ wert sich den kleineren mehr nähert. Diese These wird dadurch unterstützt, dass Tiere, die sich vermehrt von Crustaceen ernähren, einen kleineren  $\delta^{13}\text{Kohlenstoff}$ wert besitzen, was im Winter ebenfalls bei den kleineren Tieren der Fall ist. Hobson (1993) und Hobson et al. (1994) schreiben zudem, dass Tiere, die sich an der Küste aufhalten und / oder sich benthisch ernähren ebenfalls ein höheres  $\delta^{13}\text{Kohlenstoff}$ wert besitzen. Nach den gemessenen Isotopenwerten ist klar zu erkennen, dass die Tiere aus den küstennahen RFAs (RFA 6, RFA7) einen höheren  $\delta^{13}\text{Kohlenstoff}$ wert aufweisen als die aus dem zentralen Nordseebereich (RFA 2).

Ein Vergleich mit anderen Arbeiten ist zum einen nicht möglich, da es keine Vergleichsarbeiten gibt, und zum anderen ein Vergleich mit anderen Gebieten und Jahreszeiten problematisch ist (siehe hierzu Abschn. 2.4.1).

### **2.4.3 *Loligo forbesi***

In der Literatur wird *L. forbesi* als opportunistischer Räuber beschrieben, der alles frisst, was er überwältigen kann. So wurden schon verschiedenste Polychaeten, Mollusken,

Crustaceen und Fische als Beute identifiziert, wobei als wichtigste Beutetaxa Pisces, Crustacea und Polychaeta gelten und bei größeren Arten in spanischen Gewässern auch Cephalopoden auftreten. Jüngere und somit kleinere *L. forbesi* fressen vermehrt Crustaceen, wohingegen die größeren eher Fisch fressen. Unter der Fischbeute sind die wichtigsten Familien Ammodytidae, Clupeidae, Gadidae und Gobiidae (Collins et al., 1994; Pierce et al., 1994b; Rocha et al., 1994; Collins & Pierce, 1996; Pierce & Santos, 1996). Betrachtet man die Beute genauer, so können regionale Unterschiede festgestellt werden. Die identifizierten Beutetaxa in der vorliegenden Arbeit stimmen mit den allgemein beschriebenen Beutetaxa überein. So konnten hier hauptsächlich Fische, Crustaceen, Cephalopoden und Polychaeten als Nahrung ermittelt werden. Dabei werden im Winter am häufigsten Fische, gefolgt von Crustaceen und Cephalopoden gefressen, wohingegen im Sommer am häufigsten Crustaceen, gefolgt von Pisces und Polychaeten gefressen werden. Die saisonalen Unterschiede sind dadurch zu erklären, dass, wie die erlangten Ergebnisse und die Arbeit von Pierce et al. (1994b) zeigen, die Beutezusammensetzung abhängig von der DML ist, und die Tiere in dieser Arbeit im Winter eine andere DML aufwiesen als im Sommer (siehe hierzu auch Kapitel 1.3.3). Die erzielten Resultate zeigen, dass die Tiere, die sich von Crustaceen und Polychaeten ernähren, signifikant kleiner waren als die, die sich von Fischen und Tintenfischen ernährten, wobei die Exemplare, die sich von letzteren ernährten, im Mittel die Größten waren.

Ferner weisen die Analysen darauf hin, dass es selbst in der Nordsee regionale Unterschiede in der Zusammensetzung der Beute gibt. In der RFA 1 enthielten 67 % der untersuchten Mägen Fischreste, wohingegen in der RFA 2 deren Anteil bei 24 % lag. Betrachtet man die gefressenen Fischarten genauer, so wurden in der RFA 6 in 19 % der Mägen Ammodytidae gefunden, während die untersuchten Tintenfischmägen aus den anderen RFAs keine aufwiesen. Auch der Anteil an Gobiidae als Nahrung schwankt zwischen den einzelnen RFAs zwischen 100 % und 49 %. Generell ist bei den Ergebnissen der Mageninhalte und den erbeuteten Fischen zu erkennen, dass die Diversität im Winter höher ist als im Sommer, was ebenfalls mit der größeren DML in dieser Jahreszeit zu erklären ist. Die von Pierce et al. (1994b) und Collins et al. (1994) beschriebenen Beutetaxa unter den Fischen in den schottischen bzw. irischen Gewässern

(*M. merlangius*, *Trisopterus* spp. Ammodytidae, *S. sprattus*) konnten ebenfalls in der vorliegenden Arbeit mit einem zum Teil höheren Anteil an der Beute nachgewiesen werden. Schroeder (1999) und Zumholz (2001) konnten bei ihren Untersuchungen sieben bzw. neun verschiedene Fischarten identifizieren, wohingegen in dieser Arbeit neun bzw. 19 verschiedene Arten im Sommer bzw. Winter identifiziert werden konnten. Allerdings gab es eine Fischart, *Maurolicus muelleri*, die in der vorliegenden Arbeit, im Gegensatz zu den Arbeiten von Schroeder (1999) und Zumholz (2001), nicht nachgewiesen werden konnte. Durch die berechneten Größen der potenziellen Fischbeute, die im Sommer 110 mm und im Winter 200 mm betrug, und den erhaltenen IBTS-Fangdaten konnte der Ivlev-Selektionsindex für die auftretenden Fischarten bestimmt werden. So wurde für die oben genannte Art, *M. muelleri*, ein negativer Index ermittelt. Das bedeutet, dass diese Art nicht gefangen werden konnte oder sogar gemieden wurde. Generell ergaben die Berechnungen für die meisten Arten einen negativen Wert. Allerdings konnten auch für einige Taxa, wie z.B. bei den Gobiidae, *Trisopterus* sp. und Ammodytidae, ein positiver Wert ermittelt werden, so dass diese Arten bevorzugt gefressen werden. Dabei ist zu erkennen, dass der Index in den einzelnen RFAs unterschiedlich ist. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Tintenfische beim Beutefang selektieren, was allerdings nicht unbedingt in einem Widerspruch zur Erkenntnis von Pierce et al. (1994b) steht, dass *L. forbesi* alles frisst, was er erbeuten kann, denn wenn er nicht alles überwältigen kann, ist sein Fraßverhalten als selektiv zu bewerten.

Bei der identifizierten Tintenfischbeute konnte festgestellt werden, dass es bei *L. forbesi* zu Kannibalismus kommen kann. Generell war die berechnete DML der Tintenfischbeute, mit einer DML zwischen 17 mm und 83 mm, wesentlich kleiner als die der Jäger. Collins & Pierce (1996) beschreiben ähnliche Ergebnisse und kommen zu dem Schluss, dass Kannibalismus nur bei Tieren mit einer DML > 150 mm auftritt und dann Tiere mit einer DML zwischen 20 mm und 50 mm gefressen werden.

Die Untersuchungen der Mageninhalte zeigen, dass mehr Exemplare im Winter als im Sommer einen leeren Magen hatten. Zwischen den Geschlechtern konnten bezüglich der Magenfüllgrade keine Unterschiede gefunden werden, wobei die juvenilen Tiere in beiden Jahreszeiten einen signifikant leereren Magen als die adulten hatten. Die somit erzielten Ergebnisse stehen im Einklang mit den erhobenen Ergebnissen von Stowasser

(1997) und Howard (1979). Erstere unternahm in ihrer Diplomarbeit Untersuchungen zur Nahrungsökologie von *L. forbesi* im Atlantik und der Nordsee und konnte ebenfalls keinen Unterschied im Magenfüllgrad der Geschlechter feststellen. Howard (1979) berichtet, dass im Winter häufiger Exemplare mit einem leeren Magen auftreten als im Sommer.

Auch bei *L. forbesi* besitzen die Messergebnisse der Isotopenzusammensetzung eine große Standardabweichung welche durch das breite Beutespektrum zu erklären ist (siehe hierzu auch Abschn. 2.4.1).

Die Ergebnisse zeigen, dass die kleineren Tiere einen kleineren  $\delta^{15}$ Stickstoffwert besitzen als die größeren, womit die Ergebnisse mit der Beobachtung der Mageninhaltsuntersuchungen, dass größere Tiere Beute fressen, die höher im Nahrungsnetz stehen, übereinstimmen. Die kleineren Tiere besitzen zudem einen kleineren Kohlenstoffwert als die größeren, welcher auf eine benthische und crustaceenreichere Ernährung schließen lässt, was ebenfalls durch die Resultate der Mageninhaltsanalysen ergänzt werden kann. Zudem besitzen die Tiere aus den RFAs 6 und 1 einen kleineren  $\delta^{13}$ Kohlenstoffwert als in der RFA 2, was wiederum zeigt, dass sich diese Gebiete näher an der Küste befinden.

#### **2.4.4 *Loligo vulgaris***

Aufgrund der geringen Fangzahl und der daraus resultierenden geringen Anzahl an untersuchten Mägen wurde auf einen regionalen und saisonalen Vergleich der Beutezusammensetzung von *L. vulgaris* verzichtet.

Verglichen mit den anderen beiden untersuchten Loliginidae war der Anteil an Exemplaren, die einen leeren Magen aufwiesen, mit 19 % im Winter am geringsten. Pierce et al. (1994b) beschreiben, dass das Beutespektrum von *L. vulgaris* dem von *L. forbesi* ähnelt. In Übereinstimmung mit den von Augustyn (1991) erzielten Resultaten, zeigen die in der vorliegenden Arbeit erzielten Ergebnisse allerdings, dass der Anteil der Mägen, in denen Fischbeute gefunden wurde, mit 75 % wesentlich höher ist als bei *L. forbesi*. Indes ist zu bemerken, dass die Beutezusammensetzung von *L. vulgaris* in spanischen Gewässern von der DML abhängt (Rocha et al., 1994). In dieser Arbeit

konnte festgestellt werden, dass eine solche Abhängigkeit auch in der Nordsee besteht, und dass Crustaceen eine deutlich wichtigere Rolle in der Nahrung kleinerer Tiere spielen, als dies bei den größeren Tieren der Fall ist. Daher könnten sich die unterschiedlichen Ergebnisse aufgrunddessen, dass hier nur wenige kleine *L. vulgaris* untersucht werden konnten, erklären lassen.

Betrachtet man die erbeuteten Fischtaxa im Einzelnen, so konnten über 50 % der Fischreste keinem genaueren Taxon zugewiesen werden. Mit etwa 25 % der identifizierten Fischbeute waren *S. sprattus* die am häufigsten gefressenen Fische, wohingegen der Anteil dieser Art bei *L. forbesi* im Winter lediglich 0,5 % ausmachte und vergleichend der Anteil bei dieser Art bei *T. esmarkii* wesentlich höher ist. Dieser Unterschied ist allerdings wohl weniger durch Präferenzen oder verschiedene Jagdstrategien zu erklären, sondern eher auf die typische Verbreitung dieser Art zurückzuführen. So zeigen die Verbreitungskarten des ICES (2010b), dass *T. esmarkii* eher im zentralen und nördlichen Teil der Nordsee lebt und sich somit im gleichen Gebiet wie *L. forbesi* aufhält (Abb. 1.8), wohingegen *S. sprattus* im südlichen Bereich der Nordsee vertreten ist, und daher in dem Gebiet von *L. vulgaris* lebt (Abb. 1.13). Somit ist die Verfügbarkeit der Beute der entscheidende Faktor. Dazu schreiben Rocha et al. (1994), dass die Beutezusammensetzung in spanischen Gewässern auch saisonal variiert und begründen dies ebenfalls mit der Verfügbarkeit der Beute.

Dass adulte Tiere generell neben Fischen auch noch Cephalopoden, Crustaceen und Polychaeten fressen (Guerra & Rocha, 1994; Pierce et al., 1994b; Rocha et al., 1994), kann in dieser Arbeit abgesehen von den Polychaeten ebenfalls für die Nordsee bestätigt werden.

Mit einer Länge von 230 mm war ein Sandaal der größte Beutefisch der in den Mageninhalten, bei einem *L. vulgaris* mit einer DML von 250 mm, nachgewiesen werden konnte. Berechnungen von Rocha et al. (1994) zeigen ebenfalls, dass die erbeuteten Fische kleiner sind als die Jäger.

Aufgrund der zumeist geringen Anzahl an Isotopenmessungen (zum Teil nur ein Tier pro RFA und Größe) bei *L. vulgaris*, sind diese Ergebnisse schwer zu interpretieren und weisen nicht die allgemein üblichen Trends auf (Abschn. 2.4.1). So besitzen die kleineren Tiere höhere  $\delta^{15}$ Stickstoffwerte als die größeren, obwohl auch hier aufgrund der

Mageninhaltsuntersuchungen gezeigt werden konnte, dass die größeren Kalmare Tiere erbeuten, die höher im Nahrungsnetz stehen, als die Tiere die von den kleineren Kalmaren gefressen werden.

#### **2.4.5 *Todaropsis eblanae***

Nur wenige Arbeiten beschäftigten sich bisher mit der Beutezusammensetzung von *T. eblanae*. So analysierte Zumholz (2001) in seiner Diplomarbeit das Nahrungsspektrum von *T. eblanae* in der Nordsee. Er schreibt, dass 88 % der von ihm untersuchten Mägen leer waren und somit nur 10 Mägen genauer betrachtet werden konnten. All diese Mägen enthielten Fischreste, wobei er in einem Magen Überreste von *S. sprattus* fand und zusätzlich in zwei Mägen Cephalopodenreste bestimmen konnte. Crustaceen traten bei ihm keine auf. Schroeder (1999) erzielte ähnliche Ergebnisse. 86 % der untersuchten Mägen wiesen keinen Inhalt auf, und er konnte somit nur 12 Mägen genauer analysieren. Dabei wiesen sechs Mägen Fischreste, drei Mägen Crustaceenreste und zwei Mägen Cephalopodenreste auf. Unter den Fischresten konnte er *Trisopterus* sp., Gobiidae und *S. sprattus* identifizieren. Form & Oelschlägel (2004) konnten 37 Mägen von *T. eblanae* untersuchen. Sie stellten fest, dass Fische den Hauptbestandteil der Nahrung ausmachen, wohingegen Cephalopoden und Crustaceen eine untergeordnete Rolle spielen. Dabei konnten sie auf Familienniveau mit abnehmender Häufigkeit Clupeidae, Argentinidae, Gadidae und Ammodytidae feststellen und zudem auf Artniveau *A. silus* (9 mal), *C. harengus* (6 mal), *G. argenteus* (4 mal), *S. sprattus* (3 mal), *A. fallax* (1 mal) nachweisen. Zusätzlich konnten sie einen Trend entdecken, bei dem der Anteil der Crustaceen an der Beute mit einer Zunahme der DML abnimmt.

Daten von Lordan et al. (1998) und Rasero et al. (1996) zeigen ähnliche Ergebnisse, wobei die Fischtaxa wohl aufgrund der Verfügbarkeit in den jeweiligen Regionen abweichen.

In der hier vorliegenden Arbeit betrug bei *T. eblanae* der Anteil der leeren Mägen im Sommer 35 % und im Winter 58 % und lag damit weit unter den Resultaten der anderen Arbeiten. Im Sommer war eine klare Dominanz von Fischen unter der Beute zu erkennen, wohingegen der Anteil der Cephalopoden mit 31 % im Winter wesentlich höher lag als in

den oben genannten veröffentlichten Arbeiten. Eine Abnahme der Crustaceen in Verbindung mit einer Zunahme der DML (Form & Oelschlägel, 2004) konnte nicht nachgewiesen werden. Jedoch konnte gezeigt werden, dass die mittlere DML der Tintenfische, die sich von Fischen ernähren, signifikant größer ist als die derjenigen, die sich von Tintenfischen ernähren, und dass mit einer Zunahme der DML die Länge der Fischbeute ebenfalls zunimmt. Obwohl im Sommer 43 % und im Winter 71 % der Fischbeute nicht identifiziert werden konnten, war es möglich, im Sommer fünf und im Winter drei verschiedene Fischarten nachzuweisen. So wurden Gobiidae mit *C. linearis*, Ammodytidae, Clupeidae mit *C. harengus*, Gadidae mit *M. aeglefinus*, *M. merlangus*, *T. esmarkii* sowie Pleuronectidae mit *H. hippoglossus* und Argentinidae mit *A. sphyraena* identifiziert.

Bei den Messungen der stabilen Isotope kann in den meisten Fällen im Sommer der durch die Mageninhaltsuntersuchungen erwartete Trend, nämlich eine Zunahme des  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwerts, bei einer Zunahme der DML und somit einer Steigerung des Trophielevels beobachtet werden. Im Winter dagegen sind die Werte unabhängig von der DML wesentlich ähnlicher.

Bei den erlangten Kohlenstoffverhältnissen ist ein Trend wie bei *A. subulata*, bei dem die küstennahen RFAs einen höheren  $\delta^{13}\text{C}$  Wert aufwiesen, nicht zu beobachten. Allerdings konnten die Verbreitungskarten von *T. eblanae* in der Nordsee auch kein klares Verteilungsmuster aufweisen (Abb. 18), so dass davon ausgegangen werden kann, dass diese Art zumindest während des Untersuchungszeitpunkts wesentlich mobiler ist, und daher auch die Nahrungsgründe heterogener verteilt sind. Somit können die über einen längeren Zeitpunkt akkumulierten Isotope (Abschn. 2.4.1) kein klares Bild liefern. Dementsprechend hoch sind auch die Standardabweichungen.

Die hohen Standardabweichungen im  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert können durch das breite Beutespektrum erklärt werden.

#### **2.4.6 *Illex coindetii***

Über die Beutezusammensetzung von *I. coindetii* in der Nordsee gibt es bisher keinerlei Veröffentlichungen. Auch in dieser Arbeit konnten aufgrund der geringen Fangzahl nicht

alle Analysen durchgeführt werden. Obwohl, wie schon bei den anderen Arten beschrieben, es zu regionalen Unterschieden in der Beutezusammensetzung kommt, können die erzielten Ergebnisse nur mit anderen Arbeiten aus anderen Regionen verglichen werden. Im Sommer hatten 40 % und im Winter 62 % der untersuchten Tiere einen leeren Magen. Dabei konnten im Sommer in 38 % der gefüllten Mägen Fische, in 25 % der Mägen Crustacea und in 13 % der Mägen Cephalopoden nachgewiesen werden. Im Winter lag der Anteil der Fischbeute und Cephalopoden bei jeweils 28 %, der Anteil der Crustaceen bei 18 %. Im Gegensatz zum Sommer konnte im Winter in 13 % der untersuchten Mägen Sand nachgewiesen werden, was als Indiz für eine benthische Ernährungsweise gewertet werden kann. Bei der Fischbeute konnte im Sommer lediglich jeweils ein Gobiidae, *S. sprattus* und *Trisopterus* sp. bestimmt werden, wohingegen im Winter 10 Mägen mit unbestimmbaren Fischresten und ein Magen mit Gobiidenresten gefüllt waren.

In anderen Gebieten werden ebenfalls Crustaceen, Cephalopoden und Pisces als Hauptbestandteile der Beute angegeben, wobei erstere bei kleineren Exemplaren einen größeren Anteil einnehmen (Castro & Hernández-García, 1995).

Lediglich zwei Schnäbel konnten in dieser Arbeit in den Überresten der Tintenfischmägen gefunden und den Arten *L. forbesi* und *S. atlantica* zugewiesen werden. Aussagen über einen möglichen Kannibalismus wie es Dawe (1988) für Situationen beschreibt, in denen die Abundanz von *I. coindetii* sehr hoch oder die Abundanz der Beute sehr gering ist, können für die Nordsee nicht getroffen werden. Allerdings lassen die Fangzahlen dieser Studie und auch die Tatsache, dass die Nordsee eines der ertragreichsten Gewässer in Bezug auf die Fischfauna ist, vermuten, dass es zumindest in dem Untersuchungszeitraum in der Nordsee zu keinem Kannibalismus gekommen ist.

Wie bei *L. vulgaris* konnte aufgrund des Verbreitungsgebiets in vielen Fällen nicht die Replikanzahl erlangt werden, um alle RFAs und Größenklassen statistisch zu untersuchen. Allerdings ist z. B. im Winter in der RFA 2 bei einer Zunahme der DML auch ein Anstieg im  $\delta^{15}$ Stickstoffwert zu verzeichnen, bei einer gleichzeitigen Zunahme des Kohlenstoffwertes. Die Zunahme des  $\delta^{15}$ Stickstoffwerts ist mit einer Steigerung der Trophie gleichzusetzen, wohingegen die Steigerung im  $\delta^{13}$ Kohlenstoffwert darauf

schließen lassen, dass die Tiere vom pelagischen Nahrungsnetz mehr zum benthischen wechseln. Leider liefern die Ergebnisse der Mageninhaltsanalyse hierfür keine Erklärung.

#### 2.4.7 *Todarodes sagittatus*

*T. sagittatus* wird generell als schneller, opportunistischer aggressiver Räuber bezeichnet, der alles frisst, was er überwältigen kann. Dabei frisst er im Nordost-Atlantik besonders häufig junge *C. harengus* und *G. morhua*, wobei auch Kannibalismus häufig beobachtet werden konnte (Briby & Jobling, 1985; Joy, 1990; Piatkowski et al., 1998; Quetglas et al., 1998).

Bei der Diskussion der hier erzielten Ergebnisse von *T. sagittatus* muss bedacht werden, dass die untersuchte Anzahl von 45 Tieren gering ist, und diese daher vorsichtig zu interpretieren sind. Zudem sind keine Arbeiten über die Zusammensetzung der Beute in der Nordsee bekannt.

Im Sommer hatten alle sechs untersuchten Tiere etwas im Magen, wohingegen im Winter 23 % der untersuchten Tiere (9 von 39) einen leeren Magen aufwiesen. Von den sechs Tieren im Sommer, die einen gefüllten Magen hatten, konnten bei fünf die Mageninhalte bestimmt werden. Dabei traten in drei Mägen Fischreste (1 x Gobiidae, 2x unident.) und in zwei Mägen Tintenfischreste (unidentifiziert) auf.

Im Winter waren die Anteile der Tintenfische (36 %) und die der Fische (38 %) fast identisch. Zudem lag der Anteil Crustacea bei 12 %. Unter den Fischen konnten Gobiidae, Ammodytidae, Clupeidae (*C. harengus*) und Gadidae (*Trisopterus* sp. und *M. poutassou*), unter den Cephalopoden konnten Sepiolidae (*S. atlantica* und *S. oweniana*), sowie Loliginidae (*A. subulata* und *L. forbesi*) identifiziert werden. Zusätzlich kann mit einer Zunahme der DML auch der Trend beobachtet werden, dass die Beutefische größer werden.

Der längste Fisch, der in den Mageninhalten identifiziert werden konnte, war ein Hering zwischen 318 mm und 354 mm Größe.

*T. sagittatus* hatte im Vergleich zu den anderen Kalmaren einen relativ kleinen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert und müsste somit, obwohl die Tiere wiederum im Vergleich zu den anderen Kalmaren größer waren, in der Trophie tiefer stehen als die anderen Kalmare.

Allerdings zeigen die Mageninhaltsuntersuchung, dass *T. sagittatus* der Topprädator unter den Kalmaren war. Der Widerspruch der beiden Ergebnisse könnte durch das Migrationsverhalten von *T. sagittatus* erklärt werden. Wie bereits beschrieben ist *T. sagittatus* eine ozeanische Art und eher als Irrgast in der Nordsee vertreten (Abschn. 1.4.7). Aufgrund der Akkumulierung der zuvor aufgenommenen Isotopenverhältnisse der zuvor gefressenen Beute könnte es sein, dass das „alte“ Isotopenverhältnis, aus einem anderen Gebiet, das Isotopenverhältnis der aktuelleren Beute aus der Nordsee überdeckt. Die Ergebnisse von Stowasser et al. (2004) zeigen, dass die erzielten  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwerte im Atlantik im Vergleich zur Nordsee wesentlich kleiner sind. So erreichen große *L. forbesi* einen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert zwischen 6,9 ‰ ( $\pm 0,9$ ) und 9,9 ‰ ( $\pm 0,9$ ).

Sofern die hier untersuchten *T. sagittatus* ursprünglich aus dem Atlantik stammten, und die stabilen Isotopenwerte aufgrund der „turnover-Zeit“ die Ernährung in diesem Gebiet widerspiegeln, würden die erzielten Messergebnisse mit den Resultaten der Mageninhaltsuntersuchung im Einklang stehen, denn dann ständen die untersuchten *T. sagittatus* in der Trophie über *L. forbesi* aus dem Atlantik (Stowasser, 2004).

#### **2.4.8 *Sepiola atlantica***

Im Sommer und Winter konnten lediglich Crustaceen in den Mägen von *S. atlantica* nachgewiesen werden, wobei im Winter zusätzlich noch Sand und unidentifizierte Beutereste gefunden werden konnten. Nachdem die Ergebnisse der anderen untersuchten Tintenfischarten gezeigt haben, dass die Beutezusammensetzung abhängig von der DML ist, und bei den kleineren Tieren die Crustaceen in der Nahrung eine wichtigere Position einnehmen, kann die Tatsache, dass nur Crustaceen in den Mägen gefunden wurden, durch die DML der bearbeiteten Tiere erklärt werden. Die maximale DML der untersuchten *S. atlantica* betrug 20 mm, wohingegen die kleinsten Tintenfische, deren Magen Fischreste enthielt, eine DML von 23 mm besaßen. Auch Yau (1994, zit. n. Hastie et al., 2009a) beschreibt Mysidaceen und Decapoden als Nahrung die gewöhnlich während der Morgen- oder Abenddämmerung nahe dem Meeresboden gefangen werden.

Demnach kann davon ausgegangen werden, dass *S. atlantica* keinen direkten Räubereinfluss auf die Fischbestände hat.

Im Vergleich zu den Kalmaren besaß *S. atlantica* einen eher kleinen  $\delta^{15}$ Stickstoff- und  $\delta^{13}$ Kohlenstoffwert. Während der geringe  $\delta^{15}$ Stickstoffwert durch die Mageninhaltsuntersuchung bestätigt werden kann, widersprechen die Ergebnisse der Mageninhaltsanalyse denen der  $\delta^{13}$ Kohlenstoffwerte. Inwiefern die geringen  $\delta^{13}$ Kohlenstoffwerte bei einer eher typisch benthischen und von Crustaceen dominierten Ernährungsweise zustande kommen, kann nicht geklärt werden, könnte aber aufgrund einer unterschiedlichen Basislinie (siehe auch Abschn. 2.4.1) zustande kommen.

#### **2.4.9 *Sepietta oweniana***

In der Literatur wird beschrieben, dass *S. oweniana* hauptsächlich im Morgengrauen und in der Abenddämmerung Crustaceen frisst, während sie tagsüber im Sediment eingegraben sind (Reid & Jereb, 2005). Nur im Winter konnten Mägen von *S. oweniana* untersucht werden. Im Gegensatz zu *S. atlantica* konnten in den untersuchten Mägen nicht nur Crustaceen, sondern zusätzlich Pisces und Cephalopoda als Beute identifiziert werden. Allerdings betrug die maximale DML der analysierten Tiere 44 mm, und nur Tiere, die  $\geq 23$  mm waren, hatten Fische gefressen. Die untersuchten *S. atlantica* hatten eine maximale DML von 20 mm, so dass der Unterschied zu den *S. atlantica* auf die Größe der Tiere zurückgeführt werden kann. Unter der Fischbeute konnten lediglich Gobiidae identifiziert werden.

Auch *S. oweniana* besitzt im Vergleich zu den größeren Kalmaren ein eher kleineres Isotopenverhältnis. Wodurch die Tiere im Nahrungsnetz tiefer als die größeren Kalmare einzuordnen sind. Somit unterstützen diese Ergebnisse die Resultate der Mageninhaltsanalyse. Die Ergebnisse der  $\delta^{15}$ Stickstoffmessung zeigen zudem, dass die kleineren Tiere im Nahrungsnetz unter den größeren stehen.

#### 2.4.10 *Rossia macrosoma*

Bei *R. macrosoma* konnten wie schon zuvor bei *S. oweniana* Pisces, Crustacea und Cephalopoda in den Mägen nachgewiesen werden. Gefolgt von den Pisces war der Anteil der Crustacea am größten. Cephalopoden waren nur sehr selten vertreten. Anhand der Fischüberreste konnten nur Gobiidae identifiziert werden, die restlichen (75 %) blieben unbestimmbar. Da bisher keine Arbeiten über die Nahrungsökologie dieser Art bekannt sind, können die Ergebnisse nicht mit anderen verglichen werden. Es ist aber zu vermuten, dass *R. macrosoma* dem benthischen Nahrungsnetz zugeordnet werden kann, und die Art, sofern sie nicht die Fischeier kommerziell genutzter Arten frisst, keinen direkten Top-Down-Einfluss auf entsprechende Fische hat. Allerdings zeigen die erzielten Ergebnisse der Isotopenmessung, dass die kleineren Tiere im Nahrungsnetz unter den größeren stehen, und im Vergleich zu den großen Kalmaren im Nahrungsnetz tiefer anzusiedeln sind.

#### 2.4.11 *Sepia elegans* & *Sepia officinalis*

Die beiden hier untersuchten Tiere zeigten, dass sich *S. elegans* von Crustaceen und Fischen ernährt. In der Literatur wird *S. elegans* als kleiner effizienter Räuber beschrieben, der kleine Fische, Crustaceen und Polychaeten frisst (Reid & Jereb, 2005). Dass in dieser Arbeit keine Polychaeten gefunden werden konnten lag sicherlich an der geringen Probenzahl. Im Gegensatz zu den anderen hier beschriebenen Arten, weist diese Art keinen Zusammenhang zwischen der DML und der Beutezusammensetzung auf (Guerra, 1985; Castro & Guerra, 1990). Aufgrund der geringen Anzahl in der Nordsee (Tab. 1.1) kann davon ausgegangen werden, dass diese Art keinen großen Einfluss auf die kommerziell genutzten Fischarten hat.

Nur bei einem Tier konnten die Isotopenverhältnisse gemessen werden. Dieses weist den geringsten  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert aller untersuchten Tiere auf.

In der Literatur wird beschrieben, dass *S. officinalis* sich hauptsächlich von Crustaceen, demersalen Fischen, Cephalopoden und Polychaeten ernährt. Wie bei allen hier

diskutierten Arten ist dabei die Beutezusammensetzung abhängig von der Größe, so dass bei kleineren Sepien Crustaceen eine wichtigere Position in der Nahrung einnehmen, und mit zunehmender Größe die Fische wichtiger werden. Zudem ist Kannibalismus für alle Größen beschrieben (Guerra, 1985; Castro & Guerra, 1990). Der eine in dieser Arbeit untersuchte Magen des Tieres mit einer DML von 53 mm enthielt Crustaceenreste.

Von *S. officinalis* konnte das Isotopenverhältnis von zwei Tieren gemessen werden, wobei das kleinere Tier einen höheren  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwert und  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert aufwies.

#### **2.4.12 *Eledone cirrhosa***

Von *E. cirrhosa* konnten drei Mägen untersucht werden. Dabei konnten in zwei Mägen Crustaceenreste und in einem Magen Muschelreste gefunden werden. Die Crustaceenreste konnten dabei nicht eindeutig identifiziert werden, könnten aber im Gegensatz zu den anderen Crustaceen in dieser Arbeit eher den Decapoden zugeordnet werden. Dies und der Fund der Muschelreste deuten klar auf eine benthische Ernährungsweise hin.

In der Literatur werden ebenfalls Decapoden als Hauptnahrung beschrieben (Sánchez, 1981; Auteri et al., 1988, beides zit. n. Pierce et al., 2010). Zusätzlich wurden in anderen Arbeiten Cephalopodeneier und Mollusken in den Mägen gefunden als auch Kannibalismus beschrieben (Moriyasu, 1981, zit. n. Hastie et al., 2009a; Guerra 1992).

Die Ergebnisse lassen aufgrund der Mageninhalte, der veröffentlichten Literatur und der Bestandsgröße vermuten, dass *E. cirrhosa* keinen Top-Down-Effekt auf kommerziell wichtige Fischarten ausübt.

Auch die  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoffwerte der gemessenen *E. cirrhosa* weisen einen kleinen  $\delta^{15}\text{N}$  Stickstoff- und  $\delta^{13}\text{C}$  Kohlenstoffwert auf, so dass die Tiere im Nahrungsnetz eher tiefer eingestuft werden können.

#### **2.4.13 Berechnung der Trophieebenen**

Mit Hilfe der gemessenen Sestonproben und der klassischen Ansicht, dass das  $\delta^{15}\text{N}$  mit der Zunahme einer Trophieebene um  $3,4 \text{ ‰} (\pm 1,1)$  zunimmt (Minagawa & Wada,

1984), konnte für die Tintenfische in Abhängigkeit von der Art und der DML ein Trophielevel zwischen 2,0 und 4,24 ( $\pm 0,13$ ) bestimmt werden. Damit können die Tintenfische als Top-Prädatoren der Nordsee definiert werden. Die großen Raubfische wie *G. morhua* (4,42,  $\pm 0,76$ ), *M. merluccius* (4,42,  $\pm 0,78$ ) und *M. aeglefinus* (4,09,  $\pm 0,69$ ) können in die gleiche Trophieebene wie die großen Tintenfische eingeordnet werden, Fische wie *T. esmarkii* (3,24,  $\pm 0,41$ ), *C. harengus* (3,23,  $\pm 0,39$ ) und *S. sprattus* (3,00,  $\pm 0,0$ ) sogar tiefer (www.fishbase.org). Zusammen mit den gemessenen Kohlenstoffverhältnissen kann ausgesagt werden, dass sich die verschiedenen Tintenfischarten und –altersstadien in unterschiedlichen Nahrungsnischen aufhalten.

#### 2.4.14 Möglicher Einfluss zweier Tintenfischarten im Nahrungsnetz

Um die Auswirkungen einer möglichen Bestandveränderung der Tintenfische abschätzen zu können, wurde der direkte Fraßdruck von *L. forbesi* und *A. subulata* auf die Fischfauna abgeschätzt.

Als Grundlage zur Berechnung des Fraßdrucks dienen zum einen die mit dem Kriging-Verfahren interpolierte Bestandsgröße der beiden Arten, und zum anderen das aufgestellte bioenergetische Modell. Das Kriging-Verfahren wurde bereits in Kapitel 1.2.4 ausführlich diskutiert. Beim bioenergetischen Modell wurde auf das veröffentlichte Modell von Hunsicker & Essington (2008) zurückgegriffen. Dabei wurden hauptsächlich Literaturwerte verschiedenster Loliginidae verwendet, wobei die ED-Werte von mir an die Nordsee und die jeweils gefundenen Beutetaxa angepasst wurden.

Berechnungen zur Konsumptionsrate von Cephalopoden und dem damit verbundenen Einfluss auf die verschiedenen Beuteklassen wurden bisher nur einmal von Hunsicker & Essington (2008) unternommen. Dabei untersuchten sie den Einfluss von *L. pealeii* im Nordost-Atlantik auf die Rekrutierung verschiedenster Fischarten und berechneten die Konsumtion für die gesamte Biomasse aller potentiell piscivoren *L. pealeii* ( $> 3$  cm). Anschließend verglichen sie diese mit der Rekrutierungsbiomasse verschiedenster Fischarten. Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen meiner Arbeit flossen keine Ergebnisse von Mageninhaltsanalysen ein, so dass keine Verrechnungen mit Anteilen prozentualer Beuteklassen unternommen wurden. Stattdessen gingen sie in ihren

Berechnungen davon aus, dass alle *L. pealeii* (> 3 cm) Fisch fressen. Ihre Ergebnisse zeigen, dass der Gesamtbestand der potentiell Fisch fressenden *L. pealeii* aus einer Biomasse zwischen 34.200 t und 151.400 t im Sommer und zwischen 27.300 t und 121.000 t im Winter besteht. Sie errechneten eine tägliche Fisch-Konsumption zwischen 3.400 t und 14.800 t im Sommer und zwischen 2.100 t und 9.400 t im Winter. Die von mir berechnete Biomasse für *L. forbesi* in der Nordsee liegt bei 3.009 t im Sommer und bei 7.388 t im Winter. Dadurch, dass in dieser Arbeit die Ergebnisse der Mageninhaltsuntersuchung mit einfließen, konnte die Tatsache, dass sich *L. forbesi* nicht alleine von Fischen ernährt, mit einbezogen werden. Aufgrund dessen konnte der prozentuale Anteil der Fisch fressenden Tiere berechnet werden. Somit dient in dieser Arbeit als Grundlage etwa eine Biomasse von 1.619 t im Sommer und 5.039 t im Winter der piscivoren *L. forbesi*. Die berechnete tägliche Konsumtion von 133 t Fisch im Sommer und 295 t Fisch im Winter ähneln den Ergebnissen von Hunsicker & Essington (2008). Denn wenn man die Biomassen entsprechend vergleicht erlangen sie eine tägliche Konsumtionsrate zwischen 97 kg und 99 kg Fisch pro Tonne Tintenfisch im Sommer und zwischen 77 kg und 78 kg Fisch pro Tonne Tintenfisch im Winter. In der vorliegenden Arbeit sind es täglich 82 kg bzw. 59 kg Fisch pro Tonne Tintenfisch im Sommer bzw. Winter. Weiter schreiben Hunsicker & Essington (2008), wie hoch die Biomasse der Rekrutierung potentieller Fischbeutearten ist und folgern daraus, dass verschiedenste Fischarten in ihrer Rekrutierung bedroht sind und unter einer „Top-Down“ Kontrolle stehen. Wie bereits oben beschrieben vergleichen sie immer die Gesamtkonsumtion aller *L. pealeii* (> 3 cm) mit der Biomasse der Rekrutierer. In dieser Arbeit wurde nicht nur der prozentuale Anteil der Beuteklassen für die Berechnung der Konsumtion verwendet, sondern zusätzlich auch der prozentuale Anteil der verschiedenen Fischarten unter den piscivoren *L. forbesi*, so dass die Ergebnisse wesentlich genauer die Konsumtion und den Fraßdruck auf die verschiedenen Beuteklassen und Fischarten widerspiegeln.

Für *A. subulata* gilt das gleiche, da keine ähnliche Arbeit bisher durchgeführt wurde, so dass die einzelnen berechneten Werte nicht verglichen werden können.

Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass alleine die Tintenfische die Fischbestände nicht gefährden.

Wenn man die tägliche Konsumptionsrate im Sommer und Winter jeweils mit 182,5 Tagen multipliziert, so erhält man einen groben Wert der Konsumption über das ganze Jahr, und kann mit dem gemittelten Gesamtbestand der jeweiligen Fische (Total stock biomass, TSB) der letzten drei Jahre in der Nordsee verglichen werden (ICES, 2010c). Demnach frisst *L. forbesi* jährlich etwa 1.004 Tonnen *C. harengus* (TSB: 2.171.627) und 5.931 Tonnen Ammodytidae (nur im zentralen Bereich TSB: 328.900). Somit liegt der Verlust vom Gesamtbestand für die jeweiligen Fischbestände durch *L. forbesi* an *C. harengus* bei 0,05 %, und vom zentralen Bestand der Ammodytidae bei 1,8 %. Für die Arten *G. morhua*, *M. aeglefinus*, *M. merlangus* und *T. esmarkii* konnte mit den Daten vom ICES (ICES, 2010c; ICES, 2010d) die Biomasse der juvenilen Fische (Recruits: RE) berechnet werden, um so den Einfluss auf den Nachwuchs bei diesen Arten zu bestimmen. Zudem sind diese Ergebnisse genauer, als wenn man den Gesamtbestand nehmen würde, da sie nur aus den kleinen Fischen, die von *L. forbesi* überwältigt werden können, zusammengesetzt sind. Demnach verringert *L. forbesi* jährlich die Nachwuchsbestände von *M. merlangus* (2.683 t; RE: 116.730 t) um 2,3 %, von *G. morhua* (274 t; RE: 46.742 t) um 0,6 %, von *T. esmarkii* (3.066 t; RE: 725.445 t) um 0,4 %, und von *M. aeglefinus* (584 t; RE: 195.217 t) um 0,3 %. Aus einem Vergleich mit anderen Topprädatoren der Nordsee geht jedoch hervor, dass die Konsumption von *L. forbesi* und *A. subulata* zwar nicht zu vernachlässigen ist, aber aufgrund des breiten Beutespektrums für die einzelnen Arten als eher gering einzuschätzen ist (mit Ausnahme von *M. merlangus*). So berechneten Hansson et al. (1996) eine jährliche Konsumption für den Bestand *G. morhua* (>1 Jahr) zwischen 840.000 t und 1.640.000 t in der Nordsee. Teilt man diese Ergebnisse durch 365 Tage so erhält man die durchschnittliche tägliche Konsumption für die minimal einjährigen, die etwa zwischen 2.300 t und 4.500 t liegt.

Die stärkste Räuber-Beute Interaktion zwischen Fischen besteht zwischen Wittlingen und Sandaalen. Die gesamte Wittling Population der Nordsee frisst alleine etwa 700.000 Tonnen Sandaal jährlich (Temming et al., 2004), im Durchschnitt macht das eine tägliche Konsumption von etwa 1.918 Tonnen aus. *L. forbesi*, der nach den aktuellen Berechnungen im Sommer etwa 14,8 t und im Winter etwa 17,7 t Sandaale täglich frisst,

und *A. subulata*, der täglich 1,1 Tonnen bzw. 17,1 Tonnen erbeutet, besitzen dagegen nur einen unwesentlichen Einfluss auf die Sandaalbestände.

## 2.5 Zusammenfassung

### Nahrungsökologie der Nordsee-Tintenfische

Die Ergebnisse in diesem Kapitel zeigen, dass die Tintenfische der Nordsee sich hauptsächlich von Crustaceen, Cephalopoden und Fischen ernähren. Zusätzlich konnten Polychaeten (mit Verdacht auf Chaetognathen) und vereinzelt andere Weichtiere wie Muscheln und Schnecken beobachtet werden. Dabei ist die Zusammensetzung der Beute zum einen von der DML und zum anderen von den Gebieten abhängig, in denen die Tintenfische jagen. Demnach ernähren sich die Tintenfische mit einer zunehmenden DML vermehrt von Fischen und Tintenfischen, wohingegen die kleineren Exemplare überwiegend Crustaceen fressen. Die größeren Tintenfische, vor allem die Kalmare wie *L. forbesi*, *L. vulgaris* oder die Ommastrephiden, stehen in der Trophieebene höher als die kleineren Sepiolidae und Sepiidae.

Die unterschiedliche Zusammensetzung der Beuteorganismen in den verschiedenen Gebieten ist weniger durch eine Präferenz als vielmehr durch das Nahrungsangebot zu erklären. So fressen die Tiere im Norden beispielsweise mehr Stintdorsche, wohingegen die Tiere im Süden eher Sprotten in vergleichbarer Größe, dem typischen Verbreitungsgebiet der beiden Fischarten entsprechend (ICES, 2010b), fressen.

Da sich mit zunehmender DML auch das Beutespektrum der Fische vergrößert, ist es weniger verwunderlich, dass gerade die größeren Tiere einen stärkeren Einfluss auf die kommerziell wichtigen Nutzfischarten haben. So fressen vor allem die größeren Kalmare Fische wie Kabeljau, Schellfisch, Wittling, Makrele, Hering und Sprotte. Dabei lag die maximale Größe der zurückgerechneten Fischlängen die erbeutet wurden über 300 mm. Da wie bereits oben beschrieben die Tintenfische eine ontogenetisch bedingte Veränderung in der Nahrungszusammensetzung aufweisen, nehmen die Tiere im Verlauf ihrer Entwicklung unterschiedliche Positionen im Nahrungsnetz ein. Mit Hilfe der Isotopenmessungen konnte gezeigt werden, dass die Tiere ein trophisches Level zwischen 2,0 und 4,5 besitzen. Aufgrund des breiten Beutespektrums der Tiere konnte keine genauere Bestimmung der Nahrungszusammensetzung mit Hilfe der Isotopen erfolgen, da die meisten Analyseverfahren nur auf Systeme mit zwei bis drei

Beuteorganismen anwendbar sind. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Zusammensetzung der Isotopenverhältnisse in den verschiedenen Gebieten und zu unterschiedlichen Zeitpunkten unterscheidet, so dass folglich die Resultate selbst in einem so kleinen Meeresgebiet, wie der Nordsee, nicht zusammengeführt werden können. Ein direkter Vergleich der Isotopenzusammensetzung der verschiedenen Jahre und der unterschiedlichen Gebiete kann somit problematisch sein.

Die Zusammenfassung aller hier erzielten Ergebnisse, zusammen mit den Ergebnissen aus Kapitel 1 zeigen, welchen Fraßdruck der Bestand von *L. forbesi* und *A. subulata* auf die einzelnen Beutetaxa aufweisen. So liegt die zusammengefasste tägliche Konsumptionsrate beider Bestände im Sommer bei etwa 200 t Crustacea, 140 t Pisces, 60 t Cephalopoda und 6 t Polychaeten. Im Winter beträgt die tägliche Konsumption beider Bestände zusammengefasst 660 t Pisces, 590 t Crustacea, 223 t Cephalopoden und 27 t Polychaeten. Da aber das Beutespektrum so breit ist, ist der Einfluss auf die einzelnen Arten im Vergleich zu anderen Räuber-Beute-Beziehungen, wie etwa die Beziehung zwischen Sandaal und Wittling, eher gering. Auch die Bestände der kommerziellen Nutzfischarten sind durch die Tintenfische allein nicht gefährdet, wobei von *L. forbesi* etwa 2,3 % des Recrutiererbestands von *M. merlangus* jährlich gefressen werden.

## Ausblick

Die immer stärkere Ausnutzung der Meeresressourcen erfordert wissenschaftliches Assessment und Managementpläne für eine nachhaltige Nutzung. Aufgrund langjähriger detaillierter Datenserien zur Biologie der kommerziell genutzten Fischbestände, kann deren Entwicklung abgeschätzt werden. So obliegen die kommerziell genutzten Fischbestände in der Nordsee der EU-Fischereipolitik und werden durch Surveys wie dem IBTS erfasst und bewertet.

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben gezeigt, dass die Tintenfischbestände nicht nur weltweit, sondern auch in der Nordsee angestiegen sind. Dies macht die Tintenfische für eine kommerzielle Nutzung in der Nordsee immer interessanter. Die Niederländer haben bereits auf den Anstieg der Bestände reagiert und einzelne Fischereifahrzeuge für die direkte Befischung der Tintenfische in der Nordsee umgerüstet. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit liefern zwar erste notwendige Informationen für ein mögliches Management und wissenschaftliches Assessment der Tintenfischbestände, allerdings benötigt es langjährige Datenserien damit die Bestände auch nachhaltig genutzt werden können.

Mit seinem Report zum IBTS (ICES, 2008b) reagierte der ICES auf das ansteigende Interesse der Fischerei an Tintenfischen, indem sie die beteiligten Nationen aufforderten die Tintenfische standardisiert auf Familienniveau zu erfassen. Allerdings haben sich bisher noch nicht alle Nationen an diese Forderung gehalten. Inwiefern Datensätze auf Familienniveau zum Management geeignet sind, ist allerdings in Frage zu stellen.

Wie sich die Tintenfischbestände in naher Zukunft weiter entwickeln ist schwer abzuschätzen, da erstens die Gründe für den Anstieg der Bestände nicht bekannt sind und zweitens der zukünftige fischereiliche Druck schwer abzusehen ist.

Der zweite Teil der vorliegenden Arbeit liefert grundlegende Informationen zur Nahrungsökologie der Tintenfische. Es konnte gezeigt werden, dass die Tintenfische einen direkten Einfluss auf die Rekrutierung der kommerziell genutzten Fischarten haben und auch einen indirekten Einfluss als Nahrungskonkurrenten ausüben. Die Stärke des Einflusses ist abhängig von der Bestandsgröße der Tintenfische. Sofern die Bestände weiter ansteigen, steigt auch die Sterblichkeitsrate der jeweiligen Jungfische, so dass die Anlandungszahlen der Fische reduziert werden müssten.

## Literaturverzeichnis

Amaratunga, T., 1983. The role of cephalopods in the marine ecosystem. In: *Advances in Assessment of World Cephalopod Resources*. FAO Fisheries Technical Paper **23**: 379-415.

Andersen, N.G., 2001. A gastric evacuation model for three predatory gadoids and implications of using pooled field data of stomach contents to estimate food rations. *Journal of Fish Biology* **59**: 1198–1217.

Anonym, 2011. FAO, <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/en>

Arkhipkin, A.I. & Laptikhovsky, V.V., 2000. Age and growth of the squid *Todaropsis eblanae* (Cephalopoda: Ommastrephidae) on the north-west African shelf. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **80**: 747-748.

Arkhipkin, A.I., Laptikhovsky, V.V. & Golub, A., 1999. Population structure and growth of the squid *Todarodes sagittatus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in north-west African waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **79**: 467-477.

Arvanitidis, C., Koutsoubas, D., Robin, J.P., Pereira, J., Moreno, A., Cunha, M.M., Valavanis, V. & Eleftheriou, A., 2002. A comparison of the fishery biology of three *Illex coindetii* Verany, 1839 (Cephalopoda: Ommastrephidae) populations from the European Atlantic and Mediterranean waters. *Bulletin of Marine Science* **71**: 129-146.

Augustyn, C.J., 1991. The biomass and ecology of chokka squid *Loligo vulgaris reynaudii* off the west coast of South Africa. *South African Journal of Zoology* **26**: 164-181.

Beare, D.J., Burns, F., Greig, A., Jones, E.G., Peach, K., Kienzle, M., McKenzie, E. & Reid, D.G., 2004. Long-term increases in prevalence of North Sea fishes having southern biogeographic affinities. *Marine Ecology Progress Series* **284**: 269-278.

Beaugrand, G., Brander, K.M., Lindley, J.A., Souissi, S. & Reid, P.C., 2003. Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. *Nature* **426**: 661–4.

Belcari, P., 1996. Length-weight relationship in relation to sexual maturation of *Illex coindetii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Northern Tyrrhenian Sea (Western Mediterranean). *Scientia Marina* **60** (2–3): 3779-4484.

Bellido J.M. Pierce G.J. & Wang, J., 2001. Modelling intra annual variation of squid *Loligo forbesi* in Scottish waters using generalized additive models. *Fisheries Research* **52**: 23-39.

Bettencourt, V., Coelho, M.L., Andrade, J.P. & Guerra, A., 1996. Age and growth of the squid *Loligo vulgaris* off the south coast of Portugal, using statolith analysis. *Journal of Molluscan Studies* **62**: 359-366.

Bhattacharya, C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics* **23**: 115-135.

Boletzky, S.v. & Boletzky, M.v., 1973. Observations on the embryonic and post-embryonic development of *Rossia macrosoma* (mollusca: Cephalopoda). *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* **25**: 135-161.

Boucher-Rodoni, R., Boucoud-Camou, E., & Mangold, K., 1987. Feeding and digestion. In: Cephalopod Life Cycles. Vol. II. Comparative Reviews, P.R. Boyle (ed.). London: *Academic Press*: 85-109.

Boyle, P.R. 1983. *Eledone cirrhosa*. In: Cephalopod Life Cycles. Vol. I. Species Accounts, P.R. Boyle (ed.). London: *Academic Press*: 365-386.

Boyle, P.R., 1990. Cephalopod biology in the fisheries context. *Fisheries Research* **8**: 303-321.

Boyle, P.R., Collins, M.A. & Williamson, G.R., 1998. The cephalopod by-catch of deep-water trawling on the Hebrides slope. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **78**: 1023-1026.

Boyle, P.R. & Knobloch, D., 1983. The female reproductive cycle of the octopus, *Eledone cirrhosa*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **63**: 71-83.

Boyle, P.R. & Pierce, G.J., 1994. Fishery biology of northeast Atlantic squid: an overview. *Fisheries Research* **21**: 1-15.

Boyle, P.R., Pierce, G.J. & Hastie, L.C., 1995. Flexible reproductive strategies in the squid *Loligo forbesi*. *Marine Biology* **121**: 501-508.

Bravo de Laguna, J., 1989. Managing an international multispecies fishery: the Saharan trawl fishery for cephalopods. In: J.F. Caddy (Editor), *Marine Invertebrate Fisheries: Their Assessment and Management*. *John Wiley*, New York: 591-612.

Brieby, A. & Jobling, B. 1985. Predatory role of the flying squid (*Todarodes sagittatus*) in north Norwegian waters. *NAFO Scientific Council Studies* **9**: 125-132.

Caddy, J.F., 1983. The cephalopods: factors relevant to their population dynamics and to the assessment and management of stocks. In: J.F. Caddy (Editor), *Advances in Assessment of World Cephalopod Resources*. *Fisheries Technical Paper* **231**: 416-449.

- Caddy, J.F. & Rodhouse, P.G., 1998. Cephalopod and groundfish landings: evidence for ecological change in global fisheries? Reviews in *Fish Biology and Fisheries* **8**: 431-444.
- Castro, J.J. & Guerra, A., 1990. The diet of *Sepia officinalis* Linnaeus 1758 and *Sepia elegans* D'Orbigny 1835 (Cephalopoda Sepioidea) from the Ria de Vigo, northwest Spain. *Scientia Marina* **54**: 375-388.
- Castro, J.J. & Hernández-García, V., 1995. Ontogenetic changes in mouth structures, foraging behaviour and habitats use of *Scomber japonicus* and *Illex coindetii*. *Scientia Marina* **59**: 347-355.
- Ceriola, L., Ungaro, N., & Toteda, F., 2006. Some information on the biology of *Illex coindetii* Verany, 1839 (Cephalopoda, Ommastrephidae) in the South-Western Adriatic Sea (Central Mediterranean). *Fisheries Research* **82**: 41-49.
- Challier, L., Dunn, M.R. & Robin, J.-P., 2005. Trends in age-at-recruitment and juvenile growth of cuttlefish, *Sepia officinalis*, from the English Channel. *ICES Journal of Marine Science* **62**: 1671-1682.
- Chen, C.S., Pierce, G.J., Wang, J., Robin, J.P., Poulard, J.C., Pereira, J., Zuur, P.R., Bailey, N., Beare, D.J., Sobrino, I. & Orsi Relini, L., 2006. The apparent disappearance of *Loligo forbesi* from the south of its range in the 1990s: Trends in *Loligo* spp. Abundance in the northeast Atlantic. *Fisheries Research* **78**: 44-54.
- Childs, C., 2004. Interpolating Surfaces in ArcGis Spatial Analyst. In ArcUser: 32-35. <http://www.esri.com/news/arcuser/0704/files/interpolating.pdf>
- Clarke, M.R., 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press, Oxford, 273pp.
- Collins, M.A., Boyle, P.R., Pierce, G.J., Key, L.N., Hugues, S.E. & Murphy, J., 1999. Resolution of multiple cohorts in the *Loligo forbesi* population from the west of Scotland. *ICES Journal of Marine Science* **56**: 500-509.
- Collins, M.A., Burnell, G.M. & Rodhouse, P.G., 1995. Age and growth of the squid *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) in Irish waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **75**: 605-620.
- Collins, M.A., De Grave, S., Lordan, C., Burnell, G.M. & Rodhouse, P.G., 1994. Diet of the squid *Loligo forbesi* Steenstrup (Cephalopoda: Loliginidae) in Irish waters. *ICES Journal of Marine Science* **51**: 337-344.
- Collins, M.A. & Pierce, G.J. 1996. Size selectivity in the diet of *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **76**: 1081-1090.

- Collins, M.A., Yau, C., Allcock, L. & Thurston, M.H., 2001. Distribution of deep-water benthic and benthic-pelagic cephalopods from the north-east Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **81**: 105-117.
- Collins, M.A., Yau, C., Boyle, P.R., Friese, D. & Piatkowski, U., 2002. Distribution of cephalopods from plankton surveys around the British Isles. *Bulletin of Marine Science* **71**: 239-254.
- Croxall, J.P. & Prince, P.A., 1982. Calorific content of squid (Mollusca: Cephalopoda). *British Antarctic Survey Bulletin* **55**: 27-31.
- Dawe, E., 1988. Length-weight relationship for short-finned squid in Newfoundland and the effect of diet on condition and growth. *Transactions of the American Fisheries Society* **117**: 591-599.
- De Heij, A. & Baayen, R.P., 1999. Seasonal distribution of the cephalopod *Alloteuthis subulata* in the central and southern North Sea. *Basteria* **63**: 129-138.
- De Heij, A. & Baayen, R.P., 2005. Seasonal distribution of cephalopod species living in the central and southern North Sea. *Basteria* **69**: 91-119.
- De Heij, A. & Goud, J., 2010. *Sepiola tridens* spec. nov., an overlooked species (Cephalopoda, Sepiolidae) living in the North Sea and north-eastern Atlantic Ocean. *Basteria* **74**: 51-64.
- Ehrich, S., Adlerstein, S., Brockmann, U., Floeter, J., Garthe, S., Hinz, H., Kröncke, I., Neumann, H., Reiss, H., Sell, A. F., Stelzenmüller, V., Stransky, C., Temming, A., Wegner, G. & Zauke, G.-P., 2007. 20 Years of the German Small-Scale Bottom Trawl Survey (GSBTS): A review. *Senckenbergiana maritime* **37** (1): 13-82.
- EU, 2008. Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie). *Amtsblatt der Europäischen Union*: 22pp.
- EU, 2011. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/fisheries/data/database>
- Form, A. & Oelschlegel, A., 2004. Untersuchungen zur Nahrungsökologie zweier Kalmar-Arten (*Loligo forbesi* + *Todaropsis eblanae*) in der Nordsee. *Semesterarbeit*, IFM-Geomar, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 42pp.
- Forsyth, J.W. & Hanlon, R.T., 1989. Growth of the eastern Atlantic squid, *Loligo forbesi* Steenstrup (Mollusca: Cephalopoda). *Aquaculture and Fisheries Management* **20**: 1-14.
- Forsyth, J.W. & van Heukelem, W.F., 1987. Growth. In *Cephalopod Life Cycles Vol II: Comparative Reviews*, Boyle, P. R., (ed), 135-156, Academic Press, London

Gasalla, M. A., Rodrigues, A. R. & Postumal, F. A., 2010. The trophic role of the squid *Loligo plei* as a keystone species in the South Brazil Bight ecosystem. *ICES Journal of Marine Science* **67** (7): 1413-1424.

Gasalla, M.A., & Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B., 2004. Contribution of ecosystem analysis to investigating the effects of changes in fishing strategies in the South Brazil Bight coastal ecosystem. *Ecological Modelling* **172**: 283-306.

Gayanilo, F.C., Sparre, P. & Pauly, D. (Eds.), 2006. FiSAT II: FAO ICLARM Fish Stock Assessment Tools (version 1.1.2). FAO, Rome. Available at: [www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat/index.htm](http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat/index.htm)

González, A.F. & Guerra, A., 1996. Reproductive Biology of the shot-finned squid *Illex coindetii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) of the Northeastern Atlantic. *Sarsia* **81**: 107-118.

Grimpe, G., 1925. Zur Kenntnis der Cephalopodenfauna der Nordsee. *Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen Helgoland* **16**: 1-122.

Guerra, A. 1982. Cephalopods collected in the Golfo de Cadiz 81 cruise to Southwest Spain. *Resultados Científicos* **10**: 17-50.

Guerra, A., 1985. Food of the cuttlefish *Sepia officinalis* and *S. elegans* in the Ria de Vigo (N.W. Spain) (Mollusca: Cephalopoda). *Journal of Zoology* **207**: 511-519.

Guerra, A., 1992. Mollusca, Cephalopoda. In: Fauna Ibérica. Museo Nacional de Ciencias Naturales. *SIC. Madrid*: 327pp.

Guerra, A. & Rocha, F., 1994. The life history of *Loligo vulgaris* and *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) in Galician waters (NW Spain). *Fisheries Research* **21**: 43-69.

Guerra, A., Rodriguez-Navarro, A.B., González, A.F., Romanek, C.S., Álvarez-Lloret, P. & Pierce, J.P., 2010. Life-history traits of the giant squid *Architeuthis dux* revealed from stable isotope signatures recorded in beaks. *ICES Journal of Marine Science* **67** (7): 1425-1431.

Hanlon, R.T., Yang, W.T., Turk, P.E., Lee, P.G. & Hixon, R.F., 1989. Laboratory culture and estimated life span of the Eastern Atlantic squid, *Loligo forbesi* Steenstrup, 1856 (Mollusca: Cephalopoda). *Aquaculture and Fisheries Management*. **20**: 15-33.

Hansson, S., Rudstam, L.G., Kitchell, J.F., Hilden, M., Johnson, B.L., & Peppard, P.E., 1996. Predation rates by North Sea cod (*Gadus morhua*) - Predictions from models on gastric evacuation and bioenergetics. *ICES Journal of Marine Science* **53** (1): 107-114.

Hastie, L.C., 1996. Estimation of trawl codend selectivity for squid (*Loligo forbesi*), based on Scottish research vessel survey data. *ICES Journal of marine Science* **53**: 741-744.

Hastie L.C., Joy J.B., Pierce G.J., Yau C., 1994. Reproductive biology of *Todaropsis eblanae* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Scottish waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **74**: 367-382.

Hastie, L.C., Nyegaard, M., Collins, M.A., Moreno, A., Pereira, J.M.F., Piatkowski, U., Pierce, G.J., 2009b. Reproductive biology of the loliginid squid, *Alloteuthis subulata* in the north-east Atlantic and adjacent waters. *Aquatic Living Resources* **22** (1): 35-44.

Hastie, L.C., Pierce, G.J., Wang, J., Bruno, I., Moreno, A., Piatkowski, U. & Robin, J.P., 2009a. Cephalopods in the north-eastern Atlantic: species, biogeography, ecology, exploitation and conservation. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* **47**: 111-190.

Heidemann, F., 2008. Evaluation of a cephalopod catch in the North Sea and investigation of the reproduction investment of *Loligo forbesi* (Steenstrup). *Semesterarbeit*, Zoologisches Institut, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 30pp.

Hiddink, J.G., & Hofstede, R. ter, 2008: Climate induced increases in species richness of marine fishes. *Global Change Biology* **14**: 453-460.

Hobson, K.A., 1993. Trophic relationships among high Arctic seabirds: insights from tissue-dependent stable-isotope models. *Marine Ecology Progress Series* **95**: 7-18.

Hobson, K.A., 1999. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia* **120**: 314-326.

Hobson, K.A., Piatt, J.F. & Pitocchelli, J., 1994. Using stable isotopes to determine seabird trophic relationships. *Journal of Animal Ecology* **63**: 786 - 798

Holme, N.A., 1974. The biology of *Loligo forbesi* Steenstrup (Mollusca: Cephalopoda) in the Plymouth area. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **54**: 481-503.

Hornaff, C., 2008. Räumliche und zeitliche Verteilungsmuster verschiedener Cephalopodenarten in der Nordsee. *Diplomarbeit*, IFM-Geomar, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 99pp.

Hornborg, S., 2005. The Cephalopod Fauna of Sweden-trends and patterns of abundance. Poster, Master Thesis.

Howard, F.G., 1979. Recent trends in the Scottish fishery for *Loligo forbesi*, together with some notes on the biology of the species. *International Council for the Exploration of the sea* C.M. 1979/K:36.

Hunsicker, M.E. & Essington, T.E., 2008. Evaluating the potential for trophodynamic control of fish by the longfin inshore squid (*Loligo pealeii*) in the northwest Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **65** (11): 754-765.

ICES, 2006. Manual for the International Bottom Trawl Surveys (IBTS), revision VII. Addendum to the report of the International Bottom Trawl Survey Working Group (IBTSWG). *International Council for the Exploration of the sea* C.M. 2002/D:03.

ICES, 2008a. Report of the ICES Advisory Committee 2008. ICES Advice, 2008. Book 6, 326pp

ICES, 2008b. Report of the international bottom trawl survey working group (IBTSWG). *International Council for the Exploration of the sea* C.M. 2008/RMC:02.

ICES, 2009. Report of the ICES Advisory Committee 2009. ICES Advice, 2009. Book 6, 236pp.

ICES, 2010a. Report of the Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History (WGCEPH). *International Council for the Exploration of the sea* C.M. 2010/SSGEF:09.

ICES, 2010b. <http://www.ices.dk/marineworld/fishmap/ices/>

ICES, 2010c. ICES Advice 2010. <http://www.ices.dk/advice/icesadvice.asp>

ICES, 2010d. Working group on the assessment of demersal stocks in the North Sea and Skagerrak. <http://www.ices.dk/workinggroups/ViewWorkingGroup.aspx?ID=31>

Ivlev, V.S., 1961. Experimental ecology of the feeding of fishes. *Yale University Press*, New Haven, Connecticut, USA, 302pp.

Jaeckel, S.G.A., 1958. Cephalopoden. In A. Remane (Editor) *Die Tierwelt der Nord- und Ostsee*. Teil IX, Band 3: 481-723.

Jennings, S., Alvsvåg, J., Cotter, A.J.R., Ehrich, S., Greenstreet, S.P.R., Jarre-Teichmann, A., Mergardt, N., Rijnsdorp, A.D. & Smedstad, O., 1999. Fishing effects in northeast Atlantic shelf seas: patterns in fishing effort, diversity and community structure. III. International trawling effort in the North Sea: an analysis of spatial and temporal trends. *Fisheries Research* **40** (2): 125-134.

- Jennings, S., Greenstreet, S.P.R., Hill, L., Piet, G.J., Pinnegar, J.K. & Warr, K.J., 2002. Long-term trends in the trophic structure of the North Sea fish community: evidence from stable isotope analysis, size-spectra and community metrics. *Marine Biology* **141**: 1085-1097.
- Jereb, P. & Rangonese, S., 1995. An outline of the biology of the squid *Illex coindetii* in the Sicilian Channel (Central Mediterranean). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **75**: 373-390.
- Jereb, P. & Roper, C.F.E., 2005: Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Volume 1. Chambered nautilus and sepioids (Nautilidae, Sepiidae, Sepiolidae, Sepiadariidae, Idiosepiidae and Spirulidae). *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes* **4** (1): 262pp, 9 colour plates.
- Joy, J.B. 1990. The fishery biology of *Todarodes sagittatus* in Shetland waters. *Journal of Cephalopod Biology* **1**: 1-19
- Katagan, T., Salman, A. & Benli, H.A., 1993. The cephalopod fauna of the Sea of Marmara. *Israel Journal of Zoology* **39**: 255-261.
- Klages, N.T.W., 1996. Cephalopods as prey. II. Seals. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **B 351**: 1045-1052.
- Kristensen, I., 1966. De inktvissen langs de Nederlandse kust. *Correspondentieblad van de Nederlandse Malacologische Vereniging* **118**: 1240-1243.
- Lange, A.M.T. & Sissenwine, M.P., 1983. Squid resources of the Northwest Atlantic. In: J.F. Caddy (Ed), *Advances in Assessment of World Cephalopod Resources. Fisheries and Aquaculture Technical Paper* **231**: 21-54.
- Laptikhovskiy, V.V. & Nigmatullin, C.M., 1999. Egg size and fecundity in females of the subfamilies Todaropsinae and Todarodinae (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **79**: 569-557.
- Leopold, M. F., 2001. Otoliths of North Sea fish: fish identification key by means of otoliths and other hard parts. *World biodiversity database CD-ROM series*.
- Lipinski, M.R., 1979. Universal maturity scale for commercially important squid (Cephalopoda: Teuthoidea). ICNAF Research Documents **79/II/38**: 53-64.
- Lordan, C., Burnell, G.M. & Cross, T.F., 1998. The diet and ecological importance of *Illex coindetii* and *Todaropsis eblanae* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Irish waters. *South African Journal of Marine Science* **20**, 153–164.

- Lordan, C., Collins, M.A., Key, L.N. & Browne, E.O., 2001a. The biology of the ommastrephid squid, *Todarodes sagittatus*, in the north-east Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **81**: 299–306.
- Lordan, C., Warnes, S., Cross, T.F. & Burnell, G.M., 2001b. The distribution and abundance of cephalopod species caught during demersal trawl surveys west of Ireland and the Celtic Sea. *Irish Fisheries investigations (New Series)* **8**: 1-26.
- Lum-Kong, A., Pierce, G.J. & Yau, C., 1992. Timing of spawning and recruitment of *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) in Scottish waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **72**: 301– 311.
- Mangold, K. & Froesch, D., 1977. A reconsideration of factors associated with sexual maturation. *Symposia of the Zoological Society of London* **38**: 541–555.
- Mangold, K., Lu, C.C. & Aldrich, F.A., 1969. A reconsideration of forms of squid of genus *Illex* (Illicinae, Ommastrephidae). II. Sexual dimorphism. *Canadian Journal of Zoology* **47** (6): 1153-1156.
- Martin, B., Lefabvre, S., Pereira, J., Santurtún, M. & Robin, J.P., 2009. Trophic ecology of the squid *Loligo vulgaris* (Lamarck, 1799) using stable isotopes: Ontogenetic and spatial changes in food regime in the North-east Atlantic. Vigo, CIAC Symposium, oral presentation.
- Martins, H.R., 1982. Biological studies of the exploited stock of *Loligo forbesi* (Mollusca: Cephalopoda) in the Azores. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **62**: 799-808.
- Massy, M., 1928. The Cephalopoda of the Irish Coast. *Proceedings of the Royal Irish Academy* **33** (B)(2): 25-37.
- Mathews, C.P., 1993. Productivity and energy flows at all trophic levels in the River Thames, England: Mark 2, p. 161-171. In Christensen, V. & Pauly, D. (eds.) Trophic models of aquatic ecosystems. *ICLARM Conference Proceedings* 26, 390pp
- Minagawa M., & Wada, E., 1984. Stepwise enrichment of  $^{15}\text{N}$  along food chains: further evidence and the relation between  $^{15}\text{N}$  and animal age. *Geochim Cosmochim Acta* **48**:1135–1140
- Moreno, A., Pereira, J., Arvanitidis, C., Robin, J.P., Koutsoubas, D., Perales-Raya, C., Cunha, M.M., Balguerías, E. & Denis, V., 2002. Biological variation of *Loligo vulgaris* (Cephalopoda: Loliginidae) in the eastern Atlantic and Mediterranean. *Bulletin of Marine Science* **71**: 515-534.

Nellemann, C., Hain, S. & Alder, J. (Eds), 2008. In *Dead Water – Merging of climate change with pollution, over-harvest, and infestations in the world's fishing grounds*. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, Norway, www.grida.no

Nesis, K.N., 1965. Distribution and feeding of young squids *Gonatus fabricii* in the Labrador Sea and the Norwegian Sea. *Oceanology* **5**: 102-108.

Nicholas J.E.J. & Richardson, C., 2010. Laboratory culture, growth, and the life cycle of the little cuttlefish *Sepiola atlantica* (Cephalopoda: Sepiolidae). *Journal of Shellfish Research* **29**: 241-246.

Nigmatullin, C.M., Laptikhovsky, V. & Moustahfid, H., 2002. Brief review on the ecology in the North African population of arrow squid *Todarodes sagittatus* (Cephalopoda, Ommastrephidae). *Bulletin of Marine Science* **71**:581-590.

Norman, M.D., 2000. Tintenfischführer. Frankfurt: IKAN Unterwasserarchiv Frankfurt: 320pp.

O'Dor, R.K., 1982. Respiratory metabolism and swimming performance of the squid, *Loligo opalescens*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **39**: 580–587.

Oesterwind, D., ter Hofstede, R., Harley, B., Brendelberger, H. & Piatkowski, U., 2010. Biology and meso-scale distribution patterns of North Sea Cephalopods. *Fisheries Research* **106** (2): 141-150.

OSPAR, 2000. Quality status report 2000 region II Greater North Sea. *OSPAR commission*, London, 136pp.

Pedersen, J. & Hislop, J.R.G., 2001. Seasonal variations in the energy density of fishes in the North Sea. *Journal of Fish Biology* **59**: 380-389.

Piatkowski, U., Hernandez-Garcia, V. & Clarke, M.R., 1998. On the biology of the European flying squid *Todarodes sagittatus* (Lamarck, 1798) (Cephalopoda, Ommastrephidae) in the central eastern Atlantic. *South African Journal of Marine Science* **20**: 375-383.

Piatkowski, U., Pierce, G.J. & Morais da Cunha, M., 2001. Impact of cephalopods in the food chain and their interaction with the environment and fisheries: an overview. *Fisheries Research* **52**: 5-10.

Pierce, G. J., Allcock, L., Bruno, I., Bustamante, P., González, Á., Guerra, Á., Jereb, P., et al. 2010. Cephalopod biology and fisheries in Europe. *ICES Cooperative Research Report* **303**, 17pp.

- Pierce, G.J., Bailey, N., Stratoudakis, Y. & Newton, A., 1998. Distribution and abundance of the fished population of *Loligo forbesi* in Scottish waters: analysis of research cruise data. *ICES Journal of Marine Science* **55**: 14-33.
- Pierce, G.J. & Boyle, P.R., 2003. Empirical modeling of interannual trends in abundance of squid (*Loligo forbesi*) in Scottish waters. *Fisheries Research* **59**: 305-326.
- Pierce, G.J., Boyle, P.R., Hastie, L.C. & Key, L.N., 1994a. The life history of *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) in Scottish waters. *Fisheries Research* **21**: 17–41.
- Pierce, G.J., Boyle, P.R., Hastie, L.C. & Santos, M.B., 1994b. Diets of squid *Loligo forbesi* in the northeast Atlantic. *Fisheries Research* **21**: 149-163.
- Pierce, G.J. & Guerra, A., 1994. Stock assessment methods used for cephalopod fisheries. *Fisheries Research* **21**: 255-285.
- Pierce, G.J. & Santos, M.B., 1996. Trophic interactions of squid *Loligo forbesi* in scottish waters. in *Aquatic Predators and Their Prey*, s.p. Greenstreet, R. & Tasker, M.L., (eds.). London: *Fishing News Books*, Oxford: 58–64.
- Pierce, G.J., Valavanis, V.D., Guerra, A., Jereb, P., Orsi-Relini, L., Bellido, J.M., Katara, I., Piatkowski, U., Pereira, J., Balguerías, E., Sobrino, I., Lefkaditou, E., Wang, J., Santurtun, M., Boyle, P.R., Hastie, L.C., MacLeod, C.D., Smith, J.M., Viana, M., Gonzalez, A.F. & Zuur, A.F., 2008. A review of cephalopod - environment interactions in European Seas. *Hydrobiologia* **612**: 49-70.
- Pierce, G.J., Wang, J., Zheng, X., Bellido, J.M., Boyle, P.R., Denis, V. & Robin, J.-P., 2001. A cephalopod fishery GIS for the northeast Atlantic: development and application. *International Journal of Geographical Information Science* **15**: 763-784.
- Porteiro, F. M., Martins, H. R. & Hanlon, R. T., 1990. Some observations on the behaviour of adult squids, *Loligo forbesi*, in captivity. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* **70**: 459-472.
- Quetglas, A., Alemany, F., Carbonell, A., Merella, P., & Sánchez, P. 1998. Some aspects of the biology of *Todarodes sagittatus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Balearic Sea (Western Mediterranean). *Scientia Marina* **62**: 73-82.
- Ragonese, S., Jereb, P. & Dawe, E., 2002. A comparison of growth performance across the squid genus *Illex* (Cephalopoda, Ommastrephidae) based on modeling weight-at-length and age data. *Journal of Shellfish Research* **21** (2): 851-860.
- Rasero, M., González, A.F., Castro, B.G. & Guerra, A., 1996. Predatory relationships of two sympatric squid, *Todaropsis eblanae* and *Illex coindetii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Galician waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **76**: 73-87.

Raya, C.P., Balguerias, E., Fernández-Núñez, M.M. & Pierce, G.J., 1999. On the reproduction and age of the squid *Loligo vulgaris* from the Saharan Bank (north-west African coast). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **79**: 111-120.

R Development Core Team, 2009. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.

Reid, P. C., Edwards, M., Beaugrand, G., Skogen, M. & Stevens, D., 2003. Periodic changes in the zooplankton of the North Sea during the twentieth century linked to oceanic inflow. *Fisheries Oceanography* **12**: 260-269.

Reid, A. & Jereb, P. 2005. Family Sepiolidae. In Jereb, P. & C.F.E. Roper, eds. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species known to date. Volume 1. Chambered nautilus and sepioids (Nautilidae, Sepiidae, Sepiolidae, Sepiadariidae, Idiosepiidae and Spirulidae). *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*. No. 4, Vol. 1. Rome, FAO: 153-203.

Robin, J.P. & Denis, V., 1999. Squid stock fluctuations and water temperature: temporal analysis of English Channel Loliginidae. *Journal of Applied Ecology* **36**: 101-110.

Robin J.P., Denis V., Royer J. & Challier L., 2002. Recruitment, growth and reproduction in *Todaropsis eblanae* (Ball 1841) in the area fished by French Atlantic trawlers. *Bulletine of Marine Science* **71**: 711-724.

Rocha, F., Castro, B.G., Gil, M.S. & Guerra, A., 1994. The diets of *Loligo vulgaris* and *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) in northwestern Spanish Atlantic waters. *Sarsia* **79**: 119-126;

Rocha, F. & Guerra, A., 1999. Age and growth of two sympatric squid *Loligo vulgaris* and *Loligo forbesi*, in Galician waters (north-west Spain). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **79**: 697-707.

Rodhouse, P.G., Nigmatullin, C.M., 1996. Role as consumers. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **351**: 1003-1022.

Rodhouse, P.G., Swinfen, R.C. & Murray, A.W.A., 1988. Life cycle, demography and reproductive investment in the myopsid squid *Alloteuthis subulata*. *Marine Ecology Progress Series* **45**: 245-253.

Roper, C.F.E., Lu, C.C. & Vecchione, M. 1998. A revision of the systematics and distribution of *Illex* species (Cephalopoda: Ommastrephidae)I. In *Systematics and Biogeography of Cephalopods*: 405-423. Ed. by N.A. Voss, M. Vecchione, R.B. Toll and M.J. Sweeney. Smithsonian Contributions to Zoology, No. 586.

- Roper, C.F.E. & Mangold, K.M. 1998. Systematic and distributional relationships of *Illex coindetii* to the genus *Illex* (Cephalopoda: Ommastrephidae). In *Squid Recruitment Dynamics—The Genus Illex as a Model, the Commercial Illex Species and Influences on Variability*, P.G. Rodhouse et al. (eds). Rome: *FAO Fisheries Technical Paper* **376**: 13-26.
- Roper, C.F.E., Sweeney, M.J. & C.E. Nauen, 1984. Vol. 3. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fisheries Synopsis* **125** (3): 277p.
- Rosenberg, A.A., Kirkwood, G.P., Crombie, J.A. & Beddington, J.R., 1990. The assessment of stocks of annual squid species. *Fisheries Research* **8**: 335-350.
- Salman, A., Katagan, T. & Benli, H.A., 1998. On the cephalopod fauna of Northern Cyprus. *Israel Journal of Zoology* **44**: 47-51.
- Salman, A. & Laptikhovskiy, V., 2002. First occurrence of egg masses of *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) in deep waters of the Aegean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **82**, 925-926.
- Sánchez, P., 1984. Características bioecológicas de *Illex coindetii* (Verany, 1837) en el mar Catalan (Mediterraneo Occidental). *Investigación Pesquera* **48**: 59-70.
- Sánchez, P., Belcari, P. & Sartor, P., 1998. Composition and spatial distribution of cephalopods in two northwestern Mediterranean areas. In *Cephalopod Biodiversity, Ecology and Evolution*,. Payne, A.I.L., Lipinski, M.R., Clarke, M.R. & Roeleveld, M.A.C., (eds), *South African Journal of Marine Science* **20**:17–24.
- Santos, R.A., Haimovici, M., 1998. Trophic relationships of the long-finned squid *Loligo sanpaulensis* on the Southern Brazilian Shelf. *South African Journal of Marine Science* **20**: 81-91.
- Schroeder, P., 1999. Stock structure and feeding of cephalopods in the North Sea. *Master Thesis*, University of Aberdeen, 43pp.
- Šifner, S.K., Peharda, M., Vrgoč, N., Isajlović, I., Dadić, V. & Petrić, M., 2011. Biodiversity and distribution of cephalopods caught by bottom trawling in the Northern and Central Adriatic Sea. *Cahiers de Biologie Marine*; in Review
- Šifner, S.K. & Vrgoč, N., 2004. Population structure, maturation and reproduction of the European squid, *Loligo vulgaris*, in the Central Adriatic Sea. *Fisheries Research* **69**: 239-249.
- Sims, D.W., Genner, M.J., Southward, A.J. & Hawkins, S.J., 2001. Timing of squid migration reflects North Atlantic climate variability. *Proceedings of the Royal Society of London B* **268**: 2607–2611.

- Steimer, S., 1993. Zur Biologie der Cephalopodenfauna der südlichen Nordsee. *Diplomarbeit*. IFM, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 70pp.
- Stephen, A.C., 1944. The Cephalopoda of Scottish and adjacent waters. *Transcripts of the Royal Society of Edinburgh* **61**: 247–270.
- Stowasser, G., 1997. On the feeding ecology of decapod cephalopods. *Diplomarbeit*, IFM, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 67pp.
- Stowasser, G., Bustamante, P., MacLeod, C. D., Wang, J. & Pierce, G. J., 2005. Spawning areas and toxic element levels in squid (*Loligo forbesi*) in UK waters, with notes on toxic element levels in other squid species. *Report for the UK Department of Trade and Industry's offshore energy Strategic Environmental Assessment programme*. 41pp.
- Stowasser, G., Pierce, G.J., Moffat, C.F. & Collins, M.A., 2004. Ontogenetic changes in the diet of *L. forbesi*: insights from fatty acid and stable isotope analysis. *International Council for the Exploration of the Sea* CM 2004/CC:28
- Stowasser, G., Pierce, G.J., Moffat, C.F., Collins, M.A. & Forsythe, J.W., 2006. Experimental study on the effect of diet on fatty acid and stable isotope profiles of the squid *Lolliguncula brevis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **333**: 97-114.
- Sulzman, E.W., 2008. Stable Isotope chemistry and measurement: a primer. Aus: Stable Isotope in Ecology and Environmental Science. Edited by R. Michener & K. Lajtha. *Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK*, 566pp.
- Svetocheva, O., Stasenkova, N. & Fooks, G., 2007: Guide to the bony fishes otoliths of the White Sea. *IMR/PINRO Joint Report Series* No. 3, 46pp.
- Takai, N., Onaka, S., Ikeda, Y., Yatsu, A., Kidokoro, H. & Sakamoto W., 2000. Geographical variations in carbon and nitrogen stable isotope ratios in squid. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* **80**: 675–684.
- Tardent, P., 1993. Meeresbiologie; Eine Einführung. 2., neubearbeitete und erweiterte Auflage. *Georg Tieme Verlag, Stuttgart*, 305pp.
- Temming, A., Götz, S., Mergardt, N. & Ehrlich, S., 2004. Predation of whiting and haddock on sandeel: aggregative response, competition and diel periodicity. *Journal of Fish Biology* **64**: 1351-1372.
- Ten Broek, A. N. Ch., 1941. Teuthologische aantekeningen IV, Alloteuthis subulata (Lamarck). *Basteria* **6**: 11-21

Thomas, H.J., 1969. Some observations on the exploitation and distribution of squid around Scotland. *International Council for the Exploration of the Sea* CM 1969/K:29.

Thomas, H.J. & Davidson, C., 1972. Further observations on the Scottish squid fishery. *International Council for the Exploration of the Sea* CM 1972/K:31.

Tinbergen, L. & Verwey, J., 1945. Zur Biologie von *Loligo vulgaris*. Lam.. *Archives Neerlandaises de Zoologie* **7**: 213-286.

Tursi, A. & D'Onghia, G., 1992. Cephalopods of the Ionian Sea (Mediterranean sea). *Oebalia* **28**: 25-43.

Urban, M.C., 2007. The growth-predation risk trade-off under a growing gape-limited predation threat. *Ecology* **88** (10): 2587-2597.

Valavanis, V. D., Georgakarakos, S., Koutsoubas, D., Arvanitidis, C. & Haralabous, J., 2002. Development of a marine information system for Cephalopod fisheries in the Greek Seas (Eastern Mediterranean). *Bulletin of Marine Science* **71**: 867-882.

Viana, M., Pierce, G.J., Illian, J., MacLeod, C.D., Bailey, N., Wang, J.J. & Hastie, L.C., 2009. Seasonal movements of veined squid *Loligo forbesi* in Scottish (UK) waters. *Aquatic Living Resources* **22**: 291-305.

Villa, H., Quintela, J., Coelho, M.L., Icely, J.D. & Andrade, J.P., 1997. Phytoplankton biomass and zooplankton abundance on the south coast of Portugal (Sagres), with special reference to spawning of *Loligo vulgaris*. *Scientia Marina* **61**: 123-129.

Wallace, I.C., O'Dor, R.K. & Amaratunga, T., 1981. Sequential observations on the digestive process in the squid, *Illex illecebrosus*. *Scientific Council Studies. Northwest Atlantic Fisheries Organization* **1**: 65-69.

Waluda, C.M. & Pierce, G.J., 1998. Temporal and spatial patterns in the distribution of squid *Loligo* spp. In United Kingdom waters. *African Journal of Marine Science* **20**: 323-336.

Wangvoralak, S., Pierce, G.J. & Hastie, L.C., 2009: Diet variability of *Loligo forbesi* Steenstrup in Scottish waters over the last 15 years. Poster, CIAC Symposium, Vigo, 03.09.2009, Spain

Watt, J., Pierce, G. J. & Boyle, P. R., 1997: Guide to the Identification of North Sea Fish Using Premaxillae and Vertebrae. *ICES Cooperative Research Report* **220**, 231pp.

WBGU, 2006. The Future Oceans – Warming Up, Rising High, Turning Sour. WBGU, Berlin, © 2006, 110 pages, 3 Tables, 28 Figures, ISBN 3–936191–14–X. Printed version available at no charge at the Secretariat , [www.wbgu.de](http://www.wbgu.de)

Webber, D.M. & O'Dor, R.K., 1986. Monitoring the metabolic rate and activity of free-swimming squid with telemetered jet pressure. *Journal of Experimental Biology* **126**: 205-224.

Wells, M.J., & Clarke, A., 1996. Energetics: the costs of living and reproducing for an individual cephalopod. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **351**: 1083-1104. doi:10.1098/rstb.1996. 0095.

Worms, J., 1983. *Loligo vulgaris*. In : P.R. Boyle (Ed.): Cephalopods Life Cycle. Vol.I. Species Account. *Academic Press*, London: 143-157.

Yau, C. & Boyle, P.R., 1996. Ecology of *Sepiolo atlantica* (Mollusca : Cephalopoda) in the shallow sub-littoral zone. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **76**: 733-748.

Young, I.A.G., Pierce, G.J., Daly, H.I., Santos, M.B., Key, L.N., Bailey, N., Robin, J.P., Bishop, A.J., Stowasser, G., Nyegaard, M., Cho, S.K., Rasero, M. & Pereira, J.M.F., 2004. Application of depletion methods to estimate stock size in the squid *Loligo forbesi* in Scottish waters (UK). *Fisheries Research* **69**: 211-227.

Young, I.A.G., Pierce, G.J., Murphy, J., Daly, H.I. & Bailey, N., 2006. Application of the Gómez-Muñoz model to estimate catch and effort in squid fisheries in Scotland. *Fisheries Research* **78**: 26-38.

Zumholz, K., 2001. Foscereibiologische Untersuchungen zur Cephalopoden-Fauna der Nordsee. *Diplomarbeit*, IFM-Geomar, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 99pp.

Zumholz, K. & Piatkowski, U., 2005. Research cruise data on the biology of the lesser flying squid, *Todaropsis eblanae*, in the North Sea. *Aquatic Living Resources* **18**: 373-376.

Zuur, A.F. & Pierce, G.J., 2004. Common trends in northeast Atlantic squid time series. *Journal of Sea Research* **52**: 57-72.

## Anhang

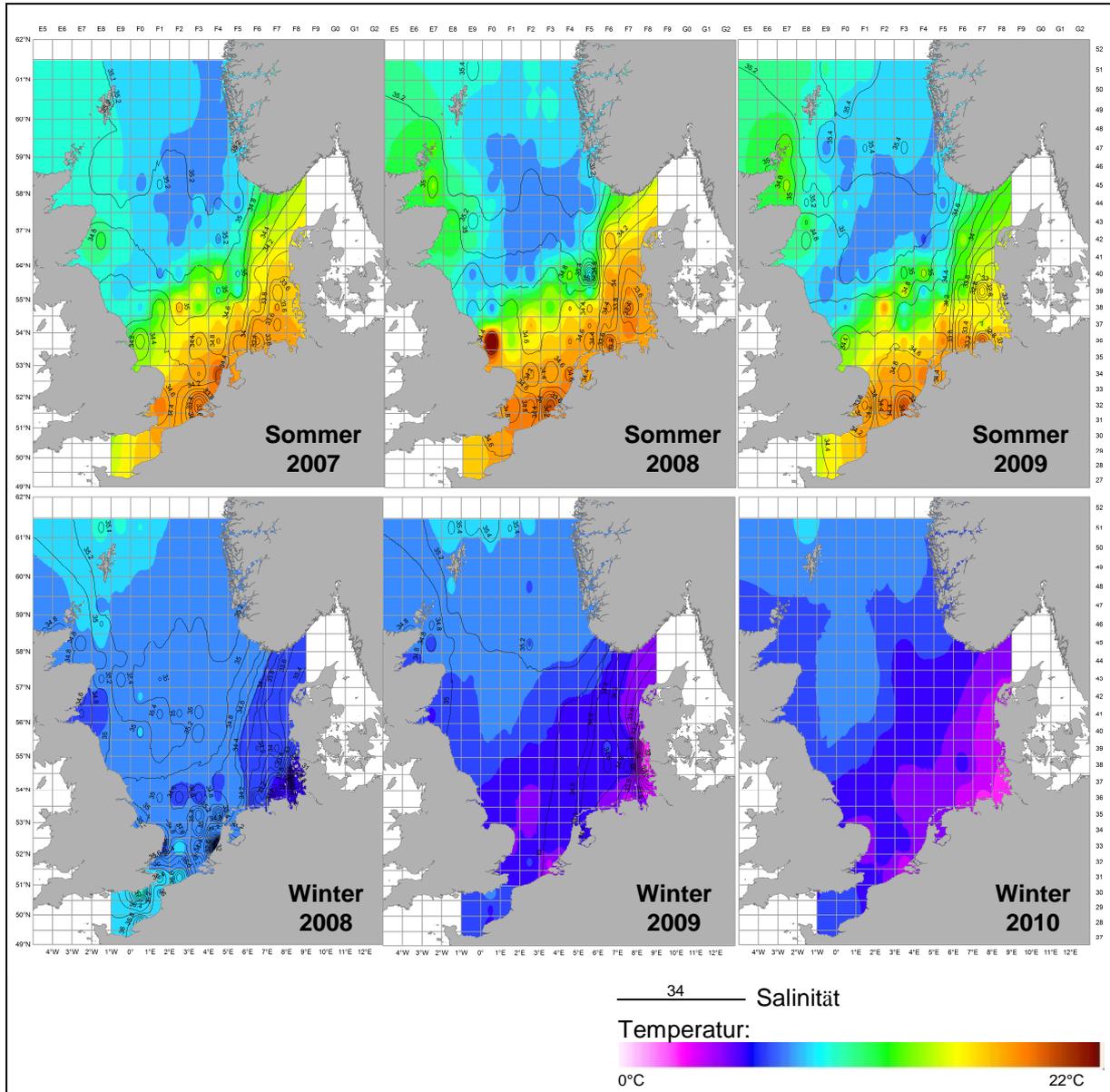


Abbildung A1

Hydrographische Karten erstellt mit ArcGis 9.3.1. Dargestellt ist die Temperatur und Salinität des Bodenwassers während der einzelnen Ausfahrten.

**Tabelle A1**

Auswertung nach der Kriging-Methode für den Sommer und Winter.

Winter							
	<i>A. subulata</i>	<i>L. forbesi</i>	<i>L. vulgaris</i>	<i>T. eblanae</i>	<i>I. coindetii</i>	<i>T. sagittatus</i>	<i>Sepiolidae</i>
Counts:	207	207	207	207	207	207	207
Minimum:	0	-8.056	0	0	0	0	0
Maximum:	117.363.000	5.121.450	13.878.600	68.645	95.257	38.667	637.569
Summe:	2.544.700.946	76.682.348	73.767.735	2.952.214	1.423.198	937.731	10.862.899
Mittelwert:	12.293.241	370.446	356.366	14.262	6.875	4.530	52.478
Standardabw.:	23.683.591	860.838	1.751.518	17.858	15.321	6.993	88.730
Sommer							
Counts:	207	207	207	207	207	207	207
Minimum:	0	8	0	0	0	0	0
Maximum:	11.318.400	5.183.440	69.371	45.105	7.419	3.668	7.512
Summe:	363.127.953	75.343.725	319.815	1.745.784	88.426	21.141	73.149
Mittelwert:	1.754.241	363.979	1.545	8.434	427	102	353
Standardabw.	2.896.396	789.284	7.172	9.988	1.061	509	1.191

**Tabelle A2**

Auswertung nach der IDW-Methode für den Sommer und Winter.

Winter							
	<i>A. subulata</i>	<i>L. forbesi</i>	<i>L. vulgaris</i>	<i>T. eblanae</i>	<i>I. coindetii</i>	<i>T. sagittatus</i>	<i>Sepiolidae</i>
Counts:	207	207	207	207	207	207	207
Minimum:	0	0	0	0	0	0	0
Maximum:	121.950.000	5.755.780	18.699.500	77.208	127.936	77.451	718.170
Summe:	2.513.353.552	78.391.895	56.624.263	2.871.022	1.506.546	919.199	10.311.205
Mittelwert:	12.141.805	378.705	273.547	13.870	7.278	4.441	49.813
Standardabw.	24.598.053	869.180	1.724.349	18.788	17.907	8.405	90.026
Sommer							
Counts:	207	207	207	207	207	207	207
Minimum:	0	2	0	0	0	0	0
Maximum:	20.466.900	5.885.260	71.909	54.012	5.737	3.505	11.055
Summe:	358.406.888	80.013.333	318.160	1.772.868	64.980	14.337	55.673
Mittelwert:	1.731.434	386.538	1.537	8.565	314	69	269
Standardabw.	3.204.031	950.298	7.362	11.184	859	375	1.157

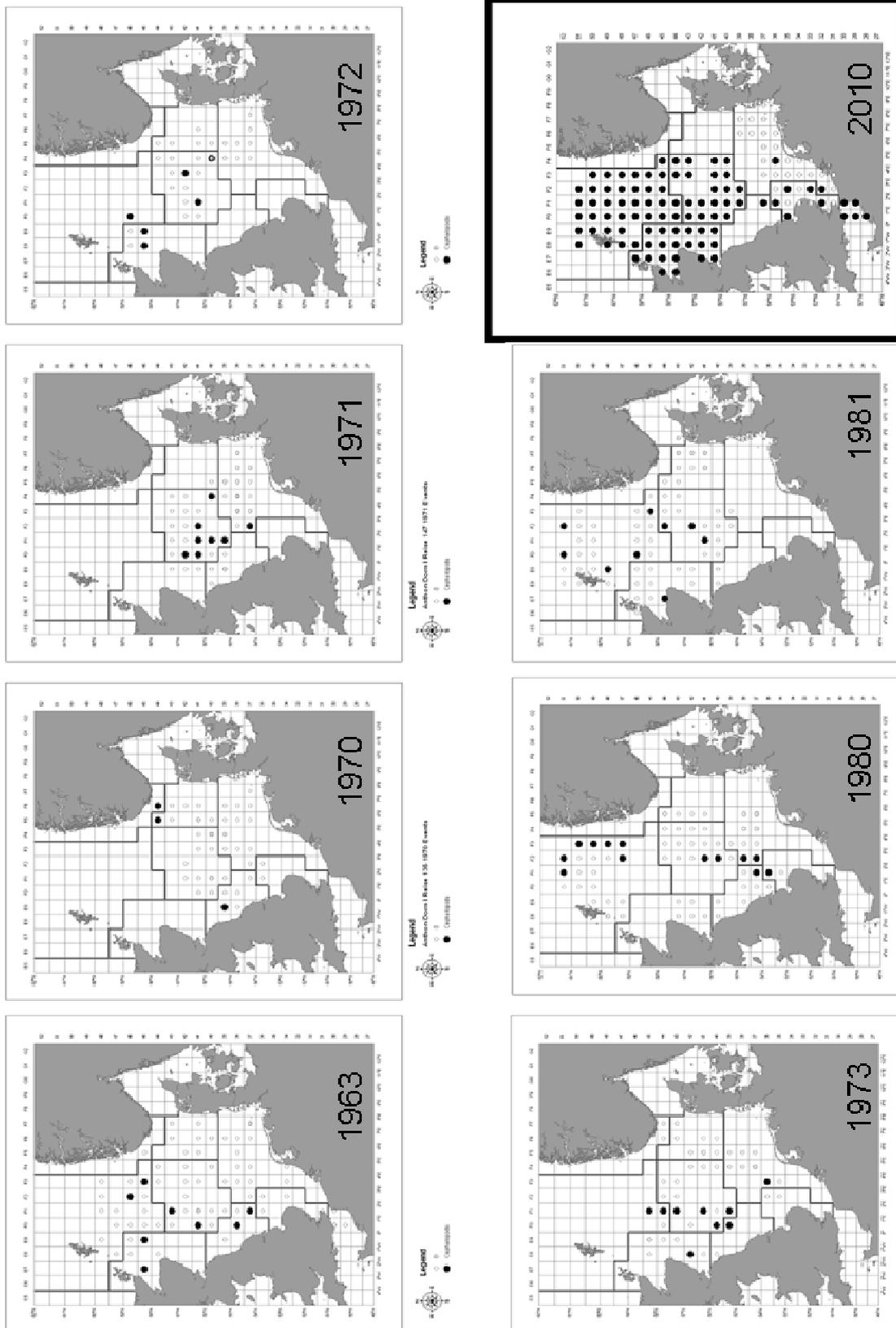


Abb. A2  
Belegte Tintenfischstationen aus den alten Fahrprotokollen der früheren IYFS (International Young Fish Survey) der Anton Dohrn I (Reise 66, 1963; Reise 135, 1970; Reise 147, 1971; Reise 160, 1972) und der Anton Dohrn II (Reise 49, 1973; Reise 97, 1980; Reise 106, 1981) und einer aktuellen Walther Herwig III Reise 2010. Alle Alle Ausfahrten fanden im ersten Quartal statt.

**Tabelle A3**

Anzahl der Proben pro Art, Jahreszeit, RFA und Größe (DML) deren Stablen Isotope gemessen wurden.

Jahreszeit	RFA	DML (mm)	<i>A. sub</i>	<i>E. cir</i>	<i>I. coi</i>	<i>L. for</i>	<i>L. vul</i>	<i>R. mac</i>	<i>S. atl</i>	<i>S. ele</i>	<i>S. off</i>	<i>S. owe</i>	<i>T. ebl</i>	<i>T. sag</i>	Gesamt	
Winter	1	15							3			6			9	
		30	7			6		2		1		8			24	
		60	3					3							6	
		90	11			1	3							2	17	
		150					1								1	
	>200				1	12							1	1	15	
	2	30	10													10
		60				1								11		12
		90	11								1			2		14
		150					1	1								2
		>200					7	2								9
	3	15								5						5
		90			1											1
	6	15											2			2
		10	30	7												7
90			2												2	
>200							7				1			1		
Sommer	2	60				3									3	
		90				1									1	
		150											10		10	
	6	30	6												6	
		>200		1			7								8	
		90	11											11		
		>200				8								8		

**Tabelle A4**  
Ergebnisse der Messung stabiler Isotope der Fische

d13C	d15N	Quartal	jahr	Station	Rectangle	FA	Art	Größe
-21,28	9,06	1,00	2009		51F1	1,00	Stintdorsch	9 cm
-18,99	11,73	1,00	2009		44E6	3,00	Stintdorsch	9 cm
-20,43	12,19	1,00	2009		42F1	2,00	Stintdorsch	9 cm
-19,65	11,63	1,00	2009		47E9	1,00	Stintdorsch	9 cm
-19,90	11,24	1,00	2009		50F0	1,00	Stintdorsch	9 cm
-19,04	12,23	1,00	2009		44E6	3,00	Stintdorsch	9 cm
-20,14	12,08	1,00	2009		42F1	2,00	Stintdorsch	9 cm
-20,20	12,23	1,00	2009		42F0	2,00	Stintdorsch	9 cm
-19,20	12,56	1,00	2009		44E6	3,00	Stintdorsch	9 cm
-20,69	13,81	1,00	2009		39F7	6,00	Sprott	6 cm
-21,02	14,30	1,00	2009		39F6	6,00	Sprott	6 cm
-19,95	13,53	1,00	2009		38F6	6,00	Sprott	6 cm
-20,66	10,57	1,00	2009		41F1	2,00	Sandgrundel	3 - 4 cm
-20,44	11,66	1,00	2009		43F0	2,00	Sandgrundel	3 - 4 cm
-18,83	13,60	1,00	2009		44E8	3,00	Sandgrundel	3 - 4 cm
-20,52	11,98	1,00	2009		43F0	2,00	Sandgrundel	3 - 4 cm
-20,77	10,16	1,00	2009		50F0	1,00	Sandgrundel	3 - 4 cm
-19,43	12,78	1,00	2009		44E7	3,00	Sandgrundel	3 - 4 cm
-20,30	11,45	1,00	2009		47F2	1,00	Sandgrundel	3 - 4 cm
-20,11	11,40	1,00	2009		49F1	1,00	Sandgrundel	3 - 4 cm
-19,14	13,03	1,00	2009		45E8	3,00	Sandgrundel	3 - 4 cm
-20,23	11,94	1,00	2009		40F2	2,00	Sandgrundel	3 - 4 cm
-19,97	11,63	1,00	2009		44E8	3,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-20,19	10,99	1,00	2009		48E9	1,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-20,28	11,33	1,00	2009		42F0	2,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-19,15	12,29	1,00	2009		44E8	3,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-20,08	10,80	1,00	2009		40F2	2,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-20,32	10,73	1,00	2009		40F2	2,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-20,21	10,40	1,00	2009		51E9	1,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-19,99	10,72	1,00	2009		49E9	1,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-19,04	16,19	1,00	2009		39F6	6,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-19,23	16,47	1,00	2009		38F6	6,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-19,25	15,81	1,00	2009		39F6	6,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-20,39	10,70	1,00	2009		41F1	2,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-18,72	11,94	1,00	2009		44E6	3,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm
-20,36	10,55	1,00	2009		40F2	2,00	Kristallgrundeln	2 - 3cm

**Tabelle A5**  
 Ergebnisse der Messung stabiler Isotope des Sestons

delta N	delta C	RFA	RA	Jahreszeit
7,52	-25,17	40F5	7	Sommer
6,83	-25,32	40F6	7	Sommer
8,51	-27,90	38F7	6	Sommer
7,86	-27,68	39F3	6	Sommer
5,54	-22,66	36F5	6	Sommer
3,52	-22,55	36F4	6	Sommer
7,51	-24,31	37F7	6	Sommer
5,10	-25,68	38F6	6	Sommer
4,83	-24,27	38F4	6	Sommer
3,61	-25,49	38F3	6	Sommer
2,30	-22,48	46E8	3	Winter
5,08	-25,63	46E7	3	Winter
7,05	-26,07	48F2	1	Winter
2,48	-22,83	50F1	1	Winter
6,96	-24,91	47F1	1	Winter
5,51	-23,48	48F1	1	Winter

## Danksagung

Für die Unterstützung bei dieser Arbeit möchte ich mich bei den folgenden Personen herzlich bedanken.

Mein erster Dank gilt meinem Betreuer, und der Arbeitsabteilung. Bei Herrn Prof. Dr. Heinz Brendelberger für die Ermöglichung der Promotion, seiner tatkräftigen Unterstützung beim Stipendienantrag, für die Diskussionen und Ideen während der Arbeit, auch wenn ich keine Süßwasserarten finden konnte;0) Aber vor allem danke ich ihn für die vielen Jahre in denen ich in der Abteilung als HiWi, Forschungstaucher, Diplomand und schließlich als Doktorand tätig war, und mich somit vom Studenten zum Wissenschaftler entwickeln konnte.

Für die Unterstützung bei meinem Stipendienantrag, und für so manch produktive Gespräche bedanke ich mich bei Dr. Uwe Piatkowski. Ohne seine zusätzliche Unterstützung im internationalen Bereich auf Meetings und Tagungen hätte ich nicht so viele wichtige Personen kennengelernt.

In der Abteilung Limnologie sind vor allem Frau Sabine Geisler, Dr. Martin Zimmer und Dr. Peter Martin hervorzuheben, denen ich bei vielen Kaffeepausen meine Probleme und überdreht gute Laune aufzwingen konnte. Ohne die Unterstützung von Frau Geisler wäre wohl immer noch keine Rechnung bezahlt, und ohne Peter und Martin würde ich wohl immer noch über die verschiedensten Auswertungen grübeln.

Auch bei den anderen Arbeitskollegen (Kai Lehmann, Sven Hamann, Ulf Evert, Arne Georg, Anja Meerheim,) bedanke ich mich für die zahlreichen Gespräche und Anregung, aber besonders für das Ertragen meiner guten Laune, und der Korrekturlesung.

Den von mir betreuten Studenten der Semester- oder Bachelor-Arbeiten danke ich, auch wenn die Betreuung manchmal viel Zeit und Geduld gekostet hat, so kamen viele schöne Arbeiten und Einfälle zustande, die auch mich immer wieder für meine Arbeit Inspiriert haben.

Ohne die Unterstützung und das Interesse der Seefischerei des Johann Heinrich von Thünen-Instituts in Hamburg, hätte ich wohl mit einem Wurfnetz vom Strand aus die Tintenfische fangen müssen. Vielen Dank für die tatkräftige Unterstützung auf der FFS Walther Herwig III. Speziell meinem Fahrtleiter Dr. Gerd Wegner und Gammelbandführer Matthias Kloppmann (Kloppi) die mich auf drei Ausfahrten auf engstem Raum ertragen mussten, danke ich für die zahlreichen Wasser- und Mikk-Proben, Diskussionen, Hilfestellungen und Ratschläge. Ohne Annika Elsheimer, die mich immer mit den wichtigsten Daten, und

Neuigkeiten versorgt hat, egal wie oft ich nachgefragt habe, wäre die Arbeit nicht so umfangreich geworden. Ohne Thomas Groß (Tomtom) hätte ich mir, um an die Mikk-Proben heranzukommen, noch mehr Nächte um die Ohren schlagen müssen, und Bud Spencer & Terence Hill wären nur eine Kindheitserfahrung geblieben.

Vielen Dank auch an Anne Sell und Sigfried Ehrich, die mich als Fahrtleiter/in im Sommer jederzeit unterstützt haben, sowie den zahlreichen anderen Fahrtteilnehmern (Sergeij, Gitta, Herman, die Schückel-Twins und Willi) für die ständig gute Laune, die gute Harmonie, und den zahlreichen helfenden Händen, nicht nur bei der Arbeit.

Ein besonderer Dank geht natürlich auch an die Besatzung des FFS Walther Herwig III, des FS Tridens II, dem FK Solea und der CEFAS Endeavour, die unter körperlicher Höchstleistung die Tintenfische bei fast jedem Wind und Wetter aus dem Wasser gezogen haben. Auch bei den Fahrtleitern der Niederländer (vor allem Remment ter Hofstede) und der Engländer (Brian Harley) möchte ich mich für die gute Zusammenarbeit, den mitgebrachten Proben und Datensätzen bedanken.

Für die Hilfestellungen, Ratschläge und Kontrolle der bioenergetischen Modelle und der Konsumptionsratenberechnung möchte ich mich speziell bei Mary E. Hunsicker von der School of Aquatic and Fishery Science der University of Washington bedanken.

Dr. Barbara Neumann habe ich zu verdanken, dass ich nicht immer noch an den GIS-Interpolationen sitze. Vielen Dank für die „langen“ Stunden, und den Kaffeesitzungen.

Für den privaten Rückhalt möchte ich mich besonders bei meiner Familie, Freundin und Freunden bedanken. Ohne deren Unterstützung, zahlreichen Gesprächen, Ideen, Korrekturlesungen und Verständnis diese Arbeit nie zustande gekommen wäre.

Beim ISOS, speziell bei Dr. Avan Antia und Angelika Hoffmann möchte ich mich nicht nur für die finanziellen Unterstützung internationaler Tagungen bedanken, sondern auch für die Organisation verschiedenster Kurse, die ein Doktorand (Wissenschaftler) so gebrauchen kann.

Zu guter Letzt möchte ich mich besonders bei der DBU für die Finanzierung, und den zahlreichen schönen Momenten bei den Stipendiatentreffen, bei Herrn Dr. Wachendörfer und seinem Sekretariat für die „vereinfachte“ Bürokratie (ich säße sonst mit Sicherheit immer noch an irgendwelchen Abrechnungen und Formalien) sowie bei Herrn Prof. Dr. Gotthilf Hempel für seine Unterstützung seit der Projektvorstellung bedanken.

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Dissertation abgesehen von der Beratung durch meine wissenschaftlichen Betreuer nach Inhalt und Form meine eigene Arbeit ist.

Diese Arbeit hat weder im Ganzen noch in Teilen bei einer anderen Stelle im Rahmen eines Prüfungsverfahrens vorgelegen, und wurde mit der Ausnahme einer Veröffentlichung:

Oesterwind, D., ter Hofstede, R., Harley, B., Brendelberger, H. & Piatkowski, U., 2010. Biology and meso-scale distribution patterns of North Sea Cephalopods. *Fisheries Research* **106** (2): 141-150.

die Teilergebnisse aus dem ersten Kapitel enthält, weder veröffentlicht oder zur Veröffentlichung eingereicht.

Die Arbeit ist unter Einhaltung der Regeln guter wissenschaftlicher Praxis der Deutschen Forschungsgesellschaft entstanden.

Kiel, den

**Persönliche Daten:**

Name: Daniel Oesterwind  
 Geburtsort: Mülheim a.d. Ruhr  
 Nationalität: deutsch

**Ausbildung:**

seit 11/2010      Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Ostseeforschung, Rostock

seit 12/ 2007      Mitglied der „Integrated School of Ocean Science“ (ISOS) vom Excellence Cluster „The Future Ocean“

seit 10/2007      Stipendiat der Deutschen Bundesumwelt Stiftung mit dem Promotionsthema: „Untersuchungen zur Nahrungsökologie von Cephalopoden der Nordsee und ihr Einfluss auf die Fischfauna“

10/2001 – 04/2007    Eingeschrieben an der Christian-Albrechts Universität zu Kiel  
 Studiengang: Diplom Biologie  
 Vordiplom erlangt im Oktober 2003  
 Diplom erlangt im April 2007

10/2003 – 12/2005    Eingeschrieben am Studienkolleg für Betriebswirtschaftslehre an der Christian-Albrechts Universität zu Kiel  
 Abgeschlossen mit Zertifikat

08/2004            Ausgebildeter Forschungstaucher der Christian-Albrechts Universität zu Kiel

1991 – 2000        „Elsa – Brändström“ Gymnasium, Oberhausen  
 Abschluss mit Abitur

**Forschungsprojekte:**

Diplomarbeit (2006 - 2007): „Untersuchung zum Wachstum und Filtrationsleistung heimischer Großmuscheln“ in der Abteilung Allgemeine Zoologie / Limnologie der Christian-Albrechts Universität zu Kiel

Forschungsarbeit (2005): „Cephalopoden, Untersuchungen von Beifängen in der nördlichen Nordsee“ am IFM-Geomar in Kiel

Forschungsarbeit (2004): „Untersuchung von Aggregationen heimischer Unionidae im Rosensee“ in der Abteilung Allgemeine Zoologie / Limnologie der Christian-Albrechts Universität zu Kiel